

**Учебное пособие  
по дисциплине  
«Оборудование и технология  
инструментального производства»  
для студентов специальности 1 – 36 01 03  
«Технологическое оборудование  
машиностроительного производства»  
дневной формы обучения**

**2020**

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1. Специальное и специализированное оборудование в инструментальном производстве	9
2. Отрезные станки заготовительных цехов инструментального производства	10
2.1. Вертикально-отрезные автоматы модели ЛА-5 и ЛА-6	10
2.2. Абразивно-отрезной автомат модели СИ-030М	15
2.3. Специальный отрезной автомат модели СИ-052	19
3. Оборудование для сварки заготовок инструмента	22
3.1. Оборудование для сварки заготовок трением	23
3.2. Оборудование для стыковой электросварки	26
4. Оборудование для обработки торцов заготовок	29
5. Специальные токарные станки в инструментальном производстве	36
5.1. Токарно-копировальный полуавтомат модели СИ-035	38
5.2. Токарный полуавтомат модели КТ-16 для обтачивания цилиндрической части свёрл	42
5.3. Токарный полуавтомат модели КТ-15 для обтачивания конических хвостовиков свёрл	45
6. Станки для фрезерования стружечных канавок	48
7. Оборудование для производства винтовых свёрл	54
7.1. Специальный сверлофрезерный автомат модели Си-031	55
7.2. Специальный сверлофрезерный полуавтомат модели 6В-4М	60
7.3. Приспособление для фрезерования лапок хвостового инструмента	64
7.4. Оборудование для продольно-винтового проката свёрл	66
7.5. Стан для продольно-винтового проката свёрл модели АСПС-3-5А	67
8. Резьбообрабатывающие станки	71
8.1. Методы изготовления резьб	71
8.2. Токарные резьбонарезные станки повышенной точности	73
8.3. Резьбошлифовальные станки	77
8.4. Резьбофрезерный станок модели 5Б63	81
9. Токарно-затыловочные станки	84
10. Координатно-расточные станки	93
11. Электрофизические и электрохимические методы обработки	97
11.1. Электроэрозионные станки	97
11.2. Электроискровые станки	98
11.3. Электроимпульсные станки	101
11.4. Анодно-механические станки	104
11.5. Станки для обработки ультразвуком	109
11.6. Лучевая обработка	113

12. Специальные шлифовальные станки	115
13. Заточные и доводочные станки	120
14. Специализированные станки для заточки различных инструментов	135
14.1. Специализированные станки для заточки резцов	135
14.2. Специализированные станки для заточки сверл и зенкеров	136
14.3. Специализированные станки для заточки фрез	138
14.4. Специализированные станки для заточки червячных фрез и долбяков	142
14.5. Специализированные станки для заточки метчиков и круглых плашек	143
14.6. Специализированные станки для заточки протяжек	145
14.7. Многоцелевые заточные станки с ЧПУ	146
14.8. Особенности процесса вышлифовки стружечных канавок	150
14.9. Специализированные станки для вышлифовки стружечных канавок	155
14.10. Копировальный станок для профильной заточки фасонных фрез	157
14.11. Профилешлифовальные станки	159
15. Копировально-фрезерные и гравировальные станки	166
16. Современные тенденции развития технологии инструментального производства	174
17. Специализация производства металлорежущего инструмента	176
18. Порядок разработки технологических процессов металлорежущего инструмента	178
19. Типизация технологических процессов металлорежущего инструмента	179
20. Основные этапы технологии изготовления металлорежущего инструмента	181
21. Выбор и обработка баз металлорежущего инструмента	184
22. Выбор метода и маршрута обработки металлорежущего инструмента	188
23. Построение операций механической обработки при производстве металлорежущего инструмента	190
24. Технико-экономический анализ технологических процессов производства металлорежущего инструмента	191
25. Определение припусков на механическую обработку	191
26. Материал заготовок в технологии инструментального производства	192
27. Заготовительные операции в инструментальном производстве	199
27.1. Ковка и штамповка в инструментальном производстве	202
27.2. Заготовки, получаемые литьём в инструментальном производстве	204
27.3. Заготовки, получаемые сваркой в инструментальном производстве	205
27.4. Приваривание и припаивание режущих пластин из быстрорежущей стали в инструментальном производстве	206

27.5. Наплавление режущих частей в инструментальном производстве	208
27.6. Припаивание режущих пластин из твёрдого сплава в инструментальном производстве	208
27.7. Клеевые соединения режущих пластин в инструментальном производстве	209
27.8. Закрепление кристаллов из сверхтвёрдых материалов в инструментальном производстве	209
28. Методы пластического формообразования в инструментальном производстве	210
28.1. Прессование инструмента в специальных штампах	211
28.2. Гидродинамическое выдавливание инструмента	211
28.3. Продольно-винтовое прокатывание инструментов	214
28.4. Горячее вальцевание в инструментальном производстве	215
28.5. Редуцирование в инструментальном производстве	215
28.6. Ротационное обжатие в инструментальном производстве	216
29. Обработка поверхностей тел вращения и их элементов в инструментальном производстве	217
30. Обработка лапок и квадратов металлорежущего инструмента	218
31. Обработка стружечных канавок металлорежущего инструмента	219
32. Затылование зубьев металлорежущего инструмента	223
33. Образование резьбы на металлорежущих инструментах	227
34. Термическая обработка в инструментальной промышленности	230
34.1. Отжиг металлорежущего инструмента	230
34.2. Закалка металлорежущего инструмента	231
34.3. Отпуск металлорежущего инструмента	233
35. Способы повышения режущей способности металлорежущего инструмента	233
35.1. Цианирование металлорежущего инструмента	234
35.2. Хромирование металлорежущего инструмента	234
35.3. Износостойкие покрытия для металлорежущего инструмента	235
35.4. Доводка и алмазное выглаживание металлорежущего инструмента	236
36. Обработка шлифованием элементов металлорежущего инструмента	237
37. Шлифование стружечных канавок металлорежущего инструмента	244
38. Затылование зубьев инструмента шлифованием	246
39. Шлифование резьбы на металлорежущих инструментах	247
40. Затачивание металлорежущего инструмента	248
41. Технология изготовления абразивного инструмента	250
41.1. Изготовление инструмента на керамической связке	251
41.2. Изготовление абразивного инструмента на бакелитовой связке	270
41.3. Изготовление абразивного инструмента на вулканитовой связке	274
41.4. Изготовление алмазного абразивного инструмента на органической связке	280

41.5. Изготовление алмазного абразивного инструмента на эластичной связке	287
41.6. Изготовление алмазного абразивного инструмента на металлической связке	290
42. Типовые технологические процессы изготовления металлорежущего инструмента	302
42.1. Технологические процессы изготовления резцов	302
42.2. Технологические процессы изготовления осевого инструмента	304
42.3. Технологические процессы изготовления протяжек	310
42.4. Технологические процессы изготовления фрез	311
42.5. Технологические процессы изготовления резьбообразующего инструмента	315
42.6. Технологические процессы изготовления шлицеобразующего инструмента	316
42.7. Технологические процессы изготовления зубообразующего инструмента	317
42.8. Технологические процессы изготовления абразивного инструмента	320
Литература	322

## ВВЕДЕНИЕ

Основой для решения главной задачи развития народного хозяйства – значительного повышения материального и культурного уровня жизни общества – является повышение производительности труда на базе ускоренного внедрения достижений науки в производство, совершенствования организации производства, развития техники и технологии.

Ведущая роль в развитии промышленности принадлежит станкоинструментальному производству, которое определяет уровень производительных сил не только машиностроения, но и всей промышленности. История развития машиностроения свидетельствует о том, что наивысшие достижения в повышении производительности труда на отдельных её этапах обуславливались появлением новых, более прогрессивных инструментальных материалов, удачными конструкциями металлорежущих инструментов и их рациональным использованием и, как следствие, совершенствованием и созданием новых станков.

Замена углеродистых и легированных инструментальных сталей быстрорежущими сталями и затем твердыми сплавами позволила повысить скорости резания соответственно в 2,5 и 5 раз.

В настоящее время наступил период освоения инструментов из новых синтетических сверхтвердых материалов, которые позволят еще выше поднять производительность и улучшить качество продукции.

Уровень производительности труда в машиностроении определяется в значительной мере всё более углубляющейся и расширяющейся специализацией производства.

Несмотря на успехи специализации в промышленности, в инструментальном производстве уровень ее все еще невысок. Обусловленный этим недостаточный уровень производительности труда в инструментальных цехах машиностроительных заводов и даже на специализированных инструментальных заводах объясняется не только малыми масштабами их производства и не столько малой величиной партий изготавливаемого инструмента, сколько недостаточным использованием специализированного оборудования.

Эффект специализации основывается на реализации двух принципов: организационного и технического. Организационный заключается в возможности сосредоточить внимание на узком круге задач как в подготовке производства (конструирование, технология и т. д.), так и в контроле за его ходом, в создании более высокой профессиональной квалификации всех работников данного производства, в экономии времени, идущего на переналадку и на перестройку технологического процесса, т. е. в экономии подготовительно-заключительного времени ( $T_{п-з}$ ). Технический принцип заключается в возможностях более быстрого освоения новейших достижений науки и использования специализированного и, следовательно, более производительного оборудования.

Средняя себестоимость изготовления различных видов инструментов

при мелкосерийном производстве в 2,5–8 раз выше, чем при массовом производстве. Разница эта тем значительнее, чем более оснащено массовое производство специализированными станками (рисунок 1).

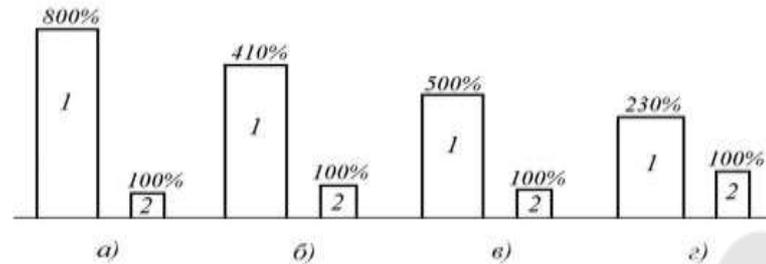


Рисунок 1 – Сравнительная себестоимость изготовления инструментов:  
 а – сверл; б – зенкер; в – разверток; г – фрез

Автоматизацию производства и повышение его технического уровня можно вести двумя путями:

- 1) путем повышения степени оснащенности, модернизации и автоматизации универсальных станков, создания сложных автоматизированных приспособлений или даже автоматических линий из универсальных станков;
- 2) путем создания и использования специализированных и специальных станков и автоматических линий на их основе.

Последний путь является более радикальным, так как при создании специализированных станков можно предусмотреть более высокий уровень режимов обработки и технических средств оснащения, чем для универсальных станков.

Представление об эффективности использования специализированных станков по сравнению с универсальными станками, как без специального оснащения, так и со специальным оснащением даёт таблица 1.

В таблице 1 сравнивается трудоемкость фрезерования стружечных канавок концевых фрез  $\varnothing 25$  мм ( $z = 3$ , длина рабочей части  $l = 60$  мм, число проходов  $k = 5$ , так как шаг зубьев неравномерный) при одинаковых режимах резания  $s_m = 70$  мм/мин,  $n = 130$  об/мин; партия – 300 деталей. Из таблицы 1 видно, что даже при небольшой партии деталей производительность обработки на специализированном станке в 5 раз выше, чем на универсальном станке, и в 3 раза выше, чем на универсальном станке, оснащённом дополнительным многопозиционным устройством. Данные таблицы 1 также показывают, что время на наладку и обслуживание специального станка не превышает соответствующего времени для дополнительно оснащённого универсального станка. Это объясняется тем, что такие вспомогательные движения, как деление, переключение прямого и обратного ходов, подвод и отвод фрез на универсальном станке производится вручную. Кроме того, переналадка универсального станка несколько не проще, чем специализированного. Поэтому  $T_{n-3}$  при работе на этих станках примерно равны.

Повышение эффективности специализированных станков во многом зависит от:

- 1) концентрации и совмещения операций, увеличения числа позиций обработки (параллельность обработки);

2) автоматизации и совмещения во времени вспомогательных элементов цикла обработки (деления, ввода и вывода инструментов, холостых обратных ходов, правки и компенсации износа шлифовальных инструментов);

3) создания возможности многостаночного обслуживания.

Таблица 1 – Сравнительная трудоемкость операции фрезерования стружечных канавок

Тип оборудования и приспособления	Время, мин					Производительность, штук в смену
	$T_{\text{маш}}$	$T_{\text{оп}}$	$T_{\text{всп}}$	$T_{\text{кальк}}$	$T_{\text{п-з}}$	
Универсально-фрезерный станок модели 6М82: – с универсальной однопозиционной делительной головкой	7,1	7,4	0,3	8,5	25	55
	3,5	4,1	0,6	4,9	41	95
– со специальной двухпозиционной делительной головкой с диском непосредственного деления						
Специализированный фрезерный полуавтомат модели СИ-017 с четырехпозиционной автоматической делительной головкой (двухстаночное обслуживание)	1,2	2,3	1,1	1,6	40	300

Для производства металлорежущего инструмента в большей мере, чем для других отраслей машиностроения, свойственно использование специальных станков. Издавна используются такие типы станков, как заточные и затыловочные. Однако все они служат для выполнения специфических операций производства металлорежущих инструментов, т. е. таких операций, которые невозможно или нерационально выполнять на станках общего назначения. Суммарная же трудоемкость этих операций обычно невелика и их влияние на общий уровень производительности незначительно.

Операции, которые носят общемашиностроительный характер (отрезка, обработка торцов, точение, фрезерование и др.), долгое время оставались неавтоматизированными, так как из-за специфики инструментального производства не удавалось успешно использовать специализированные станки, созданные для других отраслей, а попытки создать сугубо специальное оборудование были бессистемны, разрознены и поэтому малоуспешны. Удачные решения в области автоматизации общемашиностроительных операций инструментального производства и создания на этой базе специализированных и специальных станков оказались возможными только на основе создания рациональной классификации металлорежущих инструментов и разработки унифицированных технологических процессов их производства.

# 1 СПЕЦИАЛЬНОЕ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Требования к высокой точности изготовления в сочетании с крупным масштабом производства и сложной формой поверхностей многих режущих инструментов привели к созданию ряда специальных станков, предназначенных для выполнения одной операции и применяемых только в инструментальном производстве.

Такие станки используются на самых различных стадиях технологического цикла производства инструмента, начиная от получения заготовки и до заточки готового инструмента.

Наряду со специальными станками для изготовления режущих инструментов в этой отрасли производства находят применение также станки общего назначения. Например, круглошлифовальные, плоскошлифовальные, протяжные, центровочные и некоторые другие типы станков, используемые на инструментальных заводах и цехах, удовлетворяются почти полностью универсальными станками названных типов. Также и многие типы токарных и токарно-револьверных станков инструментальное производство использует станки общего назначения. Для ряда операций применяются специализированные станки, созданные на базе станков общего назначения и представляющие собой упрощенные или снабженные специальной оснасткой модификации соответствующих базовых моделей.

Наиболее специфичными для инструментального производства специальными и специализированными станками являются:

- 1) автоматы для отрезки заготовок сверл и подобных инструментов от калиброванных прутков;
- 2) токарные полуавтоматы для обработки цилиндрических и конических поверхностей на заготовках сверл, разверток, метчиков;
- 3) полуавтоматы для фрезерования канавок сверл и метчиков, лапок сверл, квадратов на хвостовике метчиков;
- 4) резьбонарезные станки прецизионные и повышенной точности;
- 5) резьбошлифовальные станки для шлифования резьбы на заготовках метчиков, резьбонакатных роликов, фрез некоторых типов;
- 6) полуавтоматы для шлифования зуборезных долбяков и шеверов;
- 7) заточные станки – универсальные и специализированные для заточки режущих инструментов отдельных видов – резцов, сверл спиральных, сверл перовых и пушечных, червячных фрез, фрезерных головок сегментных пил, метчиков, плашек, протяжек; к данной группе относятся и станки для доводки инструмента, оснащенного твердым сплавом;
- 8) профильно-шлифовальные станки – для шлифования сложных профилей фасонного инструмента;
- 9) гравировальные и клеймильные станки и агрегаты.

## 2 ОТРЕЗНЫЕ СТАНКИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В практике инструментального производства широко применяются почти все существующие способы разделения прутков исходного материала на заготовки и используются самые разнообразные модели станков. Между тем, для каждого из инструментов, в зависимости от характера производства рациональным является использование лишь некоторых из них.

1. Рубка заготовок на прессах и заготовительных ножницах характеризуется предельно высокой производительностью. Однако назначение рубки должно производиться с большей осторожностью, так как, во-первых, даже при малодеформационной рубке неизбежно возникает смятие, во-вторых, многие быстро-режущие стали, в особенности – высокопроизводительные, при холодной рубке склонны к образованию трещин и расслоений. Поэтому рубку рекомендуется применять лишь для изготовления заготовок под ковку и штамповку корпусов сборного инструмента и хвостовиков концевых инструментов под сварку.

2. Резка заготовок на различного рода пилах, работающих ножовочным полотном, цельными или сегментными пилами и непрерывными лентами, применяется в основном для отрезки заготовок крупных сечений под последующую ковку, штамповку или непосредственно механическую обработку.

3. Резка заготовок на специальных токарно-отрезных станках вертикального типа широко применяется для получения заготовок диаметром до  $40 \div 50$  мм.

4. Резка на абразивно-отрезных станках является наиболее универсальной и одной из наиболее производительных. Она характеризуется высоким качеством поверхности торцов вне зависимости от твердости обрабатываемого материала.

### 2.1. Вертикально-отрезные автоматы модели ЛА-5 и ЛА-6

Автоматы моделей ЛА-5 и ЛА-6 являются специальными автоматами и предназначаются для отрезки заготовок сверл от холоднотянутого калиброванного прутка или серебрянки.

Характерная особенность этих автоматов заключается в том, что пруток во время работы находится в вертикальном положении, благодаря чему станки занимают в цехе малую площадь. Отрезной резец заточен и расположен так, что одновременно с отрезкой на верхнем торце заготовки сверла образуется конус в  $120^\circ$  (рисунок 2), тогда как нижний торец следующей заготовки остается перпендикулярным оси сверла.

Автоматы моделей ЛА-5 и ЛА-6 имеют одинаковое конструктивное исполнение и различаются тем, что станок модели ЛА-5 служит для отрезки заготовок диаметром от 1,5 до 6 мм, а станок модели ЛА-6 – для отрезки заготовок диаметром от 5 до 12 мм.

Станок ЛА-6 (рисунок 3) имеет следующие основные узлы: станину, шпиндельную колонку, суппорт и бабку упора, охлаждение и электрооборудование.

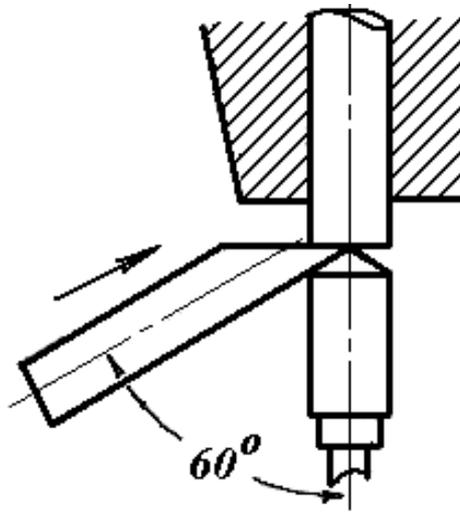


Рисунок 2 – Схема отрезки заготовки сверла

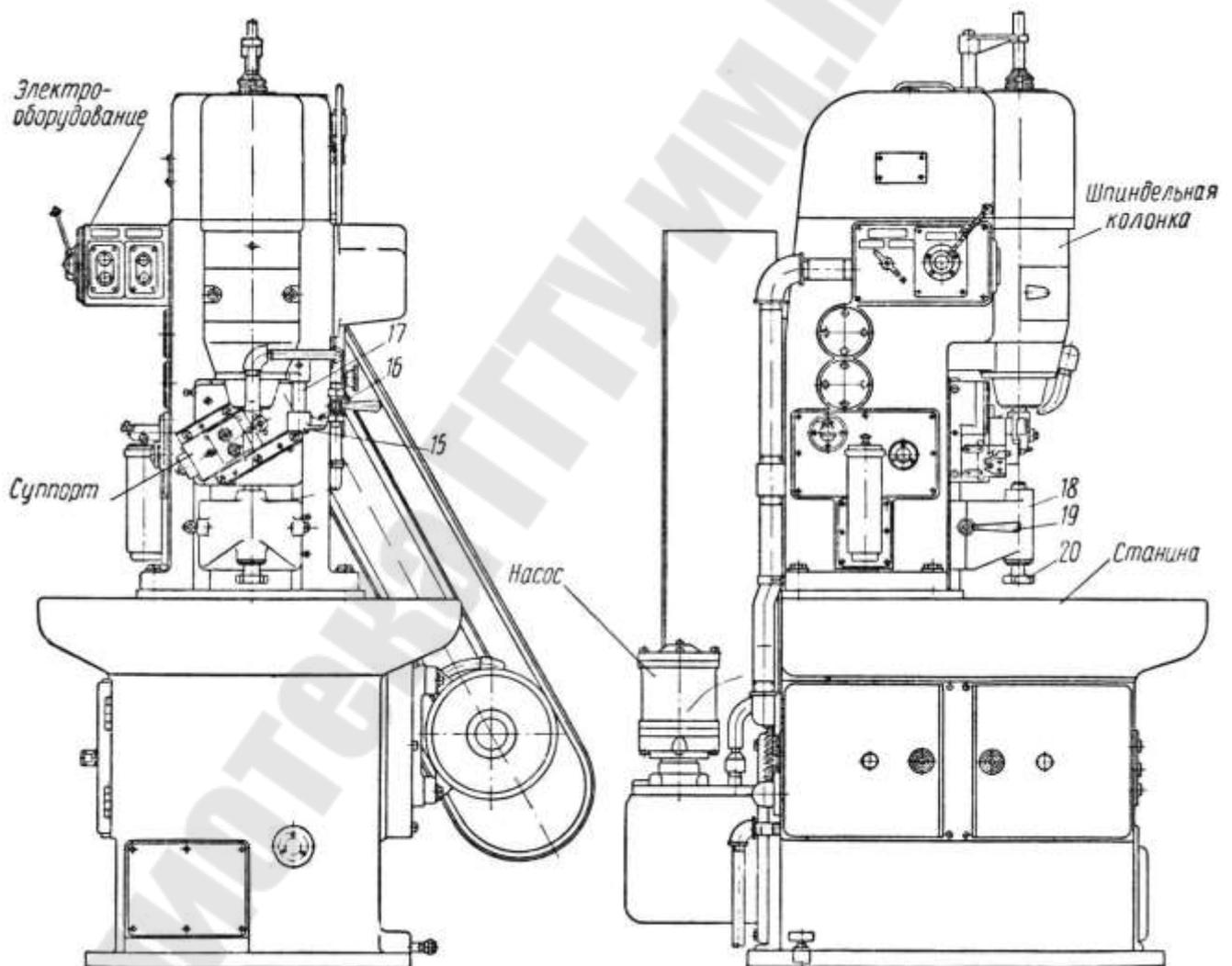


Рисунок 3 – Эскиз общего вида вертикально-отрезного автомата ЛА-6

Станина коробчатой формы служит основанием для шпиндельной бабки. На задней стенке станины закреплен насос для охлаждения, в левой части станины смонтирован электрошкаф. На подвижной плите с правой стороны станины установлен двухскоростной электродвигатель.

Привод этих механизмов, а также вращение шпинделя осуществляются от двухскоростного электродвигателя. От вала электродвигателя через клиноременную передачу и пару трехступенчатых шкивов вращение передается на вал II (рисунок 4) и далее через пару конических зубчатых колес I и 2 на полый шпиндель, в котором помещается пруток.

На валу II закреплен червяк 7, который через червячное колесо 8 передает вращение валу IV и через пару сменных колес a и b – червяку 9. Червяк 9 передает вращение одновременно двум червячным колесам 10, одно из которых закреплено на вертикальном валу VI, другое – на горизонтальном валу VII. Сменные колеса a и b служат для настройки подачи резца.

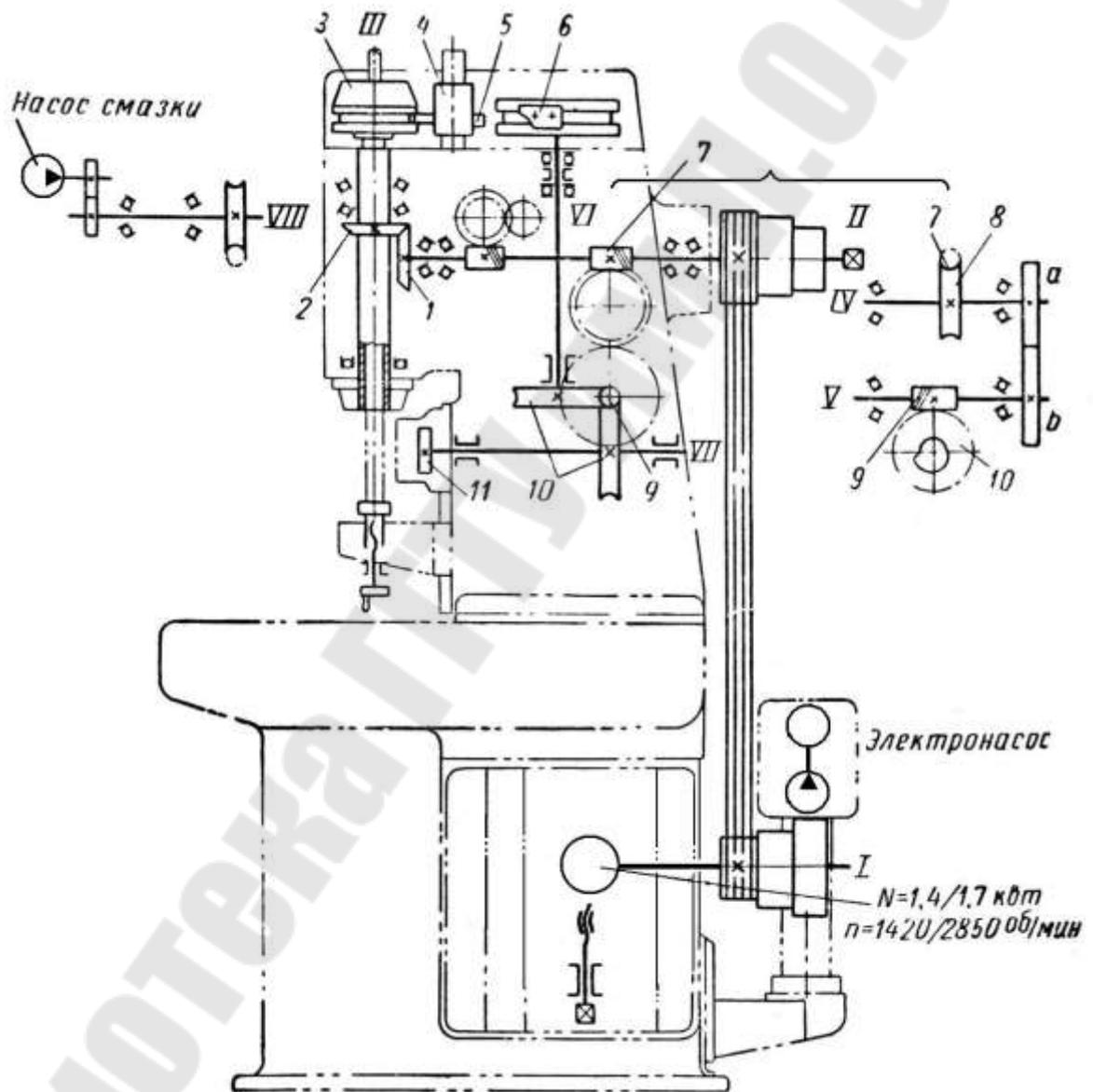


Рисунок 4 – Принципиальная схема автомата ЛА-6

Уравнение кинематического баланса вращения шпинделя имеет вид:

$$n_{um} = 1420(2850) \times (D_1/D_2) \times (z_1/z_2), \text{ об/мин.}$$

Механизм зажима и освобождения прутка сконструирован по принципу подачи прутка в универсальных токарных автоматах.

Таблица 2 – Краткая техническая характеристика вертикально-отрезных автоматов

Основные данные		Модель	
		ЛА-5	ЛА-6
Диаметр заготовки, мм	наименьший	1,5	5
	наибольший	6	12
Длина отрезки, мм	наименьшая	48	100
	наибольшая	160	210
Длина прутка, мм		2000	2000
Число ступеней вращения шпинделя		4	6
Частота вращения шпинделя, об/мин		910 ÷ 2580	560 ÷ 1800
Число отрезных суппортов		1	1
Пределы рабочей подачи резца (вдоль направляющей суппорта), мм/об		0,01 ÷ 0,02	0,013 ÷ 0,022

На вертикальном валу VI закреплен цилиндрический барабан с кулачком 6 для разжима прутка. При вращении вала VI кулачок нажимает на выступ 5 ползушки 4 и перемещает вниз стакан 3, сжимая при этом пружину 12 (рисунок 5). Рычажки 13, расположенные в пазах верхнего конца шпинделя, поворачиваются, цанга 14 разжимается и освобождает пруток, который под действием собственного веса падает до упора.

Зажим прутка цангой 14 и обратное движение стакана 3 (рис. 4) вверх происходят под действием пружины 12 (рисунок 5) в момент, когда кулачок 6 (рис. 4) выходит из соприкосновения с выступом 5 ползушки 4. Таким образом, пруток будет вращаться вместе со шпинделем станка, и в это время начинается подача суппорта с резцом.

Для подачи суппорта на переднем конце вала VII закреплен кулачок II (рисунок 4, 5), который, воздействуя на палец, закрепленный в суппорте, перемещает его и производит быстрый подвод резца к прутку и рабочую подачу. Обратный ход суппорта после отрезки заготовки осуществляется посредством пружины; при этом механизм зажима освобождает пруток, и заготовка падает в приемное корыто.

Уравнение кинематического баланса поперечной подачи резца:

$$S = 1_{об.шп} \cdot \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_7}{z_8} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{z_9}{z_{10}} \cdot R \cdot \alpha, \text{ мм/об,}$$

где  $\alpha$  – угол поворота кулачка, рад.;  $R$  – величина подъема кривой, профилирующей кулачок (мм) при повороте его на 1 рад.

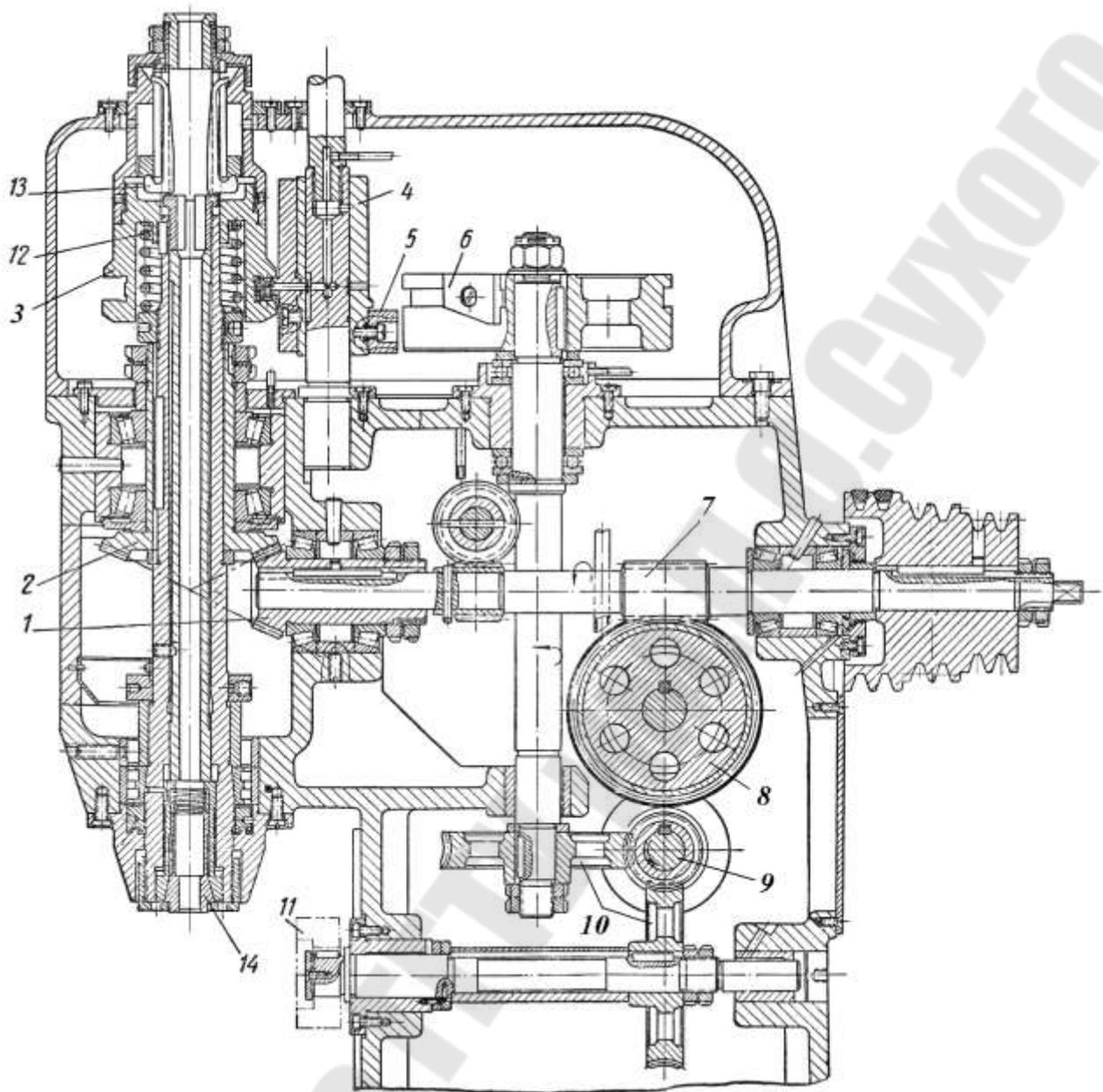


Рисунок 5 – Эскиз шпиндельной бабки автомата ЛА-6

Суппорт расположен под углом к оси шпинделя (рисунок 2), что связано с необходимостью получения конуса на одном конце заготовки.

На случай перегрузки механизма подачи в станке предусмотрена предохранительная муфта, установленная на валу IV. Бабка упора 18 (рисунок 3) и откидной упор 17 служат для ограничения подачи прутка на заданную длину заготовки, которая регулируется вертикальным перемещением корпуса бабки упора вдоль направляющих колонки. Крепление бабки упора на колонке производится рукояткой 19. Окончательная установка размера заготовки производится установкой упорного пальца с помощью винта и грибка 20.

Откидной упор 17 служит для ограничения хода прутка в момент начала отрезки нового прутка. Основание упора прикреплено к корпусу колонки. Через отверстие основания упора проходит ось рычажка 15, несущего палец упора 16. Положение плоскости пальца упора относительно торца шпинделя в этом случае постоянно и рассчитано на отрезку минимально необходимого неровного слоя на торце прутка.

Когда пруток зажат и начинается резание, рычажок упора отводится вручную поворотом относительно оси.

Дальнейшее ограничение подачи прутка во время работы автомата производится пальцем бабки упора.

## 2.2. Абразивно-отрезной автомат модели СИ-030М

Автомат предназначен для разрезания прутков различного профиля на штучные заготовки. На автомате разрезаются прутки круглого сечения длиной до 6,5 м, диаметром до 40 мм.

### *Краткая техническая характеристика автомата*

Диаметр разрезаемого прутка, мм. ....	10 ÷ 40
Длина отрезаемой заготовки, мм.....	20 ÷ 220
Диаметр абразивного инструмента, мм .....	270 ÷ 400
Частота вращения абразивного круга (две ступени) в минуту	3570; 2350
Электродвигатель главного движения: мощность, кВт .....	13
Частота вращения, об/мин.....	2920
Производительность автомата при разрезке прутков диаметром 20 мм, шт./смену .....	3000
Габаритные размеры, мм .....	1605 × 1045 × 1475.

Принцип работы: разрезаемый пруток подается на требуемую величину (в осевом направлении), после чего он закрепляется в неподвижных тисках. Главное вращательное движение сообщается абразивному диску. Шпиндельная головка подвешена к станине на неподвижных осях, относительно которых она поворачивается, обеспечивая дуговое движение подачи.

Работа в автоматическом цикле производится в следующей последовательности: подача отрезной головки с одновременным разжимом подвижных тисков; перемещение вдоль прутка; зажим подвижных тисков; отвод отрезной головки; отжим неподвижных тисков; подача прутка подвижными тисками; зажим неподвижных тисков; подача отрезной головки и т. д.

Движение от главного электродвигателя 5 (рисунок 6) через клиноременную передачу с натяжным роликом сообщается шпинделю абразивного инструмента. Ведущий шкив клиноременной передачи 4 (рисунок 7) – сменный. При работе абразивными инструментами, допускающими скорости резания до 80 м/с, частота вращения шпинделя устанавливается наибольшая 3570 об/мин, при работе обычным абразивным инструментом – снижается до 2350 об/мин. Подача абразивного инструмента осуществляется от отдельного гидропривода, цилиндр 5 которого установлен в нише станины автомата. Скорость подвода и отвода абразивного инструмента, равно как и рабочей подачи, изменяется от 0 до 200 мм/с.

Уравнение кинематического баланса:  $n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \times D_1 / D_2$

Механизм подачи и зажима прутка работает от трех связанных между собой гидроцилиндров последовательного действия. Цилиндр 11 (рисунок 7), связанный с неподвижными тисками 6, обеспечивает зажим прутка и заготовки в процессе отрезки (с последующим разжимом); цилиндр 9, связанный с подвижными тиска-

ми 7, служит для зажима и разжима прутка в подвижных тисках; цилиндр 10 – обеспечивает продольное перемещение прутка. Длина этого перемещения в зависимости от длины отрезаемой заготовки устанавливается с помощью лимба, который посредством винтовой пары связан с упором, ограничивающим ход цилиндра.

Цикл работы всех трех цилиндров, а также цилиндра 5 подачи абразивного диска разделён на пять этапов (I–V); циклограмма работы автомата представлена на рис. 8.

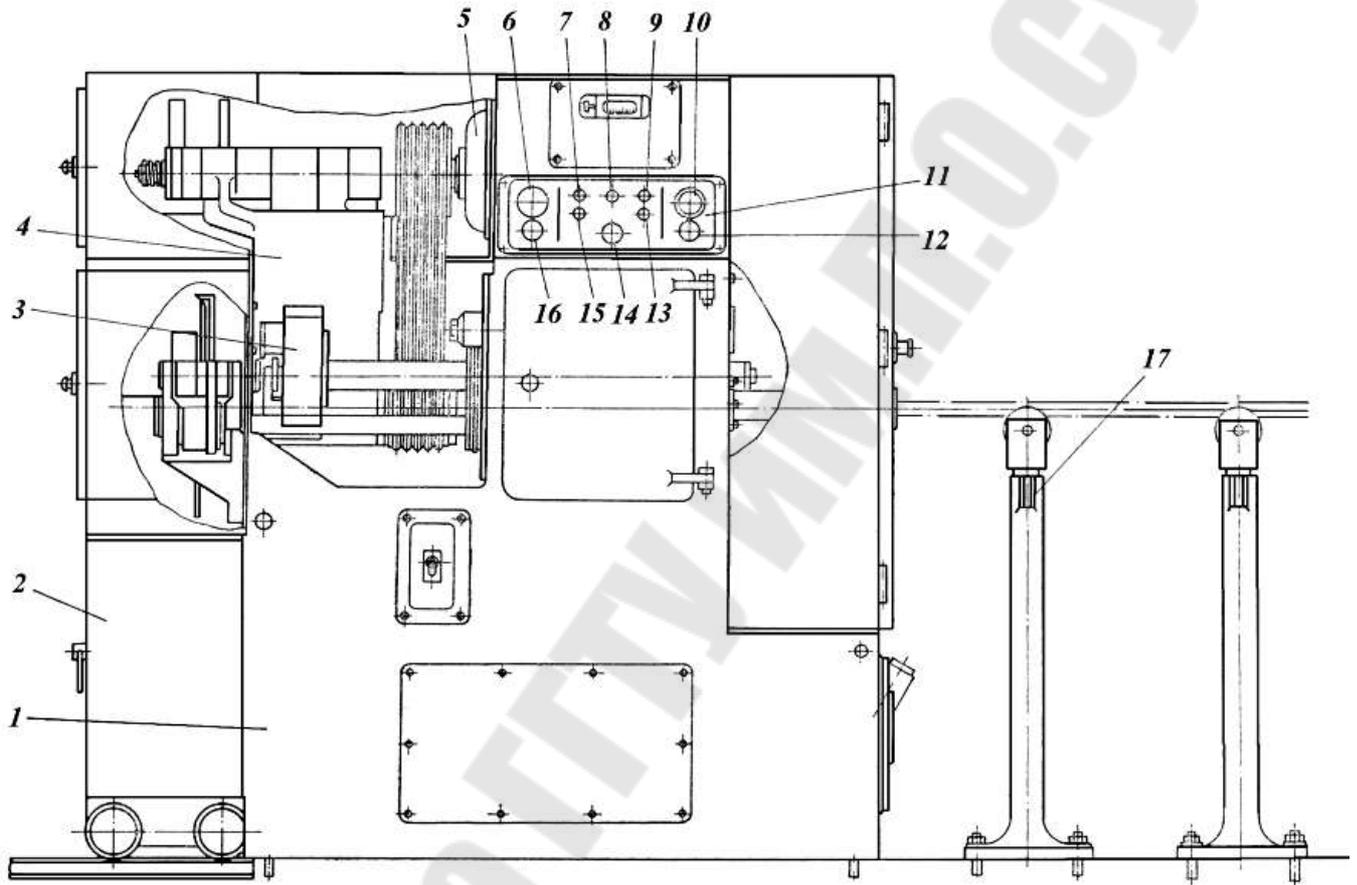


Рисунок 6 – Общий вид абразивно-отрезного автомата модели СИ-030М:

1 – станина; 2 – блок системы охлаждения; 3 – механизм подачи и зажима прутка; 4 – отрезная головка; 5 – электродвигатель; 6 – кнопка «Стоп»; 7 – переключатель «Отвод–подвод»; 8 – лампочка «Напряжение»; 9 – лампочка «Инструмент изношен»; 10 – кнопка «Исходное положение абразивного инструмента»; 11 – пульт управления; 12 – кнопка «Насос»; 13 – переключатель «Зажим–отжим» заготовки в подвижных тисках; 14 – переключатель режима работы; 15 – переключатель «Зажим–отжим» заготовки в неподвижных тисках; 16 – кнопка «Цикл»; 17 – стойка

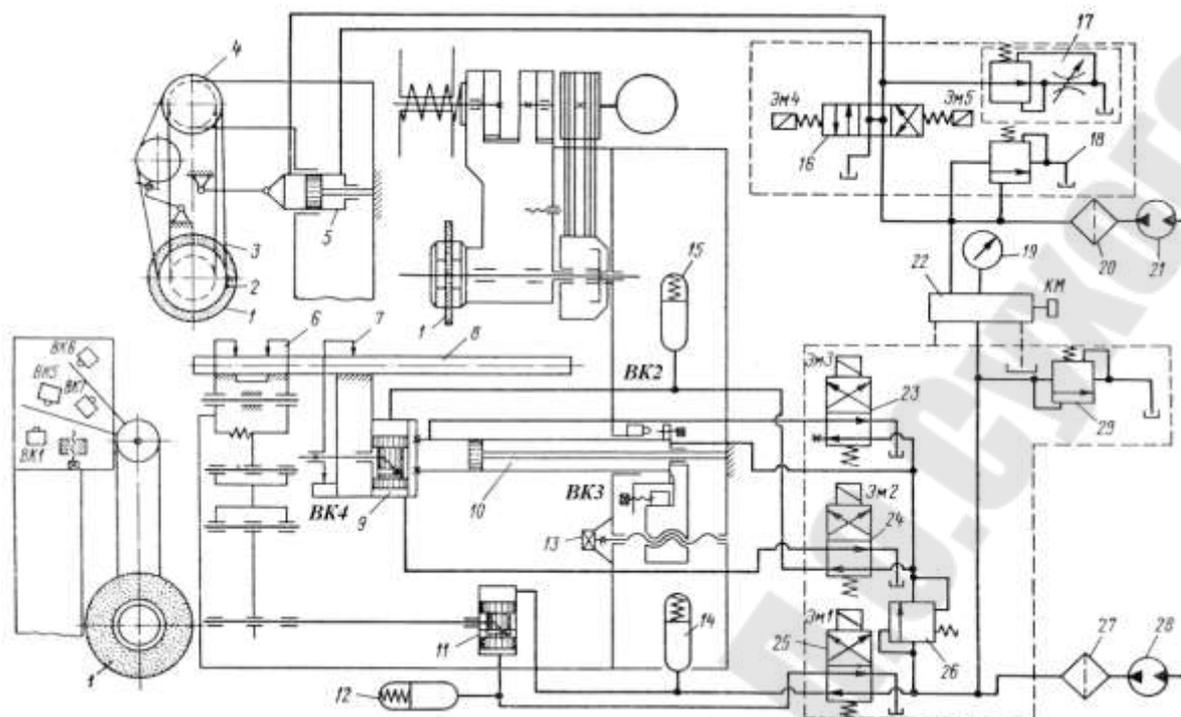


Рисунок 7 – Гидрокинематическая схема автомата модели СИ-030М

Наименование движения	Номер гидроцилиндра	Этапы цикла				
		I	II	III	IV	V
Зажим, отжим неподвижных тисков	11					
Зажим, отжим подвижных тисков	9					
Подача прутка	10					
Рабочая подача шлифовальной головки и ее отвод	5					

Рисунок 8 – Циклограмма работы автомата модели СИ-030М

Конечные выключатели ВК2 и ВК3 контролируют крайние положения подвижных тисков при подаче и перемещении вдоль прутка. Конечный выключатель ВК4 выключает автомат в случае израсходования прутка.

Описываемый автомат имеет оригинальный механизм компенсации износа абразивного инструмента, отличающийся простотой, автоматическим действием и высокой надежностью. На рисунке 9 показано схематическое изображение отрезной головки, устройства для автоматической компенсации износа инструмента и установки головки в исходное положение.

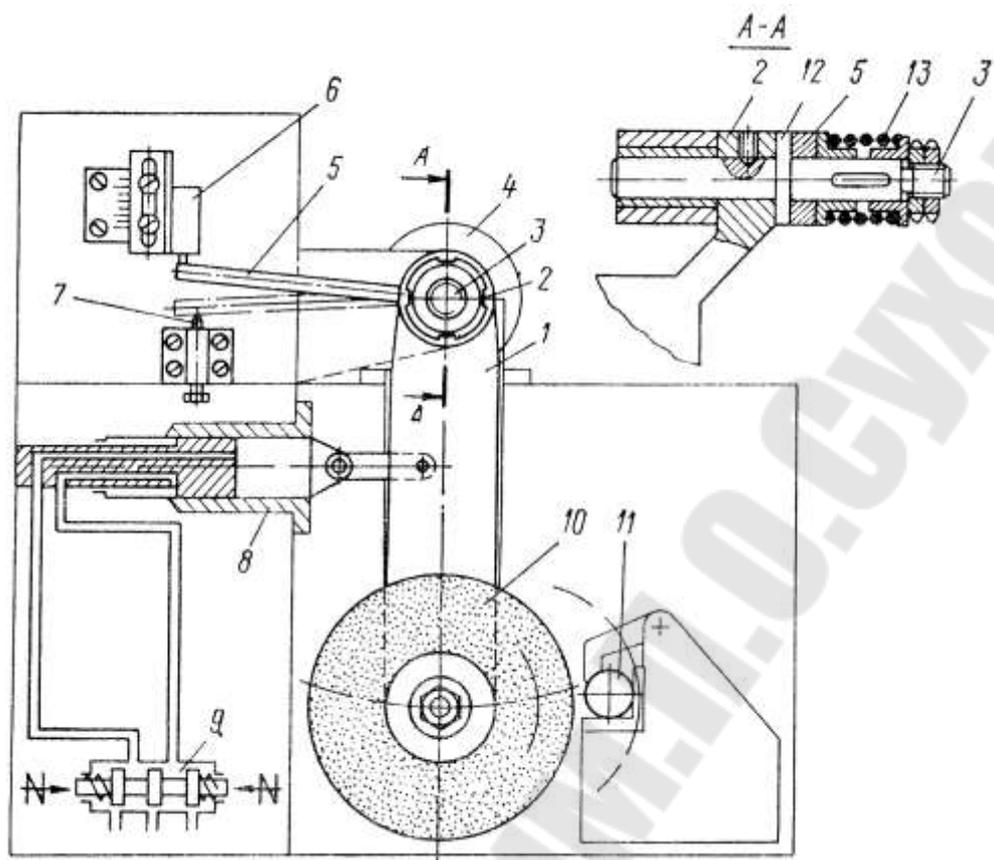


Рисунок 9 – Схема механизма компенсации износа инструмента (автомат модели СИ-030М)

Отрезная головка 1 проушинами корпуса 2 подвешена на осях 3 кронштейна станины станка. Абразивный инструмент 10 приводится во вращение электродвигателем 4, расположенным на станине станка так, что ось вращения его ротора и приводного шкива на нем соосны с отверстиями проушин 2. Ось 3 имеет буртик 12, к которому с помощью пружины 13 прижат торец рычага 5. Рычаг 5 вместе с отрезной головкой (при разрезке и отводе головки) совершают качательное движение от гидроцилиндра 8. При подаче головки 1 на пруток 11 рычаг 5 останавливается упором 7 и проскальзывает относительно головки на некоторый угол, достаточный для компенсации износа инструмента, произошедшего за время одного реза. При обратном ходе головки рычаг 5 упирается в конечный выключатель 6, предназначенный для ее остановки в новом исходном положении.

Переключения направления потока масла в цилиндр 8 осуществляются золотником 9 по команде реле тока (команда на отвод головки) и конечным выключателем 6 (команда на останов головки в исходном положении).

Работа устройства осуществляется в следующей последовательности.

Отрезная головка 1 (рисунок 9) установлена при наладке станка в исходное положение, обеспечивающее минимальное расстояние от периферии абразивного инструмента 10 до заготовки 11. Рычаг 5 при этом нажимает на конечный выключатель 6. Угол качания рычага 5 между упором 7 и конечным выключателем 6 устанавливается перемещением последнего на величину, необходимую для обеспечения перемещения периферии инструмента от исход-

ного положения до положения, соответствующего окончанию разрезки прутка (при неизносившемся инструменте). По команде с пульта управления золотник 9 направляет масло в рабочую полость цилиндра 8, и головка 1 вместе с рычагом 5 получают перемещение на заготовку 11. В процессе разрезки инструмент изнашивается и при повороте головки на угол, определяемый первоначальной наладкой, не обеспечивает отрезки заготовки. Поэтому реле тока не дает сигнал на отвод и головка продолжает перемещаться на заготовку. В это же время рычаг 5 останавливается упором 7. Головка же 1 продолжает движение и рычаг 5 поворачивается относительно нее. По окончании разрезки реле тока дает команду на отвод головки, которая вместе с рычагом 5 поворачивается в обратном направлении на угол первоначальной установки, определяемый взаимным расположением упора 7 и конечного выключателя 6, чем и компенсируется износ инструмента. Управление исполнительными органами станка осуществляется кнопками пульта управления, сигналы которых воспринимаются электросистемой управления.

*Наладка станка* для разрезки прутков определенного диаметра на заготовки требуемой длины заключается в установке в необходимое положение конечного выключателя 6 (рисунок 9). Конечный выключатель обеспечивает угол качания отрезной головки, соответствующий диаметру заготовки. Длина отрезаемой заготовки настраивается вращением рукоятки с лимбом 13 (рисунок 7), связанным с винтом, перемещающим упор, ограничивающий ход цилиндра подачи прутка.

### 2.3. Специальный отрезной автомат модели СИ-052

Автомат предназначен для разделения прутков диаметром  $2 \div 6$  мм на штучные заготовки с образованием фасок на торцах. Принцип работы основан на выдавливании дисками на вращающемся прутке специального профиля кольцевой канавки и последующем циклическом изгибе его до момента отламывания заготовки. Кольцевая канавка служит при этом концентратором напряжений, способствующим ускорению надламывания прутка. Вращение прутку сообщается за счет сил трения, возникающих между ним и вращающимися дисками.

#### *Краткая техническая характеристика автомата*

Размеры заготовки, мм:

диаметр .....  $2 \div 6$   
 длина .....  $20 \div 60$

Наибольшая длина прутков, мм..... 5000

Производительность, шт./мин..... 1250

Диаметр рабочего и опорного дисков, мм... 175

Электродвигатель, кВт..... 1,0

Габаритные размеры, мм .....  $600 \times 600 \times 1100$

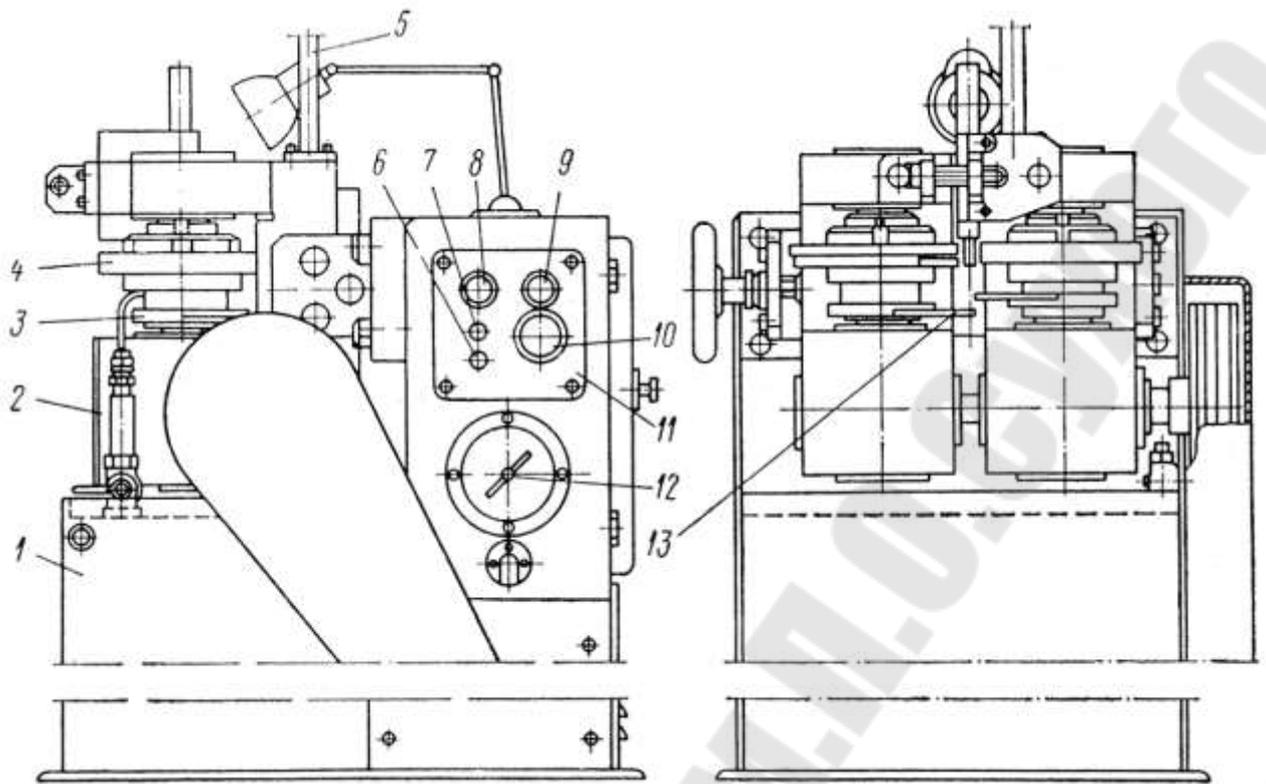


Рисунок 10 – Эскиз общего вида специального отрезного автомата модели СИ-052: 1 – станина; 2 – клеть; 3 – надламывающий кулачок; 4 – рабочие диски; 5 – направляющая для прутка; 6 – переключатель освещения; 7 – переключатель охлаждения; 8 – кнопка «Пуск»; 9 – кнопка «Стоп»; 10 – лампочка «Напряжение»; 11 – пульт управления; 12 – вводный выключатель; 13 – упор прутка

Станина 1 автомата сварная, стальная, коробчатой формы устанавливается на фундаменте. Во внутренних полостях станины размещаются электродвигатель вращения дисков с плитой и шкивом клиноременной передачи, бак охлаждения, панель с электроаппаратурой. На верхней плоскости станины закрепляется клеть 2. На передней стенке станины располагается пульт управления 11 и вводной электровыключатель 12. В узел станины входят также крышки и кожухи, закрывающие клиноременную передачу и окно станины.

Клеть 2 состоит из сварного основания коробчатой формы, устанавливаемого на станину, правого и левого червячных редукторов, сварной корпус одного из которых жестко закрепляется на основании, а второй – может перемещаться по поперечным направляющим основания с помощью маховика 10 (рис. 11) и пары винт–гайка.

К основанию клетки прикреплена втулка 6 (в которую закладывается разрезаемый пруток 7) и упор 14.

Рабочий диск 8 и опорный диск 5 располагаются по обе стороны от прутка 7, который под действием собственного веса упирается в сектор-упор 12, закрепленный на гильзе 9 рабочего диска 8. На гильзе 4 опорного диска 5 закреплен надламывающий кулачок 3. Диски 8 и 5 получают вращение от червячных редукторов 11 и 13, общий ведущий вал 2 которых приводится во вращение электродвигателя.

тродвигателем через клиноременную передачу 1. Обрабатываемый пруток за счет сил трения, создаваемых дисками 8 и 5, вращается с частотой, пропорциональной отношению диаметров дисков к диаметру прутка ( $30 \div 60$ ).

Червячный редуктор 13 вместе с гильзой 4 и диском 5 жестко крепятся на станине, а червячный редуктор 11, гильза 9 и диск 8 имеют возможность перемещаться с помощью маховика 10 в направлении, перпендикулярном оси прутка 7. Такое перемещение необходимо при наладке, а также для создания усилия поджима, достаточного для привода вращения прутка силами трения. На корпусе неподвижного редуктора 13 укреплен упор 14, поддерживающий пруток в процессе работы. Втулка 6 служит для предварительного направления прутка 7.

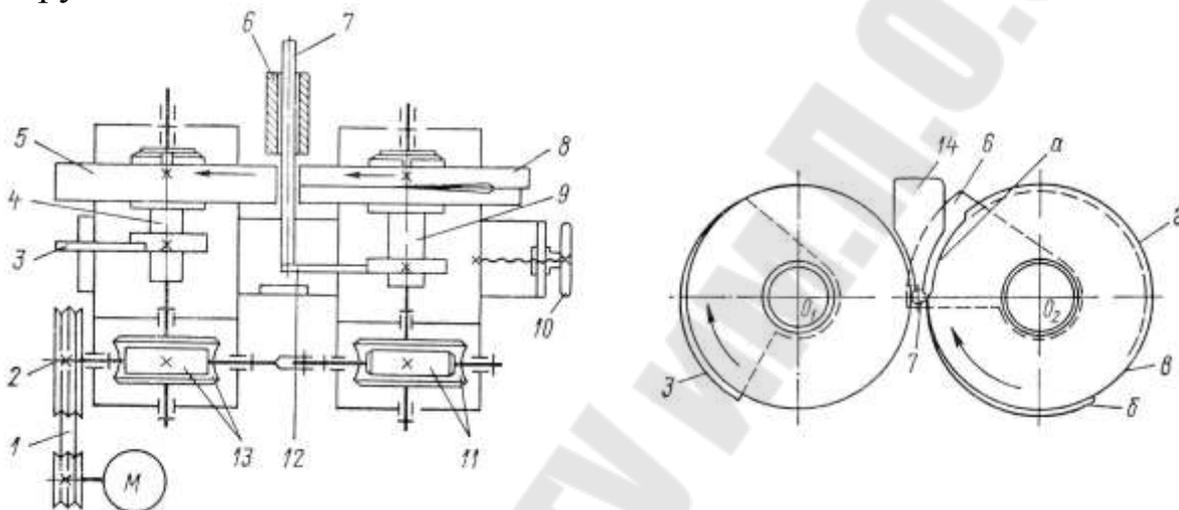


Рисунок 11 – Принципиальная схема автомата модели СИ-052

На периферии рабочего диска 8 имеются участки различного профиля: *a* – участок загрузки; *б* – участок формирования кольцевой разделительной канавки (выполняется по архимедовой спирали); *в* – участок заглаживания металла, выдавленного при образовании канавки; *г* – участок зажима прутка.

Надламывающий кулачок 3 сориентирован на валу диска 5 таким образом, что он вступает в контакт с надламываемой заготовкой одновременно с участком *г* рабочего диска 8.

При включении электродвигателя диски 8 и 5 приводят во вращение пруток 7, на котором участок *б* диска 8 образует кольцевую канавку, а цилиндрические участки дисков 8 и 5 препятствуют выдавливанию металла и заглаживают заусенцы и неровности. Затем вступает в действие надламывающий участок профиля кулачка 3, который при быстром вращении прутка 7 создает циклически изменяющийся по направлению и величине изгибающий момент. Заготовка отламывается и выпадает из зоны отрезки. При дальнейшем вращении дисков 8 и 5 пруток освобождается за счет участка *a* диска 8 и под действием собственного веса опускается до упора 12, а затем вновь зажимается криволинейным участком *в* диска 8 и цикл повторяется. За один оборот дисков 8 и 5 отделяется одна заготовка. Во время работы в зону отделения заготовок непрерывно подается охлаждающая жидкость (нитридно-содовый

раствор).

Смазке в станке подлежат подшипники качения червячных редукторов и их червячные пары. Подшипники качения смазываются консистентной смазкой, а червячные пары – маслом, залитым в корпус редукторов.

Наладка и настройка станка производится следующим образом. Для настройки автомата на обработку прутков определенного диаметра необходимо отвести подвижный редуктор 11 (рисунок 11), установить направляющую втулку 6 нужного диаметра и обрабатываемый пруток. Поддерживающий упор 14 необходимо довести до соприкосновения с прутком 7. Подвижный редуктор 11 поставить относительно прутка так, чтобы обеспечить надежный его зажим между рабочим и опорным дисками. Сектором-упором 12 установить длину отрезаемой заготовки; надламывающий кулачок 3 устанавливается на 3 ÷ 5 мм выше сектора-упора 12.

### 3 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СВАРКИ ЗАГОТОВОК ИНСТРУМЕНТА

Концевой быстрорежущий инструмент, диаметр рабочей части которого превышает 10 мм, для экономии дорогой быстрорежущей стали выполняется составным; рабочая часть инструмента – из быстрорежущей стали (марок Р6М5, Р12, Р18, Р9К5 и др.), отличающейся высокими режущими свойствами, а хвостовая часть – из конструкционной стали (марок 45, 40Х и др.), обладающей достаточно высокими механическими характеристиками ( $\sigma_B \geq 600$  МПа).

Соединение рабочей части инструмента с хвостовой его частью осуществляется, как правило, методами сварки.

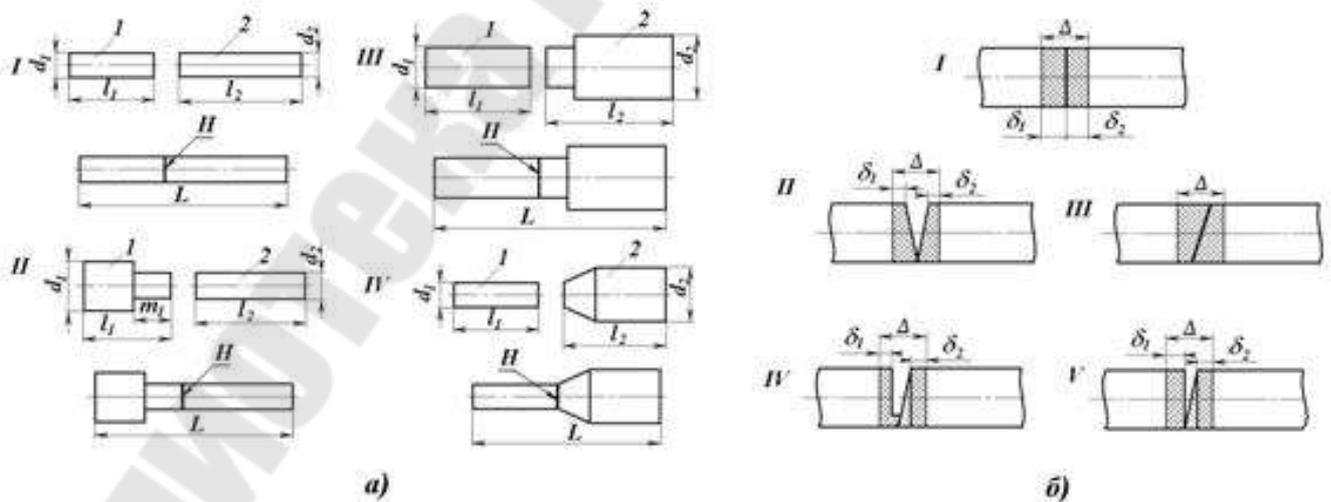


Рисунок 12 – Эскизы заготовок для сварки концевого инструмента (а) и влияние перекоса торца, а также взаимной их ориентации на величину припуска  $\Delta$  ( $\delta_1$  и  $\delta_2$  припуски на сварку рабочей и хвостовой части инструмента) при сварке (б)

Перед сваркой заготовки рабочей и хвостовой части инструмента очищаются от окалины, грязи, галтуются, а их концам придается нужная (с точки зрения получения качественного соединения) форма. Так, заготовки одинакового диаметра подрезаются (тип *I*) заготовки рабочей части, диаметр которых больше диаметра хвостовой части, кроме подрезки должны иметь проточки (тип *II*) либо, наоборот, протачивается заготовка хвостовой части, диаметр которой превышает диаметр рабочей части (тип *III*). Вместо цилиндрических проточек иногда (особенно для заготовок, свариваемых на машинах для сварки трением) хвостовая часть выполняется с переходным конусом.

Влияние перекоса торцов и взаимной их ориентации на величину припуска  $\Delta$  при сварке показана на рисунке 12, *б* /*I* – заготовки с подрезанными торцами; *II*, *III* – заготовки с рублеными торцами; *IV* – *V* – одна заготовка рубленая, вторая – отрезанная абразивным инструментом/.

Сварка заготовок инструмента производится методом стыковой электросварки либо сваркой трением.

Наиболее предпочтительна сварка трением, преимущества которой заключаются в сокращении расхода свариваемых материалов (суммарная величина расхода материала рабочей и хвостовой части инструмента при сварке трением в  $2 \div 3$  раза, а рабочей части до 5 раз меньше, чем при электростыковой сварке) и электроэнергии, а также в повышении производительности труда в  $1,5 \div 2$  раза. Однако применение метода сварки трением не всегда возможно.

Так, существующие машины-полуавтоматы позволяют практически сваривать трением заготовки инструмента диаметром только до 35 мм; сварка трением заготовок инструмента, рабочая часть которых выполнена из вольфрамомолибденованадиевых, вольфрамомолибденовокобальтовых и т. п. высокопроизводительных быстрорежущих сталей со стальным хвостовиком из углеродистых сталей, требует длительной наладки, жесткого контроля и практически оказывается нецелесообразной.

Стыковая электросварка обеспечивает качественное соединение заготовок из любых инструментальных и быстрорежущих сталей диаметром до 100 мм и поэтому в настоящее время наиболее распространена.

### **3.1. Оборудование для сварки заготовок трением**

*Сварочный полуавтомат модели МФ-327* (рисунок 13) предназначен для сварки трением заготовок инструмента круглого сечения.

Принцип работы полуавтомата: одна из свариваемых заготовок закрепляется в шпинделе станка и вращается вместе с ним для создания взаимного скольжения торцов и их разогрева, другая – неподвижно закрепляется на продольном суппорте и получает вместе с ним продольное перемещение до соприкосновения с торцом вращающейся заготовки с заданным усилием (для создания силы трения). Выделяющееся при трении тепло разогревает торцы заготовок, вращение шпинделя прекращается, заготовки поджимаются суппортом с повышенным усилием и производится их соединение сваркой.

Разогрев торцов заготовок происходит при удельном давлении (отношение усилия поджима к площади поперечного сечения свариваемых заготовок) 100 МПа, сварка – при удельном давлении 200 МПа. Загрузка и выгрузка заготовок осуществляются вручную; цикл сварки автоматический.

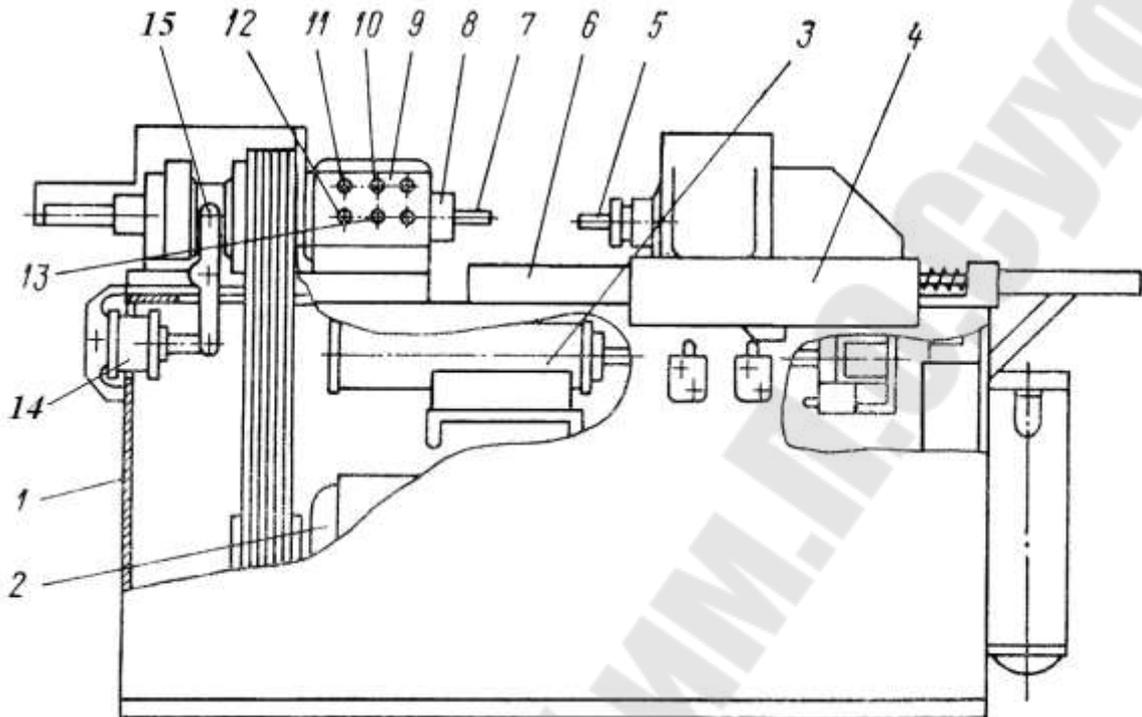


Рисунок 13 – Эскиз общего вида специального сварочного полуавтомата модели МФ-327: 1 – станина; 2 – электродвигатель привода вращения шпинделя; 3 – пневмоцилиндр перемещения суппорта; 4 – суппорт; 5, 7 – свариваемые заготовки; 6 – направляющие суппорта; 8 – шпиндель; 9 – передняя бабка; 10 – кнопка «Пуск» суппорта; 11 – кнопка «Пуск» двигателя; 12 – кнопка «Стоп» двигателя; 13 – кнопка «Стоп» суппорта; 14 – пневмоцилиндр; 15 – рычаг переключения муфты

Станина 1 полуавтомата имеет коробчатую форму. На верхней плоскости станины закрепляется передняя бабка 9. На передней стенке – пневмоцилиндр 3 перемещения суппорта, связанный с последним штоком и пружиной. Внутри станины находится клиновое стопорное устройство, запирающее суппорт при соприкосновении свариваемых заготовок.

Электродвигатель 2 через клиноременную передачу с помощью фрикционной муфты передает вращение шпинделю 8 с заготовкой 7. При правом положении фрикционной муфты через полумуфты 8 и 9 (рисунок 14) включается вращение шпинделя, а при левом через полумуфты 6 и 7 – его торможение.

Электрооборудование станка размещается в электрошкафу. Система подготовки воздуха, контрольная аппаратура и управляющие электропневмоклапаны установлены на правой стенке и в нише станины. Заготовка 7 (рис. 13) закрепляется в цанговом патроне передней бабки 9 вручную, а заготовка 5 в цанговом патроне суппорта 4 за счет осевого усилия, возникающего при соприкосновении заготовок.

Пневмокинематическая схема приведена на рисунке 14. От электродви-

гателя 1 через клиноременную передачу 26 вращение сообщается шкиву 10, свободно установленному на шпинделе 11. Двусторонняя фрикционная коническая муфта 4 скользит на шпонках вдоль оси шпинделя и попеременно либо включает вращение шпинделя (крайнее правое положение), либо тормозит его с помощью тормозного барабана 5 (крайнее левое положение муфты). Перемещения муфты управляет пневмоцилиндр 3, воздействующий на систему рычагов.

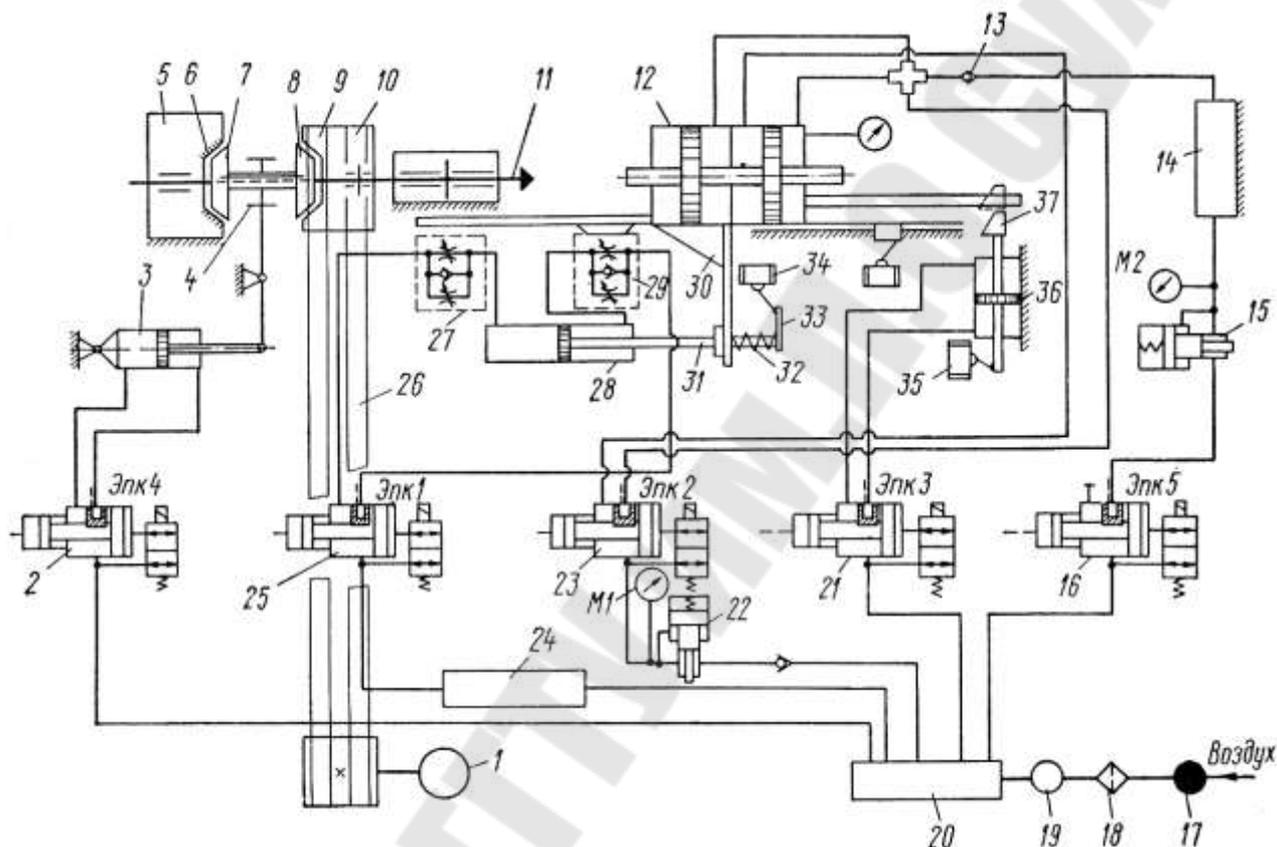


Рисунок 14 – Пневмокинематическая схема полуавтомата модели МФ-327

При нажатии кнопки «Пуск», расположенной на пульте управления, воздух через золотник 25 поступает в правую полость цилиндра 28 и перемещает поршень со штоком 31 справа налево. Шток 31 пружиной 32 связан с тягой суппорта 30. Когда заготовки соприкоснутся своими торцами, шток 31 продолжает движение при неподвижном суппорте 30 сжимая пружину 32.

При этом упор 33 воздействует на конечный выключатель 34, с помощью которого переключаются клапаны 21 и 23. Клапан 21 направляет воздух в нижнюю полость цилиндра 36 стопорного механизма, шток которого перемещает клин 37 в крайнее переднее положение, что исключает возможность отхода суппорта с заготовкой 5 (рис. 13) вправо. Клапан 23 направляет воздух в четырехполостной силовой цилиндр 12 суппорта. С помощью регулятора давления 22 в нем обеспечивается давление воздуха, необходимое для создания надлежащей силы трения, разогревающей торцы заготовок. Обеспечив фиксацию суппорта, шток цилиндра 36 освобождает рычаг конечного выключателя 35, что обуславливает переключение клапана 2, перемещение муфты 4 вправо и включение вращения шпинделя. После установленной выдержки времени на нагрев торцов срабатыва-

ет реле времени, переключается клапан 2 и муфта 4 перемещается в крайнее левое положение, обеспечивая торможение шпинделя. Синхронно срабатывает второе реле времени, в результате чего переключается клапан 16, высокое давление, настраиваемое регулятором давления 15, через ресивер 14 и обратный клапан 13 передается в правые полости цилиндра 12 и осуществляется процесс осадки.

По окончании осадки правые полости цилиндра 12 соединяются с атмосферой на время, определяемое третьим реле времени, которое подает команду на переключение клапанов 21 и 23, в результате чего клин 37 стопорного механизма отводится; после этого срабатывает конечный выключатель 35, подающий команды на переключение пневмозолотника 25, в результате чего воздух поступает в левую полость цилиндра 28, осуществляется отвод суппорта в крайнее правое положение, а шток цилиндра 28 возвращается в исходное (крайнее правое) положение. Для предотвращения ударов при перемещениях суппорта в крайние положения в полуавтомате предусмотрены воздушные демпферы 27 и 29.

Питание пневмосистемы осуществляется от воздушной сети цеха, в котором установлен полуавтомат, через кран 17, фильтр 18, влагоотделитель 19, коллектор 20, ресиверы 14 и 24.

Наладка и настройка станка сводятся к подбору цапг соответствующего диаметра, установке их в шпиндель станка и суппорт, регулированию вылета заготовки, который должен быть не более  $0,75 \div 1$  диаметра заготовки, подбору давления сварки (настраивается регулятором давления 22 (рисунок 14) и контролируется манометром *M1*) и давления осадки (настраивается регулятором давления 15 и контролируется манометром *M2*), к настройке выдержек времени – реле *PB1*, *PB2*, *PB3*.

Для контроля правильности наладки станка рекомендуется провести пробную сварку трех-четырех заготовок.

### **3.2. Оборудование для стыковой электросварки**

Существуют три типа машин для электростыковой сварки инструмента оплавлением с подогревом:

- 1) машины с ручным приводом перемещения заготовок и ручным управлением процессом сварки;
- 2) машины с механическим (кулачковым) приводом и управлением процессом сварки;
- 3) машины с электромеханическим или электрогидравлическим приводом перемещения и избирательным режимом работы.

Полуавтомат модели СА-2 работает по методу оплавления с подогревом. Цикл работы полуавтомата включает следующие этапы: подогрев, оплавление, осадка под током, осадка без тока.

Цель подогрева – подготовить торцы заготовок к оплавлению. Замыкания и размыкания заготовок осуществляются от гидроцилиндра перемещения и осадки. При разомкнутых торцах напряжение равно напряжению холостого хода трансформатора, при замкнутых – оно близко к напряжению короткого замыкания. Частота замыканий и длительность нагрева определяются подбо-

ром скоростей сближения и разведения свариваемых деталей ( $3 \div 5$  мм/с). Каждое соприкосновение торцов сопровождается кратковременным оплавлением, неустойчивым из-за низкой температуры торцов и малого начального количества точек соприкосновения.

При достаточном разогреве торцов и появлении большого числа точек соприкосновения начинается второй этап цикла – оплавление. Он осуществляется только при сближении торцов заготовок, когда скорость сближения снижается до  $0,8 \div 1,5$  мм/с.

Команда на начало осадки дается конечным выключателем или реле времени. При этом скорость сближения заготовок увеличивается до 15 мм/с.

Чтобы получить качественную сварку, осадку начинают не выключая тока (осадка под током). При этом процесс оплавления из-за высокой скорости осадки прекращается, реле напряжения отключается и отключает сварочный ток и начинается осадка без тока. При осадке требуются большие усилия (удельное давление осадки  $30 \div 40$  МПа) и выдержка времени ( $3 \div 4$  с), обеспечивающие прочное соединение заготовок.

### ***Техническая характеристика полуавтомата модели СА-2***

Размеры свариваемых заготовок, мм:

диаметр .....  $20 \div 60$

длина .....  $50 \div 250$

Мощность сварочного трансформатора, кВт:

для диаметров заготовок до 30 мм ..... 100

свыше 30 мм ..... 150

Наибольшее усилие осадки, кГ ..... 14500

Производительность (ориентировочная) при сварке

заготовок диаметром 40 мм, шт./смену ..... 400

Габаритные размеры, мм .....  $1570 \times 1160 \times 1810$

Общий вид сварочного полуавтомата модели СА-2 приведен на рисунке 15. Станина 1 полуавтомата – сварная конструкция коробчатой формы. На верхней плоскости станины закрепляются стойки 3 и 6, сварочный трансформатор и панель с гидроаппаратурой, закрытые кожухами. Внутренняя полость станины используется в качестве гидробака. Сбоку к станине крепится шкаф электрооборудования 2.

Левая и правая стойки 3 и 6 представляют собой чугунные отливки коробчатой формы, закрепленные неподвижно на верхней плоскости станины. К стойке 3 прикреплены гидроцилиндры зажима заготовок 4 с призмами 7 и 10 для установки свариваемой заготовки и упоры 8 – для регулировки величины вылета заготовки из призм. В расточки отливки вставляются стальные скалки, служащие направляющими для каретки 5. В расточках стойки 6 вмонтированы вторые концы направляющих скалок, а также гидроцилиндр привода продольного перемещения каретки 5. К передней стенке стойки 6 крепится панель управления.

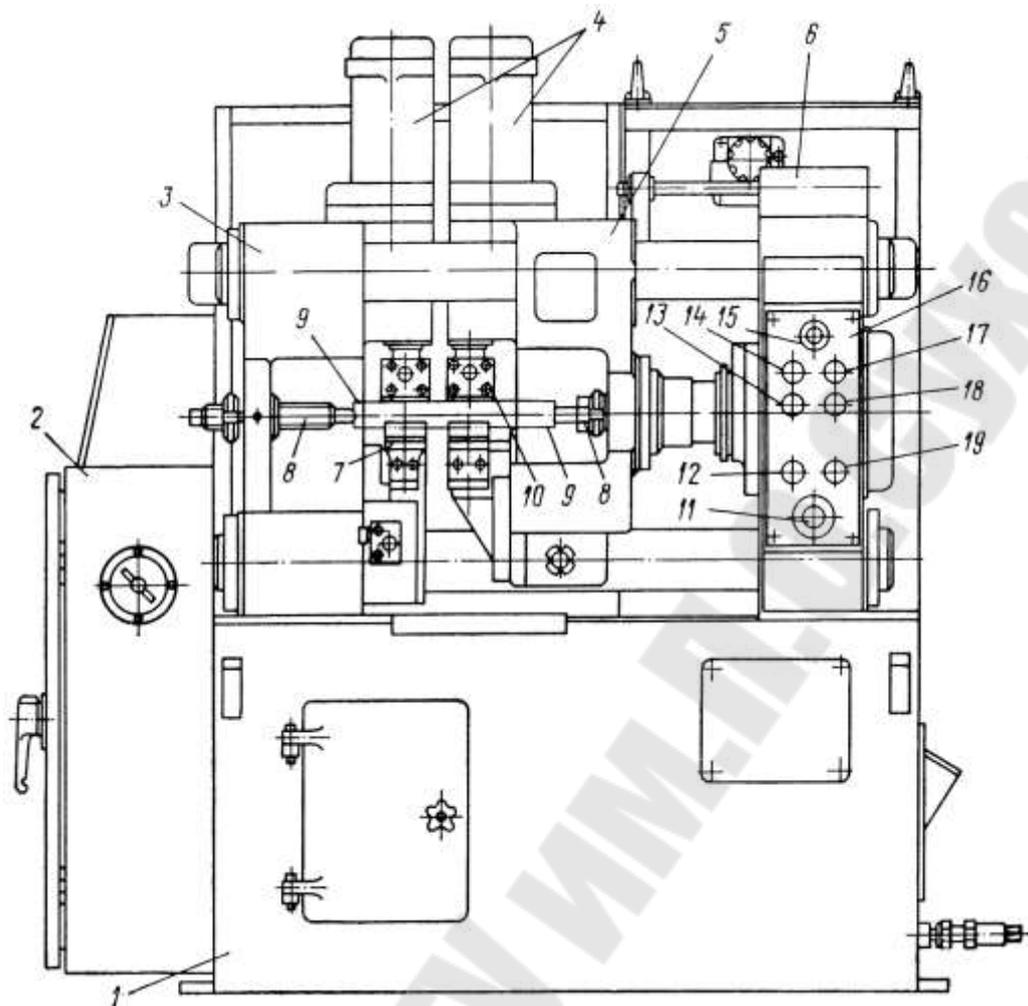


Рисунок 15 – Эскиз общего вида сварочного полуавтомата модели СА-2: 1 – станина; 2 – шкаф электрооборудования; 3, 6 – левая и правая стойки; 4 – цилиндр зажима заготовок; 5 – каретка; 7, 10 – неподвижные и подвижные призмы; 8 – упоры; 9 – свариваемые заготовки; 11 – регулятор реле напряжения для отвода каретки; 12 – переключатель режима работы; 13 – кнопка «←→»; 14 – кнопка «Пуск»; 15 – лампочка «Напряжение»; 16 – панель управления; 17 – кнопка «Стоп»; 18 – кнопка «←»; 19 – кнопка «Зажим–отжим»

Каретка 5 – это чугунная коробчатая отливка, закрепляемая на скалках и изолированная от них текстолитовыми втулками. С кареткой через изоляционную прокладку соединяется шток гидроцилиндра привода ее продольного перемещения.

Электрический ток сварочного трансформатора, закрепленного на станине, через пластинчатые медные шины подводится к подвижным призмам 10. Подвижные призмы охлаждаются в процессе работы проходящим через них потоком воды.

Полуавтоматический режим работы предусматривает ручную загрузку и выгрузку заготовок и автоматический цикл сварки. Перемещение рабочих органов станка осуществляется от гидропривода.

*Настройка и наладка* станка производится в следующей последовательности. Упорами 8 (рисунок 15) устанавливается вылет заготовок из призм, при этом вылет заготовки из быстрорежущей стали должен быть в 1,5 раза

меньше вылета заготовки из углеродистой стали (но не меньше 10 мм). В зависимости от диаметра заготовки переключателем включается напряжение во вторичной цепи сварочного трансформатора и устанавливаются напряжение срабатывания реле напряжения; выдержка времени подогрева; время осадки; скорость перемещения каретки; давления в гидросистеме при подогреве и осадке.

Окончательные режимы работы уточняются пробной сваркой.

#### 4 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОРЦОВ ЗАГОТОВОК

Обработка торцов заготовок заключается как в образовании собственно торцов, так и в получении центровых гнезд и участков, прилегающих к торцам заготовок (фаски, проточки и т. п.).

Наиболее типичные виды торцов заготовок концевых инструментов показаны на рисунке 16.

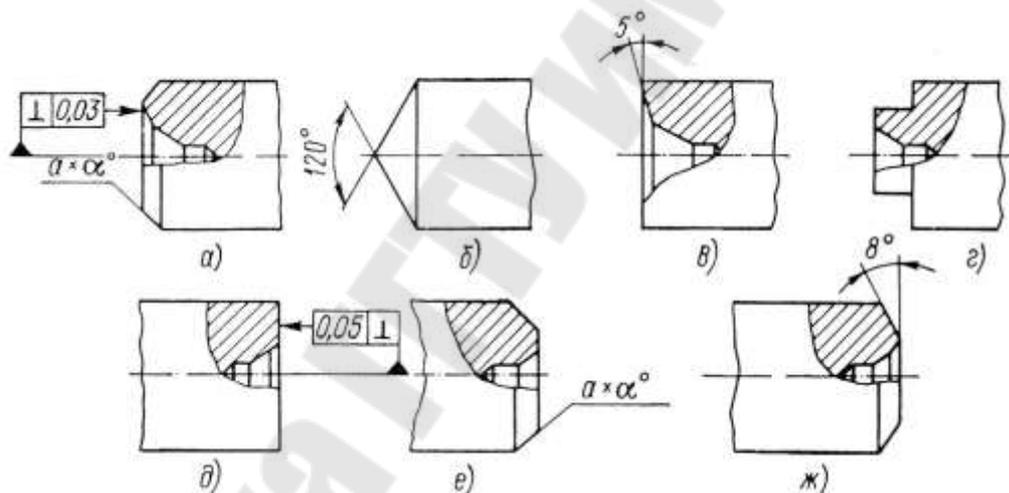


Рисунок 16 – Эскизы торцов заготовок концевых инструментов

Если торцы, показанные на рисунке 16, а, г, д и е, свойственны как инструментам, так и машиностроительным деталям, то торцы форм, показанные на рисунке 16, б, в, ж, специфичны и используются только для хвостовиков инструментов.

В настоящее время выпускается большое количество моделей станков для образования центровых гнезд, как правило, с одновременной обработкой торцов заготовки и прилегающих к ним участков. Эти станки имеют весьма разнообразные конструктивные исполнения и схемы работы, однако в них можно выделить следующие общие особенности:

1. Почти все они предназначены для одновременной обработки обоих торцов неподвижно закрепленной заготовки вращающимся инструментом. Редкое исключение составляют станки с вращающейся заготовкой или станки для односторонней обработки заготовки.

2. Для обработки торцов и центрования заготовок малых и средних размеров ( $\varnothing 10 \div 50$  мм) используется большей частью комбинированный инструментальный блок, состоящий из центровочного сверла 1 и многогранных пластин 2 твердого сплава для подрезки и обточки (рисунок 17, а). Блок работает с осевой подачей. Центровочные сверла в этом случае снабжены специальной лыской, позволяющей создать соответствующее перекрытие режущих кромок сверла и твердосплавных пластин.

3. Для подрезки торцов и центрования заготовок значительных размеров ( $\varnothing 50$  мм и выше) используются многопозиционные станки (две и более позиции), причем торцы фрезеруются в одной позиции, а центровочные гнезда образуются комбинированным сверлом в другой позиции (рисунок 17, б).

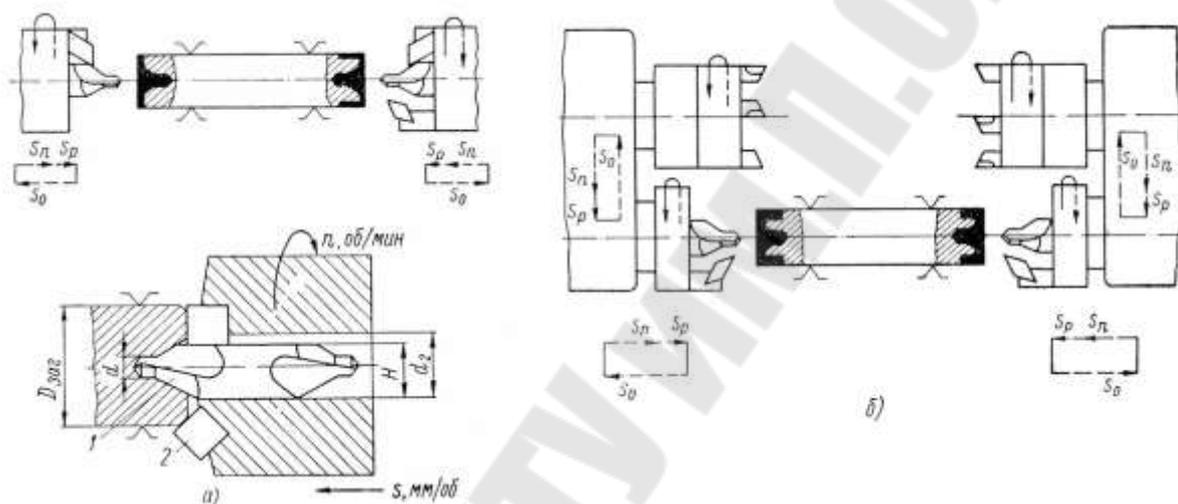


Рисунок 17 – Схема обработки торцов заготовок:

а – инструмента  $\varnothing 10 \div 50$  мм; б – инструмента  $\varnothing$  выше 50 мм

Одновременное образование центровых гнезд на двух противоположных торцах не только значительно повышает производительность труда, но и резко уменьшает одну из главных погрешностей взаимного расположения центровых гнезд, так как в этом случае их несоосность в основном равна несоосности осей шпинделей станков, т. е. не превышает 0,1 мм на длине до 1000 мм. В случае поочередного центрования торцов величина смещения осей центровых гнезд зависит от погрешности зажимного устройства, состояния поверхности заготовки, погрешностей ее формы (овальности, огранки и т. п.) и колеблется в весьма широких пределах. Для ступенчатых заготовок, в особенности полученных ковкой или сваркой, она достигает 0,8 ÷ 1,5 мм на длине в 200 ÷ 300 мм при диаметре в 25 ÷ 50 мм.

Поскольку заготовки концевых инструментов в подавляющем большинстве имеют диаметры до 50 мм, то наиболее рациональной схемой их обработки является схема с осевой подачей комбинированной инструментальной головки.

Создание специальных станков для каждой комбинации переходов нецелесообразно, поэтому созданы две модели станков (ВТ-13М и 2В20), предназначенных для обработки торцов заготовок с использованием комбиниро-

ванного инструмента для каждого вида торцов. Так, например, обработка конических ( $120^\circ$ ) торцов при осевой подаче вращающегося блока и неподвижной заготовке за один проход осуществляется резцовым блоком (рисунок 18) с соответствующим образом расположенными пластинками твердого сплава 1 и 2 (пластинки закрепляются клиньями).

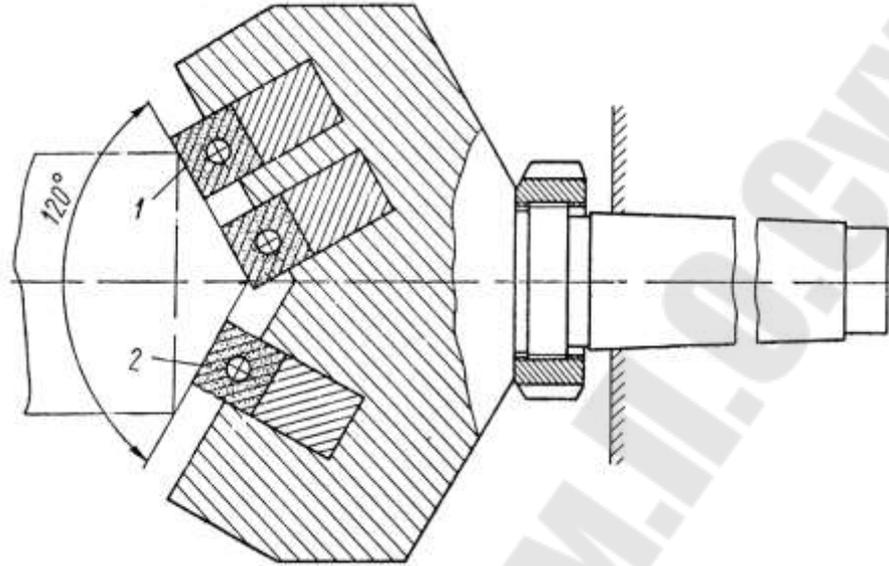


Рисунок 18 – Эскиз резцового блока для обработки конических торцов (угол  $120^\circ$ )

Подрезка торца с одновременной центровкой может производиться также патроном, изображенным на рис. 19. Патрон состоит из корпуса 1 с коническим хвостовиком для закрепления в шпинделе станка и цанги 2, в которую устанавливается комбинированное центровочное сверло 3. Зажим и отжим цанги осуществляется осевым перемещением втулки 5 при вращении винтов 6 торцевым ключом. Твердосплавные пластинки 4, закрепляемые с помощью винтов 7 и клиньев 8, служат для подрезки торцов заготовок. В зависимости от формы пластинок и их расположения оказывается возможным подрезать как прямые, так и конические торцы заготовок.

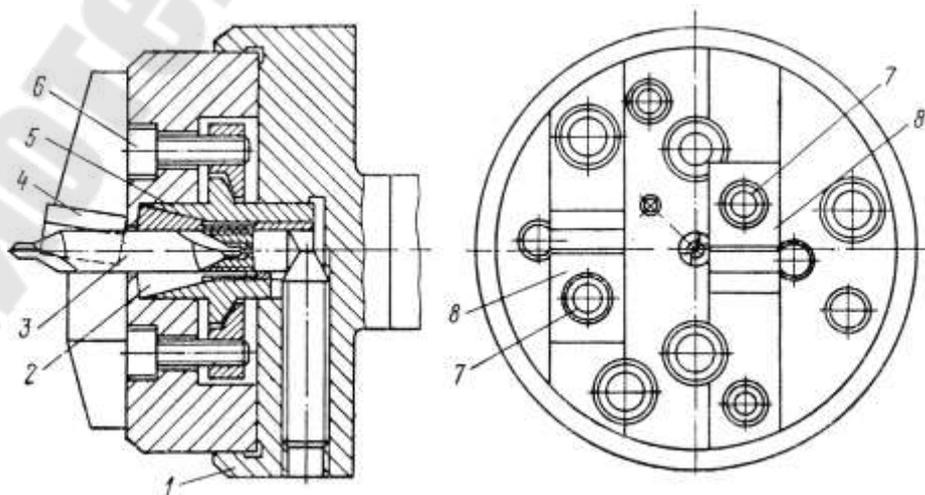


Рисунок 19 – Эскиз патрона для подрезки и одновременной зацентровки торцов заготовок

Станки выполнены по идентичной схеме для обработки неподвижной заготовки вращающимся в шпинделе инструментальным блоком, которому сообщается осевое перемещение. Наличие двух моделей станков обуславливается широким диапазоном размеров обрабатываемого инструмента.

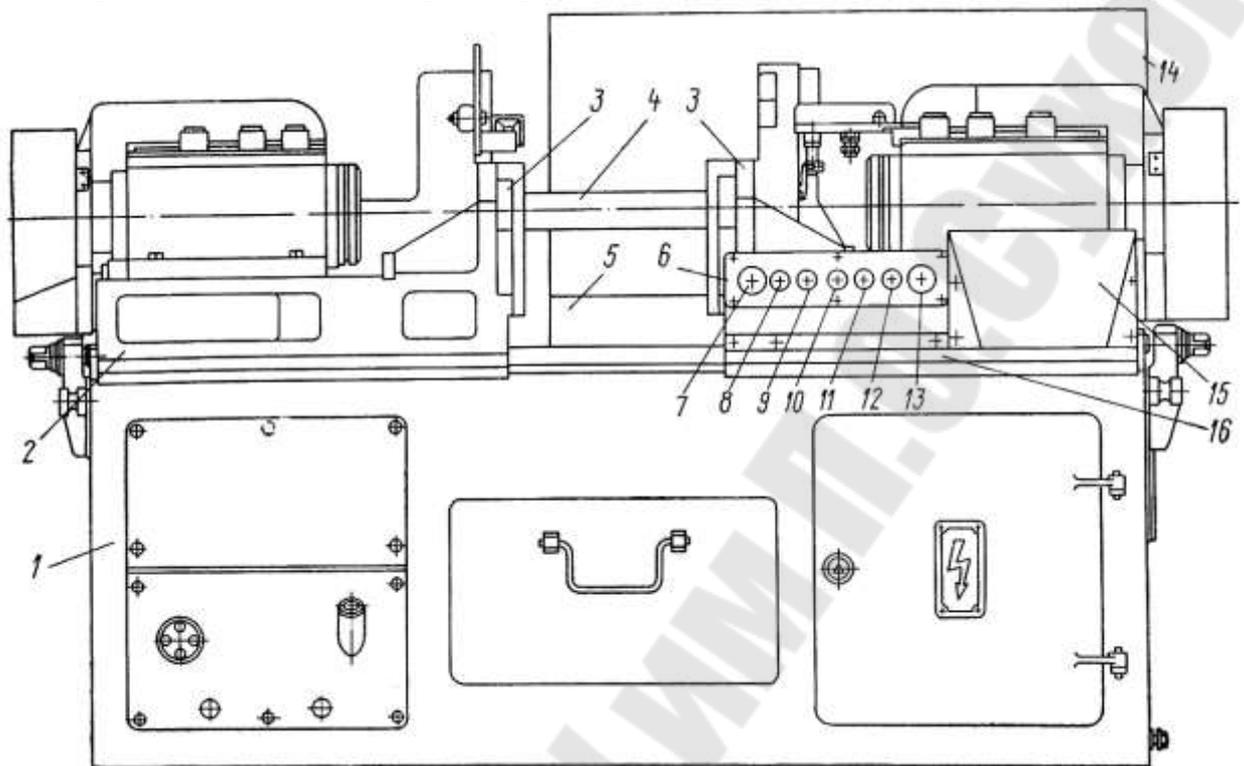


Рисунок 20 – Эскиз общего вида специального полуавтомата модели ВТ-13М: 1 – станина; 2, 16 – левая и правая шпиндельные бабки; 3 – тиски; 4 – обрабатываемая заготовка; 5 – насосная станция; 6 – пульт управления; 7 – кнопка «Стоп»; 8 – кнопка «Насос»; 9 – переключатель «Левый шпиндель»; 10 – переключатель режима работы; 11 – переключатель «Правый шпиндель»; 12 – переключатель «Зажим–отжим» заготовок; 13 – кнопка «Цикл»; 14 – электрошкаф; 15 – столик для заготовок

Станина 1 станка литая, чугунная, коробчатой формы. Верхняя часть станины выполнена в виде призматических направляющих, на которые устанавливаются основания правой 16 и левой 2 шпиндельных бабок. К обоим торцам станины крепятся плиты с неподвижными в осевом направлении винтами. Последние ввинчиваются в гайки, закрепленные в основаниях правой и левой бабок. При вращении винтов шпиндельные бабки перемещаются по направляющим станины, изменяя свое взаимное расположение. Во внутренних полостях станины располагаются стружкосборник, насосная станция системы смазки, вводный выключатель. Окна станины закрываются крышками и кожухами.

Шпиндельные бабки 2 и 16 состоят из чугунных, литых оснований, устанавливаемых на направляющих станины, и корпуса. Корпус бабки, плита с электродвигателем и клиноременная передача крепятся на основании. На лицевой стенке основания правой бабки закрепляются пульт управления 6 и

столик 15 для размещения обрабатываемых заготовок 4. К правой части основания крепится гидроцилиндр, шток которого с помощью рычага перемещает гильзу со шпинделем в осевом направлении. В левой части основания в расточках и пазах размещаются самоцентрирующие тиски 3. К основанию бабки крепятся также кожухи, закрывающие клиноременную передачу, электродвигатель и зону резания.

В корпусе 1 (рисунок 21) шпиндельной бабки на чугунных втулках 2 установлена пиноль 3, получающая продольное перемещение вместе со шпинделем 5 от гидроцилиндра 4. С пинолью связан ползун 6, несущий упоры 7, которые при помощи конечных выключателей управляют перемещениями пиноли. При работе с ощупыванием торца на ползуне правой бабки закрепляется плита, несущая микропереключатель, и щуп, входящий в контакт с торцом заготовки. Щуп с помощью рычага воздействует на микропереключатель, управляющий в этом случае движениями пиноли.

Конструкция левой шпиндельной бабки аналогична правой (за исключением того, что она не имеет столика с заготовками и пульта управления).

Самоцентрирующие тиски правой шпиндельной бабки расположены в расточках и пазах ее основания. Шток гидроцилиндра зажима Ц4 имеет зубчатую рейку, входящую в зацепление с зубчатым колесом 9. Последнее с помощью зубчатой муфты М1 вращает винт перемещения плоской губки, а через пару зубчатых колес и зубчатую муфту М2 винт перемещения призматической губки. Для настройки губок винты имеют квадратные головки, за которые вручную (при отключенных зубчатых муфтах) можно перемещать как плоские, так и призматические губки тисков.

Тиски левой шпиндельной бабки имеют аналогичный привод и конструкцию с добавлением подвижного упора 8, который своим зубчатым сектором связан (через промежуточную реечную шестерню) с рейкой штока и при перемещениях последнего либо опускается, либо поднимается вместе с кожухом тисков. Для поддержания заготовок при разведенных губках к основаниям шпиндельных бабок крепятся поддерживающие призмы, предварительно ориентирующие заготовки (на рисунке 21 не показаны).

Загрузка обрабатываемых деталей осуществляется вручную, цикл обработки – автоматический. Привод главного движения – вращения шпинделей бабок – осуществляется от электродвигателей, зажим изделия и подача пинолей шпиндельных бабок – от гидроцилиндров. Конструкция станка позволяет обрабатывать один или оба торца заготовки одновременно. Форма торцов обрабатываемых заготовок определяется конструкцией установленных в шпинделях инструментальных блоков. Положение заготовки 4 (рисунок 20) определяется зажимными тисками 3, устанавливаемыми ее соосно со шпинделями бабок 2 и 16 и откидным упором 8 (рисунок 21), относительно которого вывернется ее левый торец. Осевое перемещение инструментальных блоков за счет перемещения пинолей шпиндельных бабок производят в следующей последовательности: быстрый подвод, рабочая подача, быстрый отвод.

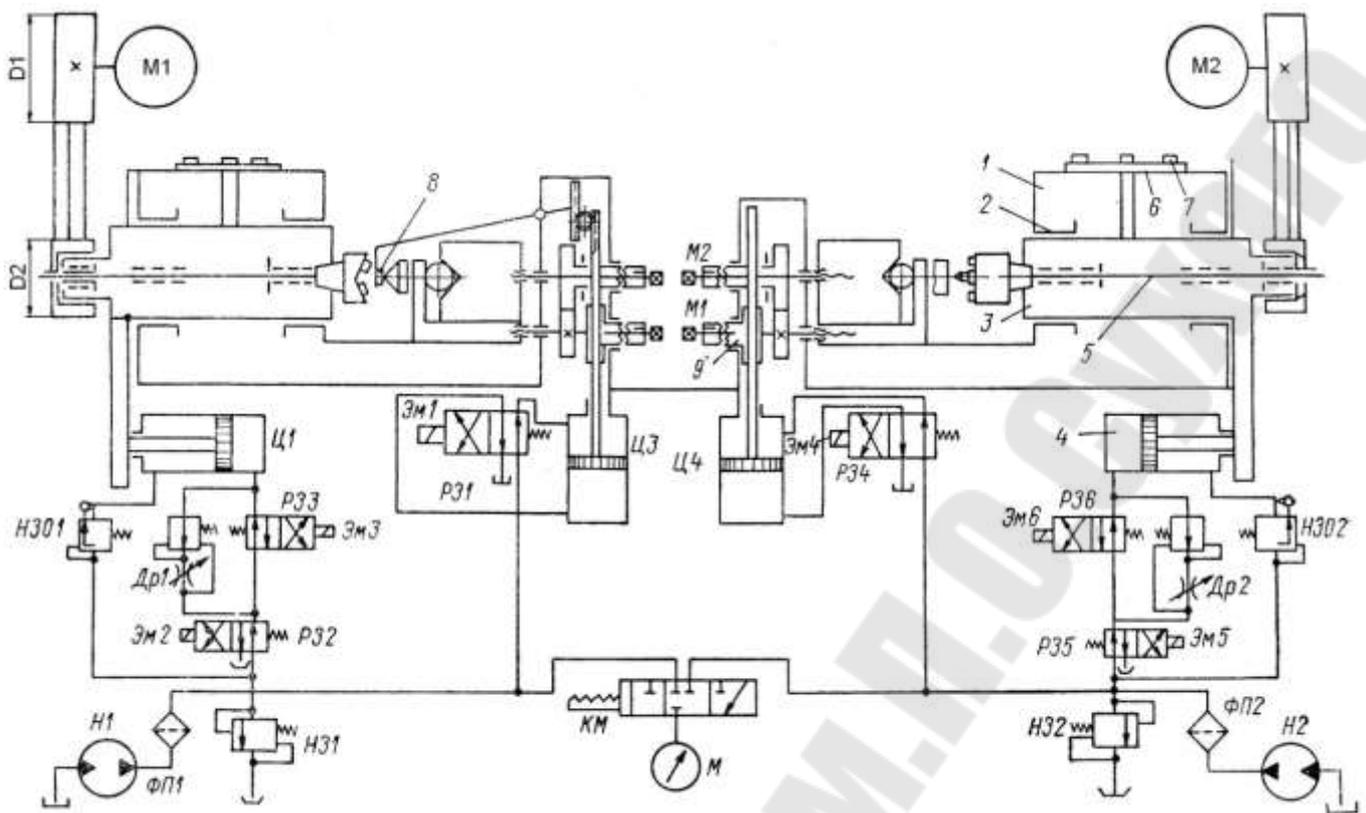


Рисунок 21 – Принципиальная схема полуавтомата модели ВТ-13М

Последовательность движения обеспечивается положением конечных выключателей, смонтированных на корпусах бабок и упоров, связанных с пинолями. Работа пиноли правой шпиндельной бабки 16 может осуществляться также по циклу с ощупыванием правого торца заготовки, заключающегося в том, что окончание быстрого подвода пиноли с инструментом и переход на рабочую подачу производится по команде специального ощупывающего устройства. Такой цикл может быть рекомендован при большом разбросе длин заготовок, когда положение правого торца заготовки может колебаться в больших пределах.

Полуавтоматический цикл работы станка заключается в последовательном выполнении следующих этапов: загрузка заготовок на поддерживающие призмы тисков; зажим заготовки в тисках и отвод упора; быстрый подвод пинолей правой и левой бабок; обработка торцов заготовок вращающимися инструментальными блоками при рабочей подаче последних; выдержка времени для зачистки торцов; быстрый отвод пинолей в исходное положение; останов вращения головок; разжим тисков; подвод упора; съем и установка заготовок (вручную).

Привод гидравлических силовых исполнительных механизмов осуществляется от гидропривода станка. Силовым агрегатом гидропривода является насосная станция, состоящая из сварного бака, на крышке которого установлены электродвигатель с насосом и гидроаппаратура.

Гидропривод (рисунок 21) питается от сдвоенного лопастного насоса производительностью 18 л/мин каждый. Сдвоенный насос применен для обеспечения независимой работы левой и правой бабок, а также левых и пра-

вых тисков станка. Это позволяет значительно повысить плавность рабочей подачи и исключить взаимное влияние двух гидравлических цепей.

Масло, нагнетаемое в систему через пластинчатый фильтр  $\Phi\Pi\Pi$  насосом  $H1$ , при выключенном положении электромагнитов золотников  $P32$  и  $P33$  поступает в правую полость цилиндра  $\Ц1$ , шток поршня которого отводит пиноль левой бабки в исходное положение. Цилиндр  $\Ц1$  подключен по дифференциальной схеме, вследствие чего масло из левой полости цилиндра через обратный клапан напорного золотника  $H301$  поступает в правую полость цилиндра, ускоряя отвод пиноли. Одновременно при выключенном положении магнита золотника  $P31$  масло поступает в верхнюю полость цилиндра  $\Ц3$  левых тисков, шток которого осуществляет разжим заготовки в тисках и через реечную передачу опускает подвижный упор на линию центров станка.

В начале цикла работы станка включается электромагнит золотника  $P31$  и масло поступает в бесштоковую полость цилиндра левых тисков  $\Ц3$ , шток которого производит зажим заготовки в тисках и отводит подвижный упор  $\delta$ . Одновременно включается электромагнит золотника  $P32$ , который, переключаясь, запирает проход масла в правую полость цилиндра  $\Ц1$  и масло через напорный золотник  $H301$  (обеспечивающий сначала зажимы заготовки и последующее начало рабочей подачи) поступает в левую полость цилиндра  $\Ц1$ . Из его правой полости (при включенном электромагните  $\text{Эм}3$  золотника  $P33$ ) масло поступает через дроссель  $Dp1$  (регулирующий скорость рабочей подачи) и золотник  $P32$  на слив.

Работа механизмов правой бабки и правых тисков аналогична.

Регулирование давления и предохранение от перегрузки осуществляется посредством напорных золотников  $H31$  и  $H32$  (рекомендуемая величина давления 2,0 МПа).

Контроль рабочего давления обоих насосов производится с помощью общего манометра  $M$ , включаемого краном  $KМ$ , который на схеме изображен в среднем положении. Для подключения манометра к гидросистеме насоса  $H1$  необходимо переместить шток крана влево, для подключения манометра к гидросистеме насоса  $H2$  – вправо.

*Настройка и наладка станка* осуществляется в следующей последовательности. Все наладочные работы проводятся при установке переключателя  $ЛУ2$  пульта управления на режим «Наладка».

Установка выбранной частоты вращения шпинделя в соответствии с требуемой скоростью резания осуществляется сменой шкивов на шпинделях бабок и электродвигателях, что обеспечивает четыре ступени скорости: 650, 850, 1200, 1850 об/мин.

Уравнение кинематического баланса вращения шпинделя, об/мин:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \frac{D_1}{D_2} .$$

В зависимости от выбранных режимов резания величина подачи ре-

гулируется ( $17 \div 280$  мм/мин) дросселями подач, установленными на насосной станции. Первоначальное центрирование призм тисков относительно оси шпиндельных бабок следует производить в такой последовательности: установить пару губок; положить контрольную оправку в поддерживающую планку тисков и отвернуть гайки тисков; вывести из зацепления зубчатые муфты тисков; вращать винт; совместить ось контрольной оправки с линией центров станка; ввести муфты в зацепление с шестернями и завернуть гайки тисков.

Регулирование величины припуска (или глубины центrovания), снимаемого левой головкой, осуществляется комбинированным инструментом за счет смещения центровочного сверла относительно неподвижной пластины и за счет смещения корпуса шпиндельной бабки относительно тисков, для чего в него ввертывается винт (рис. 19), который своим скосом выдвигает центровочное сверло из корпуса патрона. Регулирование величины припуска (или глубины центrovки), снимаемого правой головкой, обеспечивается смещением корпуса шпиндельной бабки относительно ее тисков, а начало рабочей подачи устанавливается перестановкой упоров на корпусах шпиндельных бабок.

## **5 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТОКАРНЫЕ СТАНКИ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Токарная обработка заготовок инструментов осуществляется по трем различным вариантам:

1. Для заготовок инструментов, получаемых непосредственно из прутков, применяются токарные одношпиндельные и многошпиндельные автоматы общего назначения.

2. Для насадных инструментов, изготавливаемых из штучных заготовок, используются патронные револьверные станки или одношпиндельные револьверные автоматы.

3. Концевые инструменты диаметром от 10 мм и выше обрабатываются в центрах на токарных полуавтоматах и автоматах самых различных типов. Как было отмечено, к этому классу относится самое большое количество инструментов, и он, по существу, определяет трудоемкость токарной обработки в инструментальном производстве.

Разнотипное оборудование для токарной обработки концевых инструментов не всегда отвечает специфике их обработки, заключающейся в следующем:

– наиболее массовыми (составляющими свыше 95 % всего количества и трудоемкости) являются инструменты диаметром до 35 мм и длиной до 350 мм, причем большая часть размеров инструментов находится в диапазоне диаметров  $10 \div 20$  мм и длин  $100 \div 200$  мм;

– для ряда инструментов характерно большое отношение длин к диаметру, достигающее у метчиков, сверл и зенкеров 20 и более, что опре-

деляет их малую жесткость;

– многие инструменты имеют хвостовики с конусом Морзе, что определяет значительные припуски на токарную обработку заготовок, достигающие (для конуса Морзе № 3) 5 мм и более на сторону;

– концевой инструмент, как правило, не имеет канавок для выхода абразивного инструмента, а отдельные ступени его сопрягаются галтелями или переходными конусами.

С учетом вышеизложенного токарные многолезцовые станки следует признать малоэффективными для производства концевых режущих инструментов, а универсальные модели гидрокопировальных полуавтоматов – слишком громоздкими и малопродуктивными. Если для обработки заготовок инструментов диаметром свыше 35 мм еще целесообразно использование станков общего назначения, то для обработки заготовок меньших диаметров требуются специальные станки, которые должны иметь кроме отмеченных, следующие особенности: а) меньшие габариты при значительной мощности привода; б) повышенные скорости быстрых ходов; в) повышенную жесткость.

Для повышения производительности эти станки должны оснащаться специальными поводковыми патронами (рис. 22), которые при коротких циклах обработки позволяют значительно сократить время на установку и снятие заготовок.

Однако применение таких патронов усложняет работу пиноли задней бабки, которая сначала должна передавать значительное осевое усилие поджатия для обеспечения врезания зубьев поводковых патронов в металл заготовки на величину, достаточную для передачи крутящего момента заготовке при резании, после чего усилие поджатия пиноли должно быть снижено во избежание излишней нагрузки на шпиндель станка, продольного изгиба детали и деформации центровых гнезд.

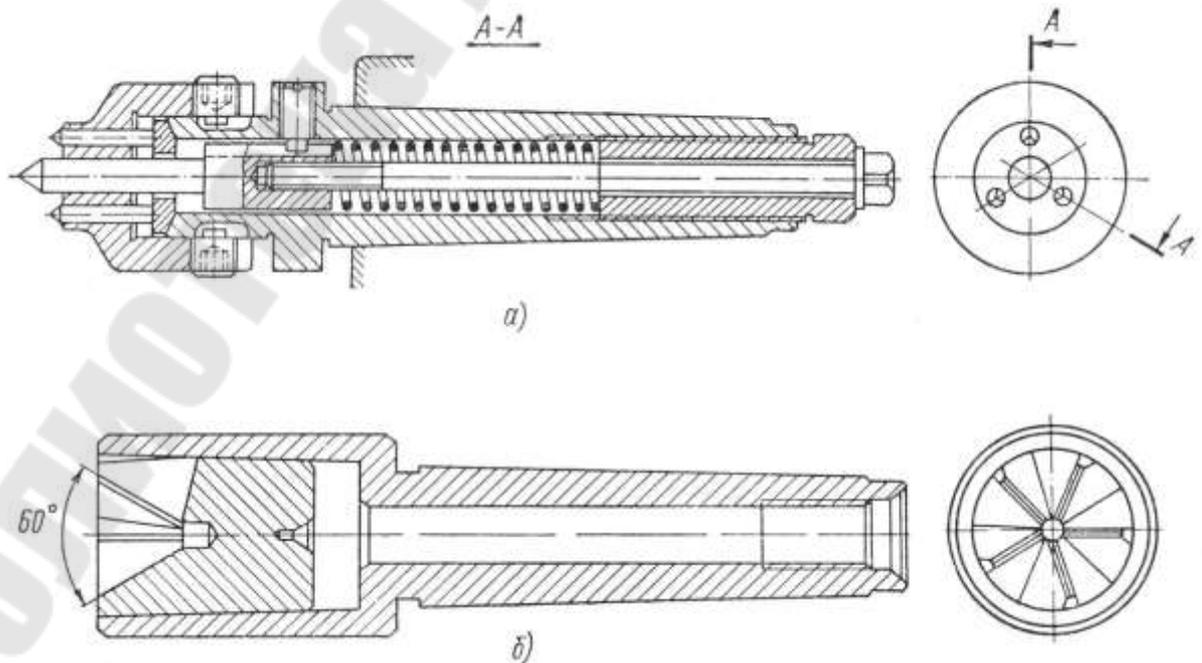


Рисунок 22 – Эскизы поводковых токарных патронов

## 5.1. Токарно-копировальный полуавтомат модели СИ-035

Полуавтомат предназначен для токарно-копировальной обработки в центрах или патроне заготовок концевого инструмента диаметром  $10 \div 50$  мм и длиной  $100 \div 350$  мм по круглому копиру. Главным движением станка является вращение обрабатываемой заготовки, резцу же сообщается продольное перемещение с заданной величиной подачи. Поперечным перемещением резца управляет копировальное устройство, шуп которого перемещается вдоль образующей цилиндрического копира, расположенного параллельно обрабатываемой детали. Профиль копира воспроизводится резцом на обрабатываемой заготовке.

### *Техническая характеристика полуавтомата*

Размеры обрабатываемой заготовки, мм:

диаметр .....  $10 \div 50$

длина .....  $100 \div 350$

Частота вращения шпинделя, об/мин..... 2900; 2200; 1520; 1050; 820

Скорость перемещения продольного суппорта (регулируется бесступенчато), мм/мин .....  $80 \div 1700$

Скорость отвода суппорта, мм/мин ..... 2000

Наибольший ход копировального суппорта, мм.... 35

Величина хода пиноли задней бабки, мм..... 35

Электродвигатель главного движения:

мощность, кВт..... 7,5

частота вращения, об/мин ..... 460

Габаритные размеры, мм.....  $1500 \times 1015 \times 1375$

Общий вид специального токарно-копировального полуавтомата модели СИ-035 показан на рис. 23.

Привод вращения шпинделя (рис. 24) осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу и двухступенчатый редуктор с парой сменных зубчатых колес:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \frac{D_1}{D_2} \frac{z_1}{z_2} \frac{a}{b} \frac{z_3}{z_4}, \text{ об/мин.}$$

Продольная и поперечная подача, а также поджим пиноли задней бабки производится при помощи гидропривода.

*Настройка и наладка полуавтомата* модели СИ-035 производится в следующей последовательности. В зависимости от назначенной скорости резания устанавливается соответствующая пара зубчатых колес в редукторе. Резец закрепляется в резцедержателе и с помощью маховика на рычаге следящего золотника устанавливается в соответствии с диаметром обрабатываемой заготовки.

Крайние положения продольного суппорта при его перемещениях задаются упорами конечных выключателей. В пинолях копира устанавливается копир, на шпиндель станка – патрон, в пиноль задней бабки – центр. Задняя бабка винтом перемещается в рабочую позицию и закрепляется на направляющих.

При обработке заготовок инструмента (особенно малой жесткости) очень важно правильно выбрать усилие, необходимое для врезания ведущих элементов поводкового патрона в левые торцы заготовок.

Большое усилие может привести к продольному изгибу заготовки, малое усилие – не обеспечит врезания ведущих элементов патрона, что может привести к проворачиванию заготовки в процессе резания.

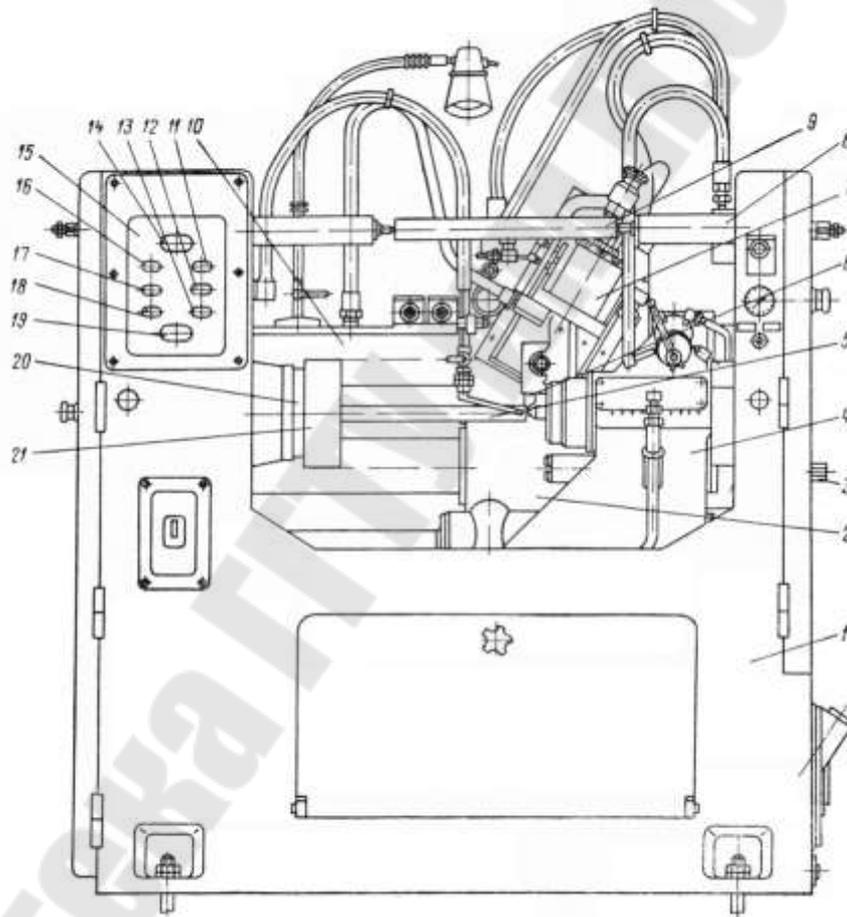


Рисунок 23 – Эскиз общего вида специального токарно-копировального полуавтомата модели СИ-035: 1 – станина; 2 – продольный суппорт; 3 – винт регулировки положения задней бабки; 4 – задняя бабка; 5 – обрабатываемая заготовка; 6 – резец; 7 – копировальный суппорт; 8 – пиноли копира; 9 – копир; 10 – направляющие; 11 – переключатель режимов работы; 12 – кнопка «←»; 13 – кнопка «Цикл»; 14 – лампочка «Напряжение»; 15 – пульт управления; 16 – переключатель охлаждения; 17 – кнопка «→»; 18 – кнопка «Насос»; 19 – кнопка «Стоп»; 20 – шпиндель; 21 – поводковый патрон.

Для предварительного расчета усилия, передаваемого патроном, рекомендуется пользоваться следующей формулой:

$$P_{\text{окр}} = \frac{4P_{\text{ос}}^{1,3} \left( \frac{HRC}{60} \right)^{1,5}}{\sigma_b^{0,3} b^{0,3}}, \text{ Н,}$$

где  $P_{\text{окр}}$  – окружное усилие, передаваемое патроном, Н;  $P_{\text{ос}}$  – осевое усилие, создаваемое задней бабкой, Н;  $\sigma_b$  – предел прочности на растяжение обрабатываемого материала, МПа;  $b$  – длина лезвия ведущего элемента поводкового патрона, мм;  $HRC$  – твердость материала ведущих элементов поводкового патрона.

Окончательно усилие подбирается практическим путем в зависимости от конструкции поводкового патрона, материала обрабатываемой заготовки и т. п.

Конструкция станка предусматривает применение специальной автоматической системы управления станком в зависимости от упругих деформаций системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь).

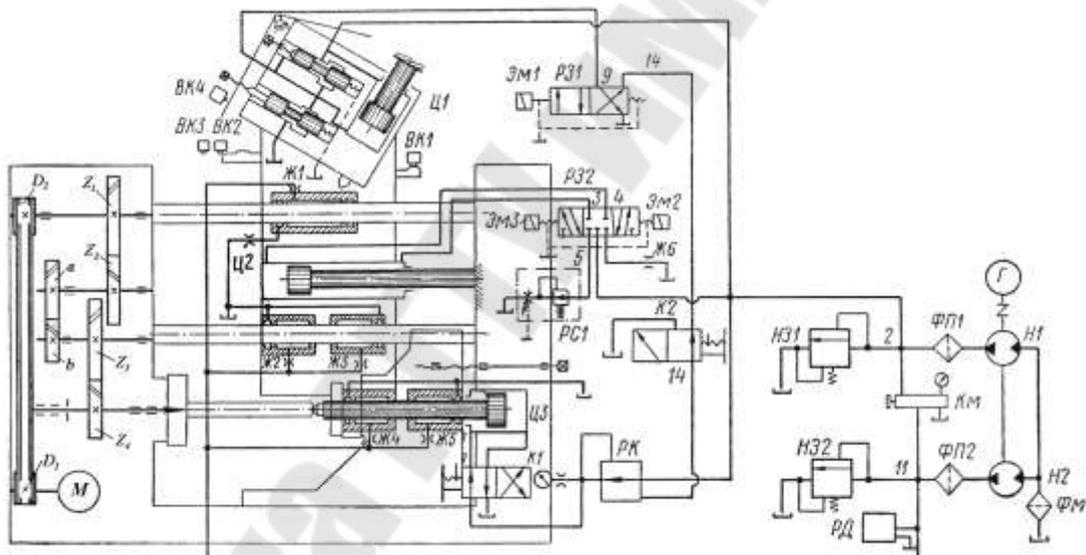


Рисунок 24 – Принципиальная схема полуавтомата модели СИ-035

Упругие деформации системы вызывают погрешности формы и размеров детали, причем значительная доля погрешности возникает из-за технологической нежесткости самой обрабатываемой заготовки, длина которой, как правило, более чем в 10 раз превосходит величину диаметра. Кроме нежесткости заготовки на погрешность формы обрабатываемой детали оказывают существенное влияние ряд факторов, например, изменение жесткости системы СПИД при перемещении резца вдоль детали в процессе обработки, переменная величина припуска на обработку и т. д. Автоматическое корректирующее устройство К-71 обеспечивает повышение точности обработки за счет компенсации погрешности обработки, определяемой путем сопоставления размеров и формы двух копиров – основного (используемого обычно на станке модели СИ-035) и вспомогательного. В качестве вспомогательного копия используется одна из обработанных на станке первых деталей, которая

должна иметь припуск на обработку, близкий к среднему для данной партии заготовок.

Автоматическое корректирующее устройство (рис. 25) состоит из следящего золотника 4, щель 5 которого управляет расходом масла, а следовательно, и перемещением копировального суппорта 2 с резцом 13. Перемещение штока следящего золотника осуществляется от рычага 6 с помощью рычага 11 основного копира 7 и рычага 10 вспомогательного корректирующего копира 8. Во время обработки заготовки 14 резцом 13 продольный суппорт 1 вместе с установленной на нем корректирующей системой перемещается вдоль оси заготовки 14, а щупы рычагов 11 и 10 следят за профилем основного и вспомогательного копиров. Пружины 3 и 9 осуществляют силовое замыкание ощупывающей системы, а также снижают давление на щуп вспомогательного копира.

При одинаковых профилях обоих копиров углы поворота рычагов 11 и 10 одинаковы, рычаг 6 не имеет дополнительного поворота вокруг оси 12 и профиль обрабатываемого изделия определяется формой основного копира. Если профили различны, то рычаг 6 получает дополнительный поворот вокруг оси 12, пропорциональный разнице размеров отдельных участков профилей.

Дополнительный поворот передается на шток следящего золотника 4 и корректирует его положение; профиль обрабатываемого изделия при этом определяется как профилем основного копира, так и величиной угла рассогласования положений щупов.

Чувствительность устройства настраивается за счет отношения плеч рычага 6, величина которого  $\mu$  определяется по формуле

$$\mu = 1 + \frac{\delta}{t - \delta}$$

где  $\delta$  – максимальная погрешность формы первой детали в продольном направлении, мм;  $t$  – номинальная глубина резания в сечении, где замерена величина  $\delta$ .

Для каждого станка величина  $\mu$  устанавливается экспериментально. При изменении условий обработки (элементов режима резания, затуплении или замене резца, изменении формы детали и т. п.) вспомогательный копир необходимо заменять в процессе обработки.

Конструкция корректирующего устройства рассчитана на использование его со станком модели СИ-035. Рычаги устройства закрепляются с помощью кронштейна на корпусе следящего золотника станка, а пиноли и центры вспомогательного копира с помощью хомутов на пинолях бабок основного копира.

Корректирующее устройство позволяет либо повышать режимы резания при обеспечении заданной точности обработки, либо увеличивать точность обработки при установленном режиме резания.

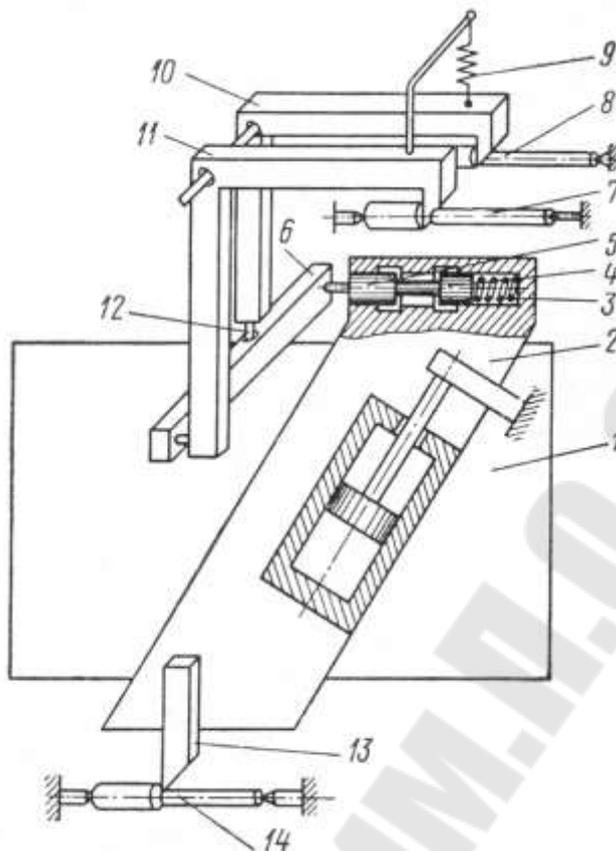


Рисунок 25 – Схема автоматического корректирующего устройства К-71 полуавтомата модели СИ-035

### 5.2. Токарный полуавтомат модели КТ-16 для обтачивания цилиндрической части свёрл

Полуавтомат модели КТ-16 является специальным станком и предназначается для обтачивания цилиндрической части спиральных сверл диаметром от 6 до 32,5 мм. Высота центров станка 160 мм. Расстояние между центрами при выдвинутой пиноли задней бабки 400 мм. Кинематическая схема станка приведена на рис. 26.

Шпиндель имеет шесть частот вращения в пределах 350 ÷ 1980 об/мин; настройка требуемой частоты вращения шпинделя производится передвижением двух блоков (трехвенцового и двухвенцового) при помощи одного рычага:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \frac{D_1}{D_2} \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4} \left( \text{или} \frac{z_5}{z_6}, \text{или} \frac{z_7}{z_8} \right) \frac{z_9}{z_{10}} \left( \text{или} \frac{z_{11}}{z_{12}} \right) \cdot \frac{D_3}{D_4}, \text{ об/мин.}$$

Продольная рабочая подача сообщается суппорту посредством передачи винта и гайки; наибольшая длина перемещения 270 мм.

Ходовой винт приводится от шпинделя через зубчатые передачи и коробку подач. Эта коробка позволяет получать пять различных подач в пределах 0,1 ÷ 0,3 мм/1 оборот шпинделя.

$$S = 1_{об.мин} \cdot \frac{z_{16}}{z_{17}} \cdot \frac{a \cdot c}{b \cdot d} \cdot \frac{z_{18}}{z_{19}} \left( \text{или } \frac{z_{20}}{z_{21}}, \text{ или } \frac{z_{22}}{z_{23}}, \text{ или } \frac{z_{24}}{z_{25}}, \text{ или } \frac{z_{26}}{z_{27}} \right) \cdot \frac{z_{28}}{z_{29}} \cdot \frac{z_{30}}{z_{31}} \cdot \frac{z_{32}}{z_{33}} \cdot P, \text{ мм/об.}$$

Быстрый обратный ход суппорт получает от отдельного электродвигателя мощностью 0,6 кВт, расположенного с правой стороны фартука. От электродвигателя через механизм быстрого хода вращение передается зубчатому колесу, закрепленному на гайке ходового винта.

Обработка заготовки сверла производится в центрах. Центр задней бабки – вращающийся. Перемещение пиноли при закреплении заготовки в центрах производится с помощью рукоятки 2 байонетного затвора. Наибольшее перемещение пиноли – 30 мм. Для зажима пиноли служит рукоятка 1.

Цикл работы полуавтомата состоит из следующих движений суппорта: рабочий ход – отход от заготовки – быстрый обратный ход – подход в начальное положение. Эти движения обеспечиваются соответствующей конструкцией узла суппорта (рис. 27).

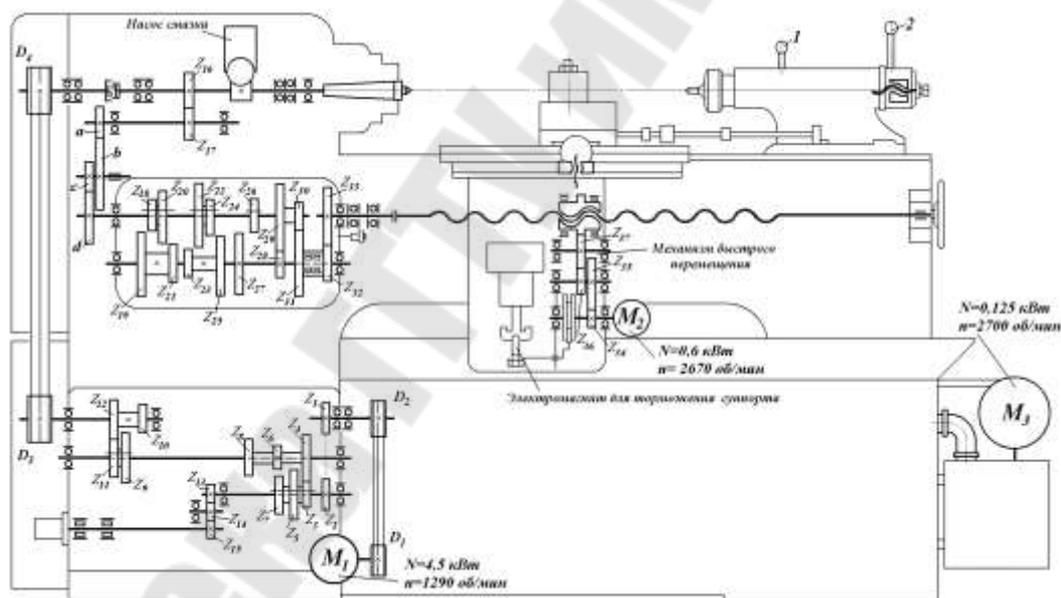


Рисунок 26 – Кинематическая схема токарного полуавтомата модели КТ-16

Поперечный суппорт 9 вместе с закрепленным на нем резцедержателем 8 может перемещаться по направляющим каретки при наладке станка вручную и автоматически во время работы. В продольном отверстии поперечного суппорта помещается валик 1 со снятой на конце лыской, которой он соприкасается с роликом 10. Вертикальная ось ролика закреплена в правой части поперечных салазок 11. Пружина 7 стремится отжать суппорт от обрабатываемой заготовки; этим обеспечивается постоянный контакт ролика 10 с лыской валика 1. На правом конце валика 1 закреплен наконечник с выфрезерованным Т-образным пазом, в который входит головка штанги 5; опорой ее служит кронштейн 2. На штанге 5 закрепляются в соответствующих местах два кольца 3 и 6, которые служат упорами.

Резцедержатель устанавливается на суппорте с таким расчетом, чтобы режущая кромка резца была правее конца заготовки на  $1 \div 1,5$  мм.

Для настройки на заданный диаметр валик *1* сдвигают влево; находясь в контакте с роликом *10*, валик будет перемещать суппорт вперед. Перемещение обычно принимают равным 1 мм, что соответствует величине отхода суппорта при работе станка. Маховиком *15* суппорт подводится к заготовке, и правая часть поперечных салазок *11* закрепляется болтами *14*.

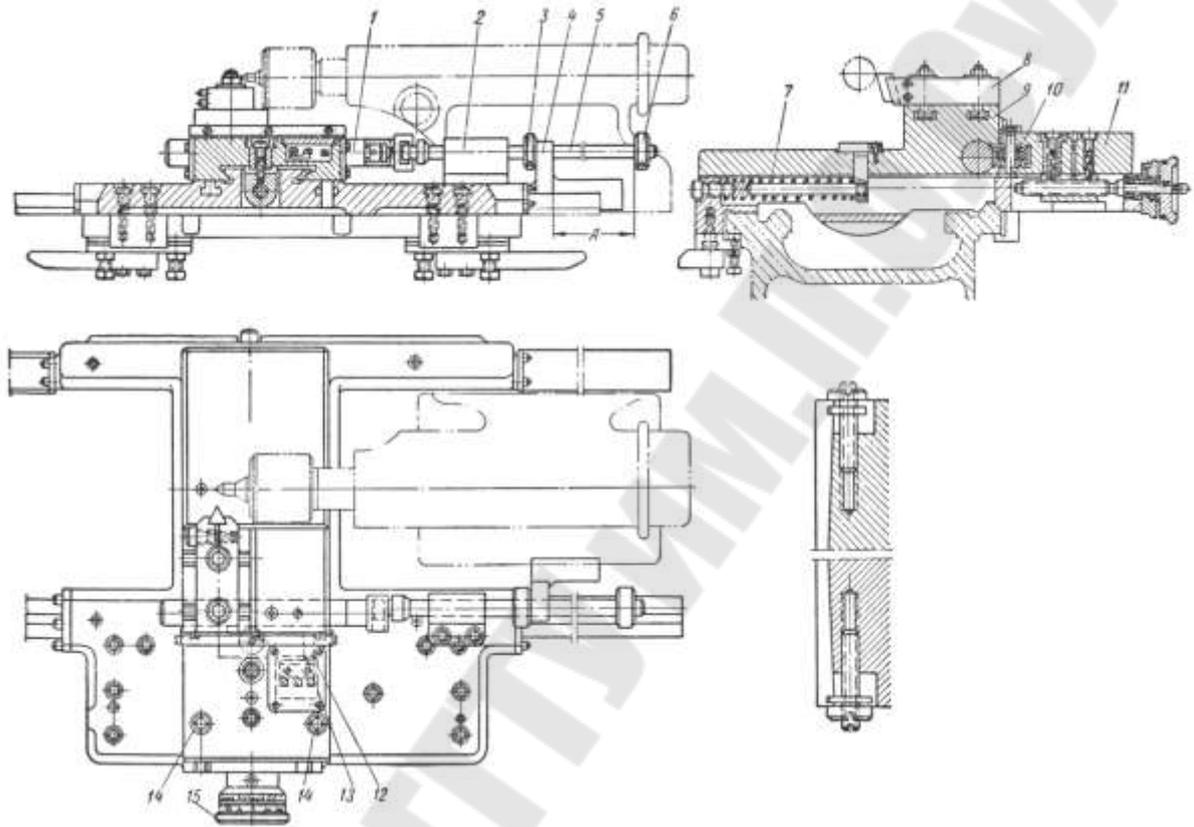


Рисунок 27 – Суппорт токарного полуавтомата модели КТ-16

После этого производят настройку на длину обтачивания цилиндрической части заготовки сверла, для чего кольцо *3* устанавливают на штанге *5* так, чтобы оно касалось торцом упора *4*. Кольцо *6* устанавливают на таком расстоянии от упора *4*, которое равно длине протачивания цилиндрической части сверла (размер *A* на рис. 27).

На задней стенке станины закрепляются два конечных выключателя для реверсирования движения каретки. Выключатель электродвигателя быстрого хода устанавливается у задней бабки в положении, соответствующем длине обтачивания цилиндрической части сверла.

Полуавтомат работает следующим образом.

Суппорт, перемещаясь влево, тянет за собой штангу *5*. В конце пути точения цилиндрической части сверла кольцо *6* доходит до упора *4*, и движение штанги *5* и валика *1* прекращается.

Вследствие того, что ролик *10* скользит по скосу валика *1*, суппорт под действием пружины *7* отходит от обрабатываемой заготовки и одновременно, нажимая пальцем *12* на конечный выключатель *13*, выключает главный элек-

тродвигатель, включает электромагнит тормозного механизма (рис. 26) и двигатель быстрого хода; через механизм быстрого хода этот двигатель приводит во вращение гайку 8 ходового винта, и суппорт возвращается в исходное положение.

В конце быстрого обратного хода штанга 5, перемещаясь вправо до соприкосновения кольца 3 с упором 4, останавливается и нажимает на валик 1, который скользит поднимающейся частью скоса по ролику 10 и подводит поперечный суппорт 9 в исходное положение. Упор, установленный на задней стенке станины, действуя на конечный выключатель, выключает двигатель быстрого хода и электромагнит. Конечный выключатель замыкает контакты цепи управления главного двигателя. Станок останавливается, рабочий снимает обточенную заготовку и ставит на ее место следующую.

### **5.3. Токарный полуавтомат модели КТ-15 для обтачивания конических хвостовиков свёрл**

Станок предназначен для полуавтоматической обработки конической хвостовой части спиральных сверл диаметром  $6 \div 32,5$  мм. Кинематическая схема станка представлена на рис. 28. Высота центров станка и расстояние между центрами при выдвинутой пиноли задней бабки такие же, как у полуавтомата модели КТ-16. Наибольшая длина обрабатываемого конуса 113 мм (конус Морзе № 3), наименьшая – 65 мм (конус Морзе № 1). Обработка заготовок производится в центрах. Цепь главного движения этого станка такая же, как у полуавтомата модели КТ-16, и обеспечивает такие же частоты вращения шпинделя.

Передний и задний поперечные суппорты станка модели КТ-15 получают независимые подачи от двух отдельных кулачков.

Обтачивание конусной части заготовки инструмента на данном станке производится методом одновременной продольной и поперечной подач.

Резец переднего суппорта обтачивает цилиндрическую шейку и конус, резец заднего суппорта предназначен для обтачивания только цапфы и радиуса закругления. Во время обтачивания конуса он перемещается вместе с передним резцом.

Продольная подача суппорта осуществляется от цилиндрического (барбанного) кулачка, поперечная подача – от дисковых кулачков, сидящих на распределительном валу.

Вращение кулачковых валов осуществляется через редуктор подач. Уравнение кинематического баланса поперечных подач:

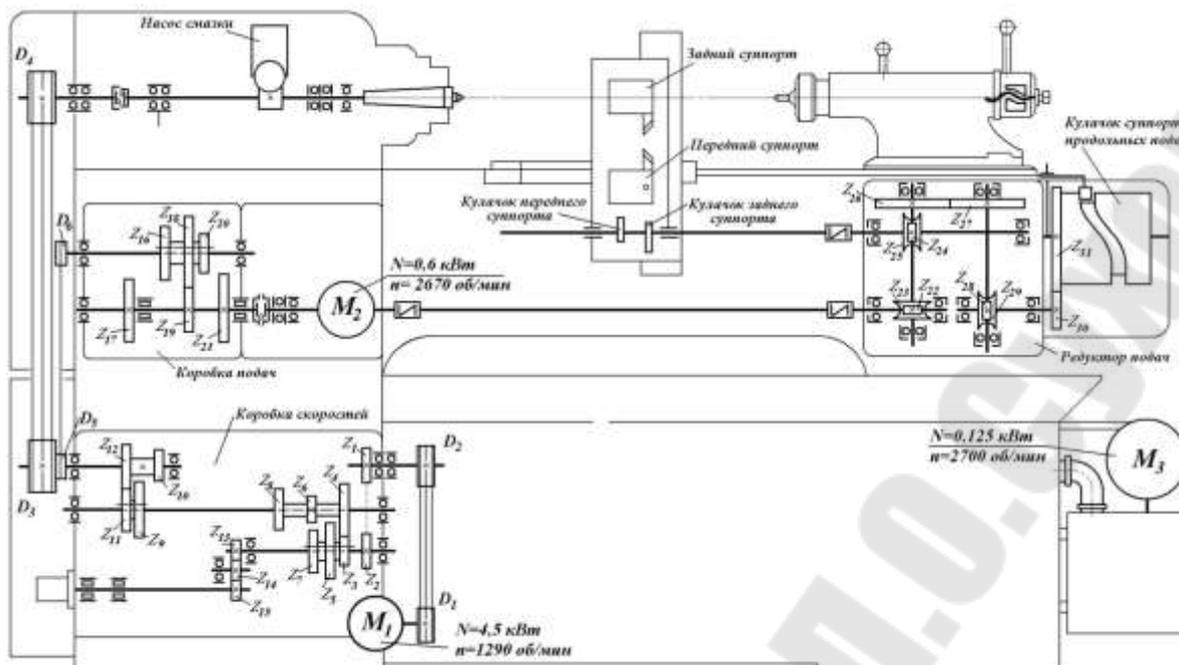


Рисунок 28 – Кинематическая схема токарного полуавтомата модели КТ-15

$$S = 1_{\text{об.шп}} \frac{D_4}{D_3} \frac{D_5}{D_6} \frac{z_{16}}{z_{17}} \left( \text{или } \frac{z_{18}}{z_{19}}, \text{ или } \frac{z_{20}}{z_{21}} \right) \frac{z_{22}}{z_{23}} \frac{z_{24}}{z_{25}} R \cdot \alpha, \text{ мм/об},$$

где  $\alpha$  – угол поворота кулачка, рад.;  $R$  – величина подъема кривой, профилирующей кулачок (мм) при повороте его на 1 рад.

Уравнение кинематического баланса продольных подач, мм/об:

$$S = 1_{\text{об.шп}} \frac{D_4}{D_3} \frac{D_5}{D_6} \frac{z_{16}}{z_{17}} \left( \text{или } \frac{z_{18}}{z_{19}}, \text{ или } \frac{z_{20}}{z_{21}} \right) \frac{z_{22}}{z_{23}} \frac{z_{26}}{z_{27}} \frac{z_{28}}{z_{29}} \frac{z_{30}}{z_{31}} L \cdot \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол поворота кулачка, рад.;  $L$  – величина подъема кривой, профилирующей кулачок (мм) при повороте его на 1 рад.

Коробка подач позволяет получать три различные подачи, которые выбираются в зависимости от обрабатываемого конуса.

На торце коробки подач укреплен электродвигатель мощностью 0,6 кВт при 2570 об./мин; один конец вала двигателя через муфту обгона соединен с валом коробки подач, другой – с приводным валом редуктора подач.

При рабочем ходе суппорта электродвигатель выключен, вал ротора вращается с такой же частотой, что и выходной вал коробки подач. Для сообщения суппорту быстрого обратного перемещения электродвигатель включается; вал ротора, вращаясь с повышенной частотой, опережает выходной вал коробки подач.

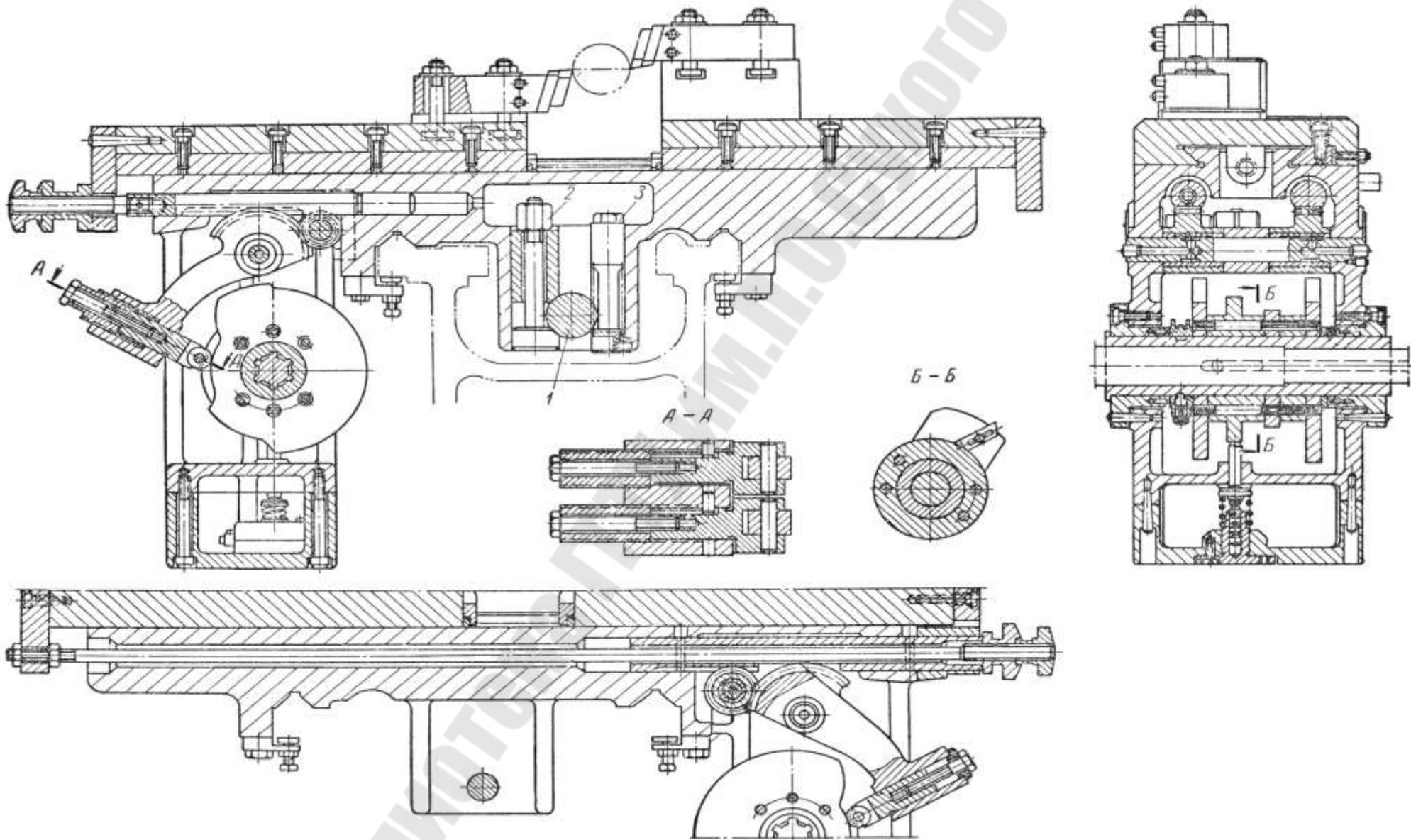


Рисунок 29 – Эскиз суппорта токарного полуавтомата модели КТ-15

Каретка суппорта получает продольное перемещение с помощью штока *1* (рис. 29) и ролика, который входит в винтовой паз цилиндрического кулака. Для автоматического цикла работы каретку закрепляют на штоке *1* двусторонним зажимом, вращая гайку *2*, каретка при наладке станка перемещается от зубчатого колеса *3*, широкие зубья которого находятся в постоянном зацеплении с зубьями штока *1*; при этом гайка *2* зажима должна быть отпущена.

Шпиндельная бабка, редуктор подач и каретка смазываются от индивидуальных плунжерных насосов через распределители. Смазка механизмов редуктора скоростей и коробки подач – разбрызгиванием. Остальные трущиеся поверхности смазываются с помощью индивидуальных масленок.

Станок снабжен индивидуальным электронасосом для охлаждения при работе резцами из быстрорежущей стали.

## **6 СТАНКИ ДЛЯ ФРЕЗЕРОВАНИЯ СТРУЖЕЧНЫХ КАНАВОК**

Операции фрезерования стружечных канавок или пазов под ножи (у сборного инструмента) являются основными формообразующими операциями при производстве многолезвийного режущего инструмента. Именно на этих операциях получается наибольший экономический эффект при использовании специализированных станков.

Эти операции, а следовательно, и специализированные станки характеризуют следующие особенности:

1. Сложность цикла обработки. Количество переходов доходит до 12, а общее число движений рабочих органов в цикле обработки в зависимости от числа зубьев может достигать  $400 \div 500$ .

2. Обработка, как правило, ведется одновременно на нескольких позициях станка (от 2 до 8).

3. Для обработки используется фасонный специальный инструмент, установка которого относительно изделий представляет известные трудности.

4. Высокие требования к точности обработки инструмента и шероховатости его поверхности.

5. Высокие требования к жесткости станка и плавности перемещений его рабочих органов в связи с многопозиционностью обработки и повышенной точностью изделия.

Цикл обработки канавок, как правило, состоит из следующих движений:

- 1) зажим изделия в центрах или патроне;
- 2) быстрый подвод детали к инструментам (в направлении оси детали – продольный ход, на глубину резания – поперечный ход; эти движения часто совмещаются во времени);
- 3) рабочая подача (иногда с одновременным изменением глубины резания);
- 4) отвод инструмента от детали – в поперечном направлении;
- 5) быстрый отвод детали в продольном направлении в исходное положение;
- 6) деление (движения отвода и деления часто совмещаются);

7) остановка в исходном положении.

Далее движения повторяются до окончания обработки всех канавок, после чего следует раскрепление деталей и остановка станка.

При неравномерном шаге канавок применяются две схемы обработки:

1. Обработка каждой из канавок за один проход. Схемы последовательного положения инструмента и детали в процессе такой обработки представлены на рис. 30, а. Расчет величины  $\Delta h_n$  – разности межосевого расстояния инструмента и изделия и углов  $\Theta_n$  – переменных углов деления производится исходя из заданной схемы расположения канавок (центрального угла  $\varphi_n$ ) и условия сохранения постоянной ширины ленточек на всех зубьях  $f$ . Эти расчеты для случая обработки прямозубых инструментов общеизвестны. Для обработки же винтовых канавок специальными фасонными фрезами параметры  $\Delta h_n$ ,  $\Theta_n$  можно получить только одновременно с профилированием специальных канавочных фрез или же они должны быть получены по приближенным формулам и затем скорректированы по пробным проходам.

2. Обработка канавок ведется за два полуцикла (рис. 30, б–г).

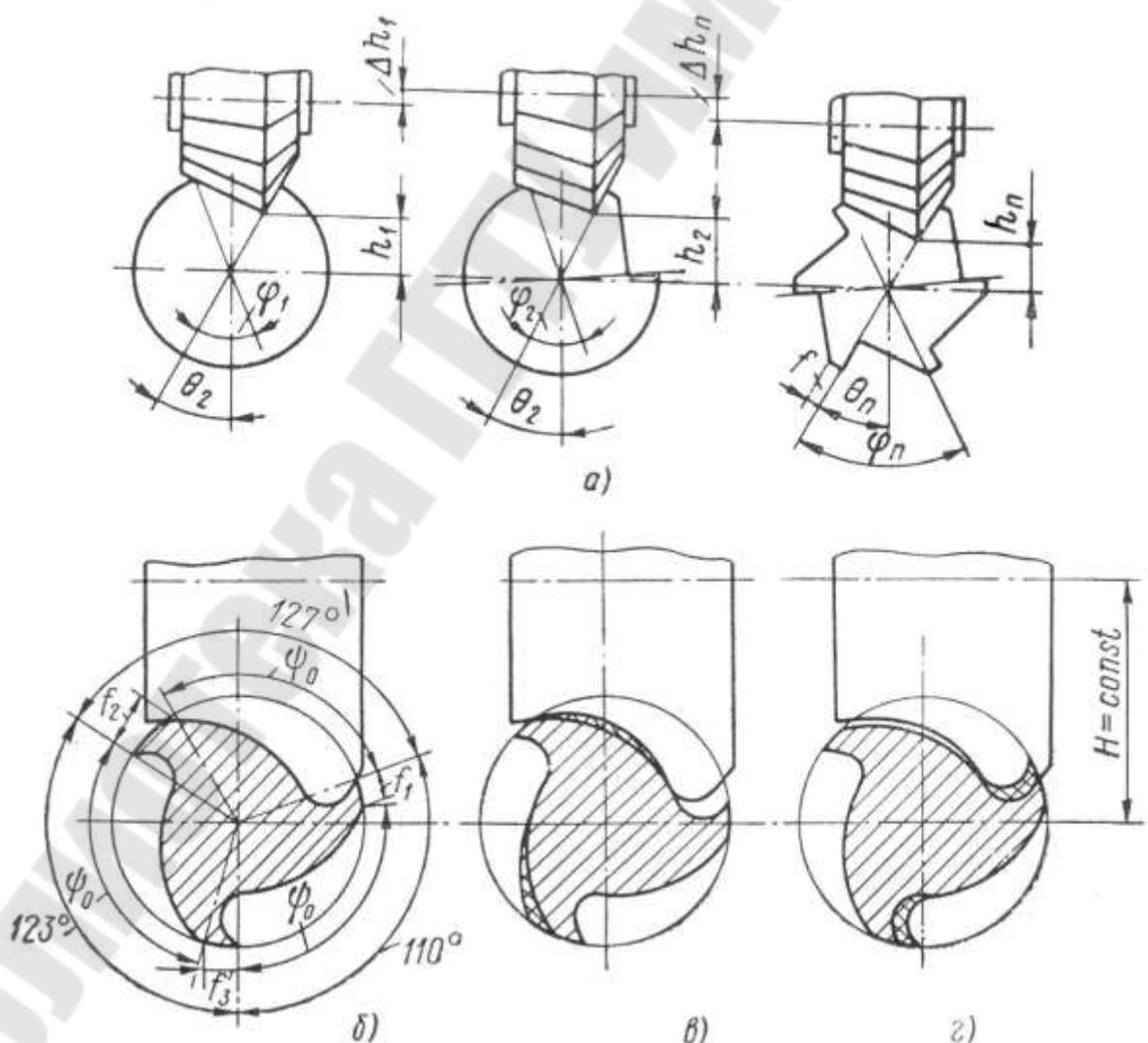


Рисунок 30 – Схемы обработки стружечных канавок многозубого инструмента с неравномерным угловым шагом зубьев: а – за один цикл; б – г – за два полуцикла

По этой схеме вначале фрезеруются все канавки с наименьшим центральным углом  $\psi_0$ . Ширина ленточек при этом получается самая разнообразная ( $f_1 \neq f_2 \neq \dots \neq f_n$ ). Затем, во втором полуцикле, осуществляется дополнительная обработка канавок для зубьев, где центральный угол превышает угол  $\psi_0$ . Обработка может производиться как со стороны передней поверхности (рис. 30, *з*), так и со стороны спинки (рис. 30, *в*). Обработка производится для получения ленточек одинаковой ширины ( $f_1 = f_2 = \dots = f_n$ ). Расстояние между осями инструмента и изделия при работе по данной схеме остается неизменным, однако число переходов, а следовательно, и длительность цикла, увеличиваются.

Так как количество инструментов, имеющих прямолинейные канавки или пазы, велико, а станки для обработки винтовых канавок сложны, то целесообразно иметь специализированные станки, служащие для обработки только прямых канавок или пазов, и станки для обработки только винтовых канавок. Однако для заготовок инструмента малого диаметра (до 20 мм) целесообразно в отдельных случаях иметь единую базовую модель с модификациями для обработки прямых или винтовых канавок.

### **6.1. Специальный полуавтомат для фрезерования винтовых канавок модели СИ-017**

Полуавтомат предназначен для высокопроизводительного фрезерования стружечных винтовых канавок (правых и левых) на заготовках инструмента. Профиль канавок определяется профилем рабочей фрезы и ее расположением относительно обрабатываемой заготовки. Станок выпускается с наладками для фрезерования концевых фрез (основной вариант исполнения, описываемый ниже), шпоночных фрез, зенкеров, разверток, котельных разверток. Обрабатываемые заготовки (четыре или две одновременно) закрепляются в зажимах шпиндельной бабки и стойки, установленных на столе, который может разворачиваться под углом, близким к углу наклона винтовых канавок. Главное движение – вращение фрез (четыре или двух в зависимости от количества одновременно обрабатываемых заготовок). Заготовкам сообщается вращение и продольное перемещение подачи, которые связаны кинематически так, чтобы за один оборот заготовки последняя переместилась в продольном направлении на шаг винтовой канавки. После окончания обработки одной канавки заготовки поворачиваются на угловой шаг для обработки следующей канавки.

*Работа станка в полуавтоматическом режиме* осуществляется в следующей последовательности. Обрабатываемые заготовки устанавливаются вручную между центрами стойки 6 (рис. 31) и поводковыми патронами шпиндельной бабки, пиноли которой отводятся с помощью рукояток 4. Далее включается кнопка «Цикл» и стол быстро перемещается вперед (обрабатываемые изделия вращаются быстро). После включения вращения фрез бабка опускается, а стол начинает перемещаться со скоростью рабочей подачи (обрабатываемые заготовки при этом вращаются медленно). По окончании фрезерования фрезы поднимаются, стол отводится и одновременно производится деление

обрабатываемых изделий на угловой шаг. Далее цикл обработки повторяется до тех пор, пока изделие не будет полностью обработано.

Привод главного движения вращения шпинделя 2 с фрезами 1 (рис. 32) осуществляется от электродвигателя 3 через шкивы  $D_1$  и  $D_2$  и зубчатые колеса  $a$ ,  $b$ ,  $z_1$ , и  $z_2$ . Шпиндель 2 полуавтомата может иметь четыре скорости вращения, устанавливаемые при помощи сменных зубчатых колес  $a$  и  $b$ . Уравнение кинематического баланса:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \frac{D_1 a z_1}{D_2 b z_2}, \text{ об/мин.}$$

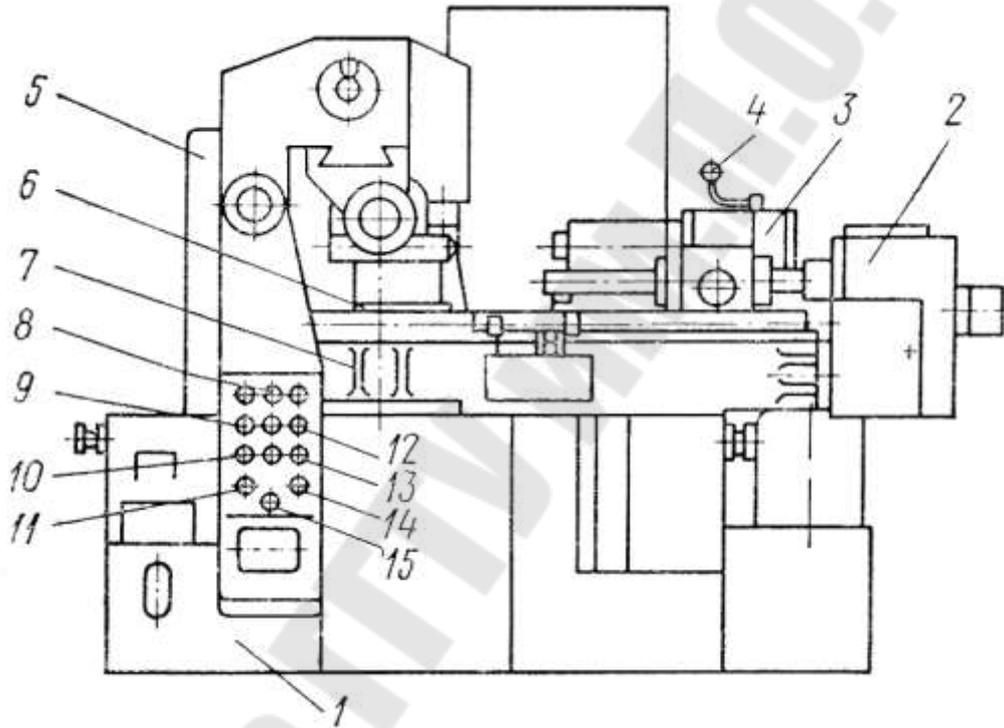


Рисунок 31 – Эскиз специального фрезерного полуавтомата модели СИ-017: 1 – станина; 2 – механизм подачи стола; 3 – шпиндельная бабка; 4 – рукоятка отвода шпиндельной бабки; 5 – фрезерная бабка; 6 – стойка; 7 – стол; 8 – лампочка «Напряжение»; 9 – кнопка «Насос»; 10 – кнопка «←»; 11 – переключатель «Зажим–Отжим»; 12 – кнопка «Цикл»; 13 – кнопка «→»; 14 – переключатель режим работы; 15 – кнопка «Стоп»

Гидропривод полуавтомата обеспечивает подвод и отвод фрезерной бабки, поджим обрабатываемых заготовок, рабочую подачу, быстрые подвод и отвод стола, деление и выбор зазоров в резьбе пары ходовой винт–гайка стола и вращение заготовок.

Быстрый подвод, рабочая подача и быстрый отвод стола производятся от гидродвигателя 5 с помощью зубчатых колес  $z_3$ ,  $z_4$ ,  $z_5$ ,  $z_6$  и пары ходовой винт–гайка стола:

$$n_{об.мин} = \frac{z_{16}}{z_{17}} \cdot \frac{z_{15}}{z_{14}} \cdot \frac{z_{13}}{z_{12}} \cdot \frac{z_{11}}{z_{10}} \cdot \frac{d_1}{c_1} \cdot \frac{z_5}{z_6} \cdot P_{м.м/об.мин}$$

Для фрезерования винтовых канавок пиноли при продольном перемещении получают вращение от ходового винта через зубчатые колеса  $z_8, z_9$ , гитару сменных колес  $a_1, b_1, c_1, d_1$ , зубчатые колеса  $z_{10}, z_{11}$ , дифференциал (передаточное отношение 1:1), коническую пару  $z_{14}/z_{15}$  и червячные пары. Коническая пара является реверсом для изменения направления вращения заготовок в зависимости от направления винтовой канавки (правая или левая).

$$n_{пиноли} = n_{дв} \frac{z_6}{z_5} \frac{z_8}{z_9} \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} \frac{z_{10}}{z_{11}} \frac{z_{12}}{z_{13}} \frac{z_{14}}{z_{15}} \frac{z_{16}}{z_{17}}, \text{ об/мин.}$$

Деление заготовок 4 на заданный угол осуществляется при быстром перемещении стола назад и управляется двумя дисками: делительным 14 ( $z = 27$ ) и командным 18, число зубьев которого зависит от числа канавок на обрабатываемой заготовке и выбранной схемы обработки (рис. 30). При движении стола назад гидроцилиндр 16 освобождает делительный 14 и командный 18 диски, а пружина 13 посылает толкатель вперед. При этом рычаг 11 прижимает колодку к тормозному диску вала 10. В этот момент вращение от гидродвигателя 5 будет передаваться через дифференциал на вал делительного диска 14, а через зубчатую пару 8 и червячную передачу – на вал командного диска 18 (9) (цепь вращения пинолей отключена).

Грубый отсчет поворота диска 14 деления осуществляется рычагом 17 командного диска 18. При повороте диска 18 на один шаг рычаг под действием пружины 13 заскакивает в его паз. Одновременно фиксатор 15 под действием этой же пружины вводится в один из пазов делительного диска 14, осуществляя фиксацию делительного диска с повышенной точностью за счет увеличенного числа зубьев последнего. При этом рычаг 11 под действием пружины 12 освобождает вал 6, который снова начинает вращать пиноли изделий.

Гидроцилиндр 19 в верхнем положении фрезерной бабки с помощью шестерни 20 и собачки 29 поворачивает упорный диск 28 с торцовыми выступами, высота которых определяет глубину фрезерования каждой канавки. При опускании фрезерной бабки гидроцилиндром 21 винт 27 упирается в выступы диска 28 и тормозит его, после чего цилиндр 19 возвращает собачку 29 в исходное положение, подготавливая поворот упорного диска в очередную позицию.

*При наладке станка необходимо:* 1) установить требуемое число оборотов шпинделя путем замены сменных шестерен (выбираются по таблице, закрепленной на фрезерной бабке); 2) выбрать требуемую скорость подачи стола; 3) установить кулачки стола в зависимости от размеров обрабатываемой заготовки; 4) развернуть поворотную часть стола на угол, необходимый для обработки винтовой канавки, и закрепить стол; 5) настроить гитару механизма

подачи стола на шаг винтовой канавки (в соответствии с чертежом); б) установить командный диск в соответствии с числом канавок заготовки и выбранной схемой обработки (рис. 30); 7) отрегулировать синхронную работу фиксаторов делительного и командного дисков и тормозного устройства; 8) ввести фрезерную оправку в шпиндель (на оправке отрегулировать положение фрез в соответствии с положением обрабатываемых заготовок), установить и закрепить подвески; 9) определить глубину фрезерования с помощью маховика по контрольной оправке и диска установки фрез по глубине.

При выборе схемы обработки необходимо учитывать, что получение канавок с неравномерным угловым шагом не всегда может быть осуществлено за счет установки фрез по глубине, поэтому в ряде случаев приходится работать по схеме с постоянным положением фрез по глубине и переменным угловым положением заготовки при обработке. В последнем случае изделие после каждого прохода поворачивается на угол, величина которого устанавливается в зависимости от размеров канавок.

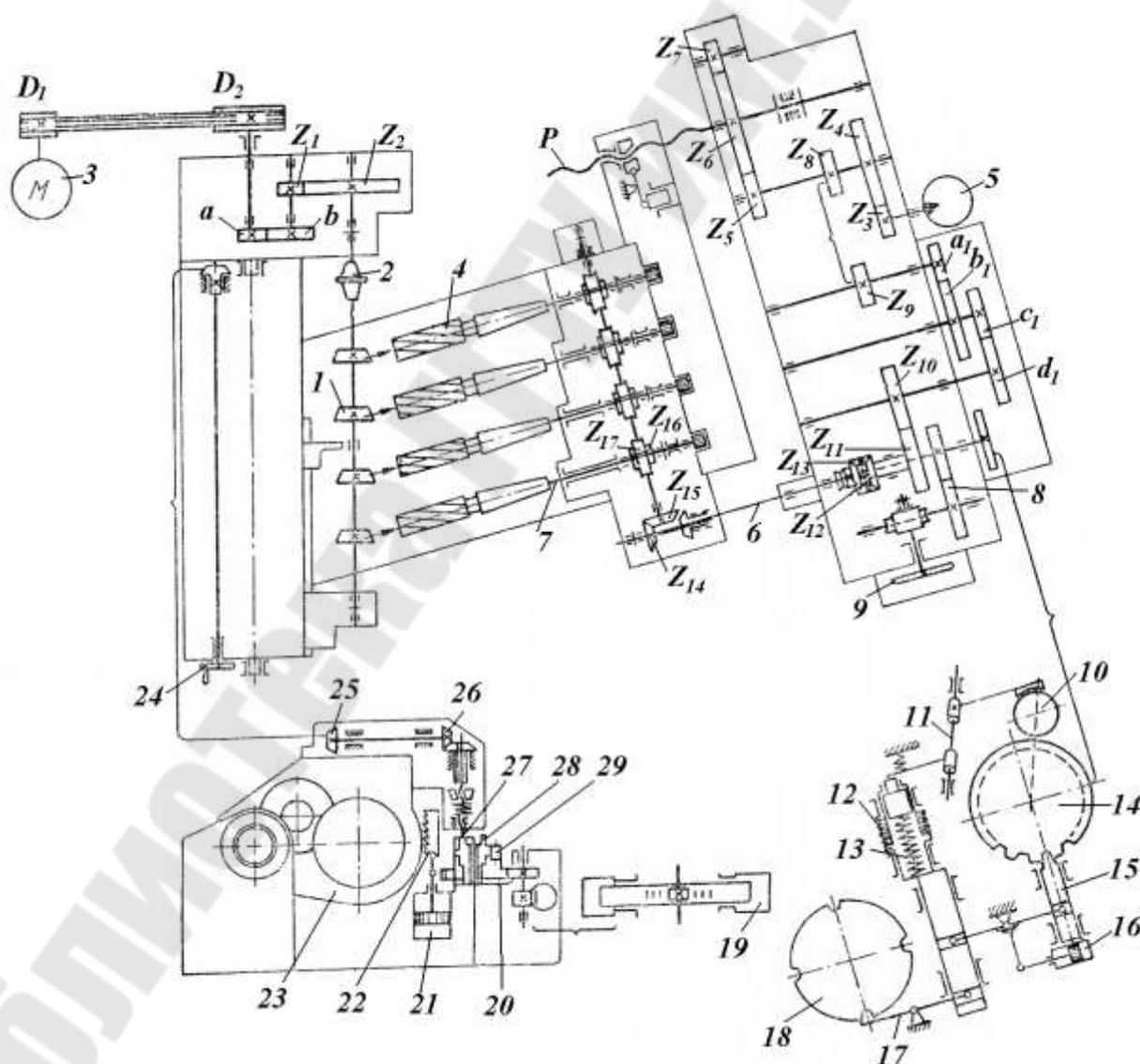


Рисунок 32 – Кинематическая схема полуавтомата модели СИ-017

## 7 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВИНТОВЫХ СВЕРЛ

Винтовые сверла являются наиболее массовым и многономенклатурным видом инструмента. Кроме широко распространенных сверл общего назначения, в промышленности используется большая группа сверл специального назначения. Однако винтовые сверла как общего, так и специального назначения содержат общие конструктивные элементы, например, винтовые стружечные канавки, спинки, ленточки, задние поверхности. Все эти элементы на сверлах еще с XIX в. выполняются на специальных сверлофрезерных, сверлозачточных и других станках.

Для изготовления винтовых канавок и затылования зуба (снятия затылков) в зависимости от типов сверл и масштабов производства используются следующие способы: фрезерование, глубинное шлифование, продольно-винтовой прокат.

*Станки для фрезерования канавок и снятия затылков у сверл* занимают видное место в инструментальном производстве, так как эти операции весьма ответственны и трудоемки. Для их выполнения могут использоваться как универсально-фрезерные станки, так и специальные автоматы и полуавтоматы.

Фрезерование канавок и затылков зуба сверл на универсально-фрезерных станках производится отдельно. Применением специальных многоместных приспособлений для фрезерования канавок сверл на универсально-фрезерных станках достигается значительное увеличение производительности на этой операции.

На существующих специальных станках для фрезерования канавки и снятия затылка режущей кромки сверла применяют следующие способы:

- а) фрезерование одной канавки и одного затылка одновременно;
- б) фрезерование одновременно двух канавок, затем двух затылков;
- в) раздельное фрезерование канавок, затем одновременное двух затылков;
- г) одновременное фрезерование двух канавок и двух затылков.

Станки, работающие по методу фрезерования одновременно двух канавок, а затем двух затылков, имеют существенный недостаток: профрезерованные на сверле канавки могут оказаться расположенными несимметрично в результате неточной установки фрез.

Станки, работающие по методу одновременного фрезерования только одной канавки и одного затылка, от не имеют этого недостатка. Расположение канавок в этом случае зависит только от делительного механизма, который обеспечивает достаточную точность деления. Однако при этом методе нельзя обеспечить наиболее выгодные режимы обработки для обеих фрез – канавочной и затылочной, так как условия их работы сильно различаются. В этом случае подача выбирается по более нагруженной фрезе – канавочной.

Этого недостатка не имеет метод отдельного фрезерования одновременно двух канавок, а затем двух затылков. Подача при этом может быть выбрана в соответствии с глубиной фрезерования, в результате чего работа производится в более выгодных условиях.

Метод фрезерования отдельно каждой канавки, а затем одновременно обоих затылков исключает указанные здесь недостатки. Конструкция станка и установка фрез при этом способе работы значительно упрощаются.

Наиболее распространенными станками для фрезерования сверл являются специальные автоматы и полуавтоматы, которые одновременно фрезеруют одну канавку и один затылок, с последующим делением заготовки.

### **7.1. Специальный сверлофрезерный автомат модели СИ-031**

Автомат предназначен для фрезерования канавок и затылков зуба правосторонних сверл диаметром  $2 \div 10$  мм с цилиндрическим хвостовиком как общего, так и специального назначения.

Принцип работы станка состоит в следующем. Заготовка сверла своим хвостовиком закрепляется в цанге горизонтального шпинделя. Профильным фрезам (канавочной и затылочной) сообщается главное вращательное движение. Заготовка сверла перемещается в направлении своей оси и вращается вокруг этой оси так, что за один оборот сверло перемещается на шаг винтовой канавки. За один продольный ход обрабатываются одна канавка и один затылок, затем заготовка возвращается в исходное положение, производится поворот ее на  $180^\circ$  и далее обрабатываются вторые канавка и затылок. В процессе фрезерования обрабатываемая часть заготовки поддерживается люнетом.

При обработке заготовок спиральных сверл, у которых глубина канавки уменьшается по направлению к хвостовику (толщина сердцевины увеличивается), канавочной фрезе в процессе обработки сообщается дополнительное перемещение – отвод фрезы от оси заготовки.

Цикл работы станка полностью автоматизирован и состоит в последовательном выполнении ряда движений: перенос заготовки на линию центров станка и отвод лотков разгрузочного устройства; ввод

заготовки хвостовиком в зажимную цангу шпиндельной бабки и зажим ее; отвод рычагов питателя; быстрый подвод шпиндельной бабки с заготовкой и подвод вращающихся фрез; продольная рабочая подача шпиндельной бабки с заготовкой и вращение последней; фрезерование одной канавки и одного затылка; отвод бабки, деление и фрезерование второй канавки и второго затылка; медленный подъем головки канавочной фрезы для образования на заготовке винтовой канавки переменной глубины; отвод фрез; быстрый отвод шпиндельной бабки с заготовкой; подвод лотков разгрузочного устройства; разжим цанги и выталкивание заготовки в лотки разгрузочного устройства и т. д.

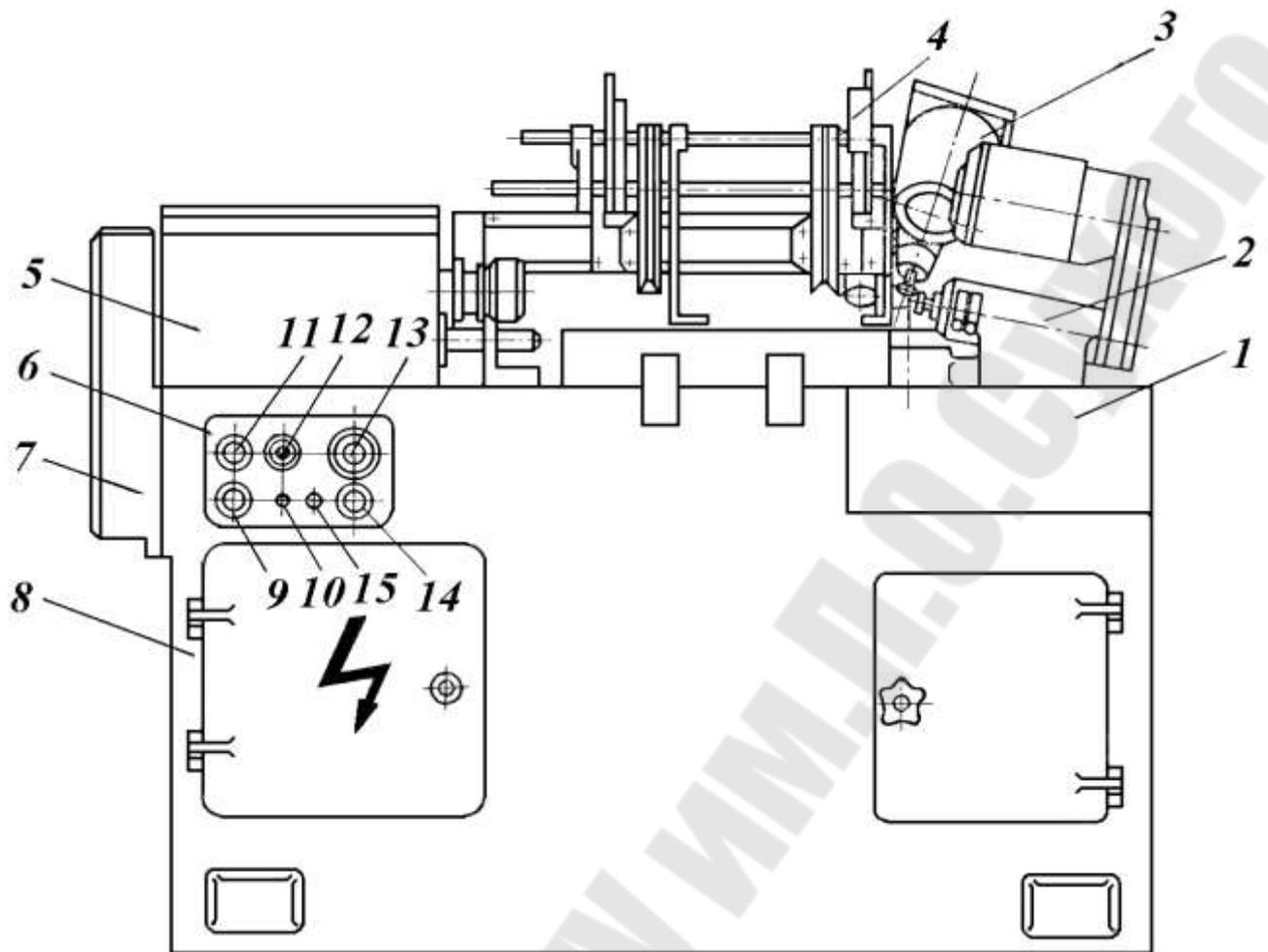


Рисунок 33 – Эскиз специального сверлофрезерного автомата модели СИ-031:  
 1 – основание фрезерных головок; 2 – затыловочная фрезерная головка;  
 3 – канавочная фрезерная головка; 4 – магазин с питателем и разгрузочным устройством; 5 – шпиндельная бабка; 6 – пульт управления; 7 – коробка подачи;  
 8 – станина; 9 – кнопка «Стоп»; 10 – переключатель «Зажим–Отжим»;  
 11 – лампочка «Напряжение»; 12 – переключатель режим работы; 13 – кнопка «Пуск гидронасоса»; 14 – кнопка «Цикл»; 15 – переключатель «Вперед–Назад»

### ***Краткая техническая характеристика автомата***

Размер обрабатываемой заготовки, мм:

диаметры ..... 2 ÷ 10

длина ..... 75 ÷ 500

длина рабочей части ..... до 465

Угол наклона винтовой канавки, град ..... 15 ÷ 45

Частота вращения шпинделя, об/мин:

канавочной фрезерной головки ..... 360, 470, 680, 795, 1160

затыловочной фрезерной головки .. 630, 735, 1170, 1520, 1890, 2360

Наибольшее продольное перемещение шпиндельной бабки, мм ..... 530

Скорость быстрого перемещения шпиндельной бабки, мм/мин ..... 2000

Скорость рабочей подачи шпиндельной бабки

(регулируется бесступенчато), мм/мин ..... 100 ÷ 300  
 Электродвигатель вращения шпинделя канавочной головки:  
 мощность, кВт ..... 0,6  
 частота вращения, об/мин ..... 1370  
 Электродвигатель вращения шпинделя затыловочной головки:  
 мощность, кВт ..... 0,27  
 частота вращения, об/мин ..... 1400  
 Электродвигатель для привода гидронасоса:  
 мощность, кВт ..... 1,5  
 частота вращения, об/мин ..... 1400  
 Габаритные размеры, мм ..... 1690 × 840 × 1390  
 Гидрокинематическая схема автомата показана на рис. 34.

Привод главного движения осуществляется от индивидуальных электродвигателей  $M1$  и  $M2$  для канавочной и затыловочной фрез.

Вращение шпинделю  $16$  канавочной фрезы  $18$  передается от электродвигателя  $M1$  через зубчатые колеса  $Z_{14}/Z_{15}$  и сменные колеса  $c/d$ . Уравнение кинематического баланса:

$$n_{к.ф\phi} = n_{дв} (1370) \frac{z_{14}}{z_{15}} \frac{c}{d}.$$

Вращение шпинделю  $24$  затыловочной фрезы  $22$  передается от электродвигателя  $M2$  через зубчатые колеса  $Z_{25}/Z_{26}$  и сменные колеса  $e/f$ . Уравнение кинематического баланса:

$$n_{зат.фр} = n_{дв} (1400) \frac{z_{25}}{z_{26}} \frac{e}{f}.$$

Работа остальных механизмов станка осуществляется с помощью гидропривода.

Гидроцилиндром  $Ц3$  обеспечивается подвод лотков загрузочного устройства, разжим–зажим заготовки – гидроцилиндром  $Ц1$ , загрузка заготовки – гидроцилиндром  $Ц2$ . Гидроцилиндрами  $Ц4$  и  $Ц5$  осуществляется подвод–отвод канавочной и затыловочной фрезерных головок соответственно. Вращение шпинделя с заготовкой  $11$  осуществляется при включенной муфте  $12$  от гидродвигателя  $1$  через зубчатые колеса  $Z_4/Z_5$ , винт  $6$  (сообщающий шпиндельной бабке продольное перемещение), сменные шестерни  $a/b$ , коническую передачу  $Z_7/Z_8$  и червячную передачу  $Z_{10}/Z_9$ . Уравнение кинематического баланса:

$$n_{шп} = n_{гидр.дв} \frac{z_4}{z_5} \frac{a}{b} \frac{z_7}{z_8} \frac{z_{10}}{z_9}, \text{ об/мин.}$$

Следовательно, перемещение шпиндельной бабки:

$$S_{\text{шп.бабки}} = 1_{\text{об.шп}} \frac{z_9}{z_{10}} \frac{z_8}{z_7} \frac{b}{a} p_6, \text{ мм/об.}$$

где  $p_6$  – ход винта б.

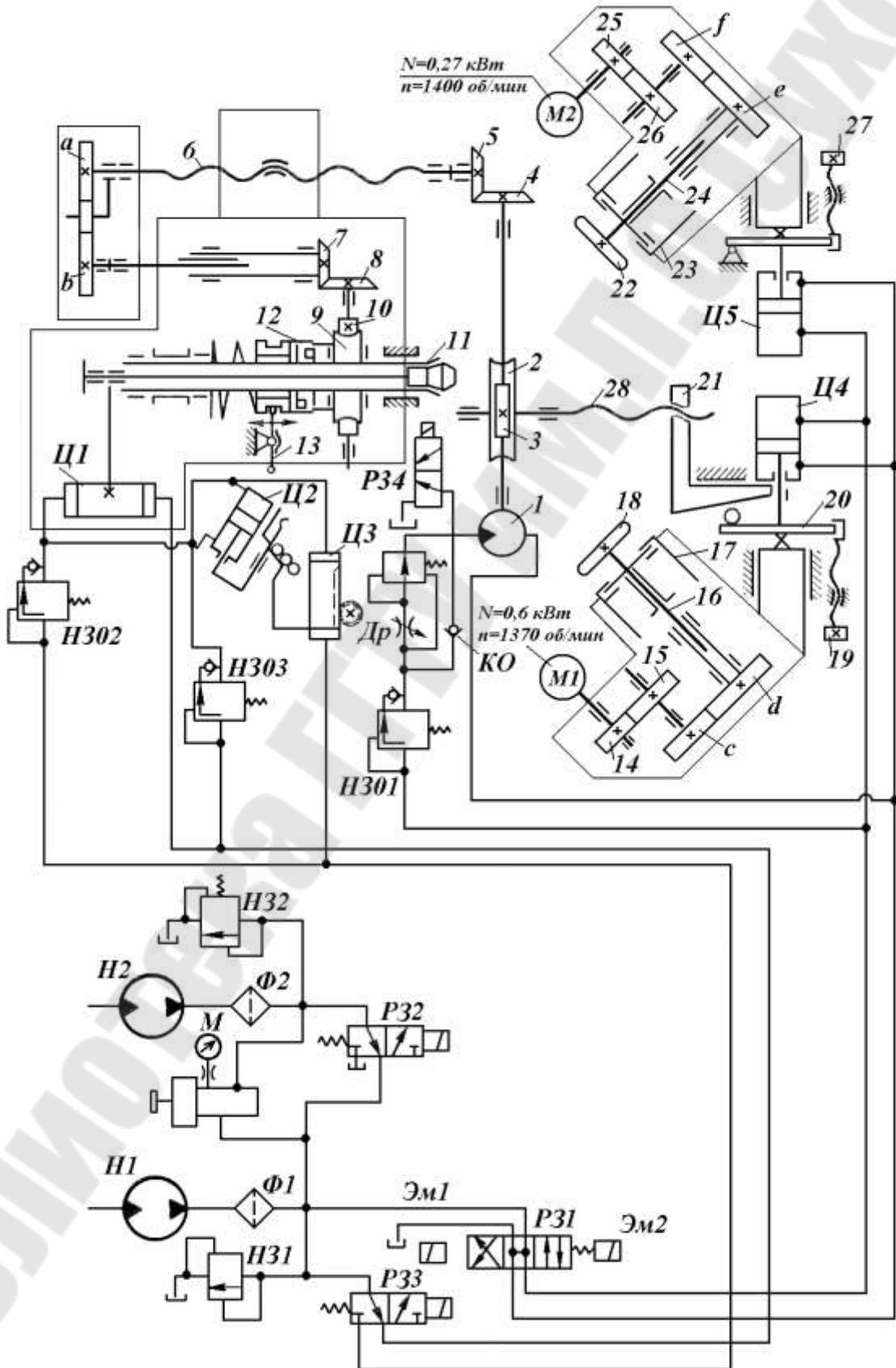


Рисунок 34 – Гидрокинематическая схема автомата модели СИ-031

Для обработки канавки переменной глубины от гидродвигателя 1 через червячную передачу  $Z_2/Z_3$  получает вращение винт 28, перемещающий гайку с клином 21, который с помощью рычага 20 постепенно отводит корпус канавочной фрезерной головки от заготовки.

Увеличение диаметра сердцевины сверла:

$$\Delta d = 2 \cdot p_6 \frac{z_5}{z_4} \frac{z_2}{z_3} p_{28} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ мм}$$

где  $p_6$  – ход винта 6;  $p_{28}$  – ход винта 28;  $\alpha$  – угол профиля клина.

Движение деления заготовки для фрезерования второй канавки и затылка сверла происходит во время отвода шпиндельной бабки. Упор станины отключает муфту 12 через рычаг 13, шпиндель с заготовкой прекращает вращение (начинается деление), а шпиндельная бабка продолжает движение. Рычаг 13 освобождается и муфта 12 под действием пружины снова приводит во вращение шпиндель с заготовкой (деление закончилось).

Наладка и настройка станка производятся при установке переключателя режимов работы в положение «Наладка».

При наладке в шпиндель 11 шпиндельной бабки (рис. 34) устанавливается цанга, соответствующая диаметру обрабатываемого сверла. Рычаги питателя, магазин и лотки разгрузочного устройства переставляются в соответствии с длиной обрабатываемой заготовки и ее диаметром. На основании фрезерных головок устанавливается букса-люнет с диаметром отверстия, соответствующим диаметру заготовки. Сменными шестернями  $a/b$  коробки подачи настраивается шаг обрабатываемой винтовой канавки:

$$\frac{a}{b} = \frac{p_6 z_9 z_8}{p z_{10} z_7},$$

где  $p$  – шаг обрабатываемой винтовой канавки.

Упорами шпиндельной бабки устанавливаются длина быстрого хода и длина рабочего хода. Канавочная фрезерная головка для устранения подрезания профиля при фрезеровании разворачивается вокруг оси колонки основания на угол, больший угла наклона винтовой канавки (на  $2 \div 3^\circ$ ).

На шпиндели фрезерных головок устанавливаются профильные фрезы, положение которых относительно обрабатываемой заготовки регулируется перемещением пинолей 17 и 23 вдоль своих осей. Диаметр сердцевины сверла устанавливается упором 19, а диаметр затылка – упором 27. Скорость резания настраивается сменными колесами  $c/d$  и  $e/f$ . Увеличение диаметра сердцевины сверла (уменьшение глубины канавки) принимается для стандартных сверл равным 1,4 мм на 100 мм длины сверла и устанавливается профилем клина 21.

При обработке заготовок из быстрорежущих сталей фрезами из сталей P18, P12, P6M5 рекомендуется выбирать скорость резания, равной  $30 \div 40$

м/мин, а подачу –  $0,05 \div 0,08$  мм/зуб. Эти режимы должны уточняться в зависимости от конкретных условий обработки.

## 7.2. Специальный сверлофрезерный полуавтомат модели 6В-4М

Полуавтомат предназначен для фрезерования канавок и спинок спиральных сверл общего назначения диаметром  $6 \div 23$  мм как с цилиндрическим, так и коническим хвостовиком.

При работе станка заготовка сверла своим хвостовиком закрепляется в цанге вертикального шпинделя. Фасонным фрезам сообщается вращательное движение. При этом заготовка сверла перемещается в вертикальном направлении вдоль своей оси и поворачивается вокруг нее так, что за один оборот она перемещалась на шаг винтовой канавки. За один двойной (вниз и вверх) ход обрабатывается одна канавка и одна спинка, после чего производятся деление и обработка следующей канавки и спинки. В процессе фрезерования обрабатываемая часть заготовки поддерживается буксой-люнетом. Для обработки винтовых канавок с переменной по длине глубиной, канавочной фрезе в процессе обработки сообщается дополнительное движение – медленный отвод от заготовки.

Основное исполнение станка предусматривает изготовление сверл с правым направлением винтовых канавок.

Кроме основного исполнения выпускается ряд модификаций станка: для обработки заготовок сверл с левым направлением винтовой канавки; для обработки сверл с углом наклона винтовой канавки, равным  $20^\circ$  и др.

Общий вид специального полуавтомата модели 6В-4М приведен на рис. 35.

### *Краткая техническая характеристика полуавтомата*

Размеры обрабатываемой заготовки, мм:

диаметр .....  $6 \div 23$   
длина .....  $140 \div 320$

Угол наклона винтовых канавок, град .....  $26 \div 30$

Частота вращения, об./мин:

шпинделя канавочной головки ..... 200, 285  
спиночной головки ..... 400, 560

Шпиндельная бабка:

наибольшее вертикальное перемещение, мм ..... 425  
скорость быстрого перемещения, мм/мин ..... 1600  
скорость рабочей подачи, мм/мин .....  $40 \div 700$

Электродвигатель вращения шпинделя канавочной головки:

мощность, кВт ..... 0,8  
частота вращения, об/мин ..... 1900

Электродвигатель вращения шпинделя затыловочной головки:

мощность, кВт ..... 0,6

частота вращения, об/мин.....	1400
Габаритные размеры станка, мм	1165 × 1200 × 2400

Гидрокинематическая схема полуавтомата модели 6В-4М приведена на рис. 36.

Вращение шпинделя 11 затыловочной фрезы осуществляется от электродвигателя через пару зубчатых колес Z15/Z16 и сменные зубчатые колеса a/b.

Вращение шпинделя 12 канавочной фрезы осуществляется от электродвигателя через пару зубчатых колес Z14/Z13 и сменные зубчатые колеса c/d.

Уравнение кинематического баланса:

$$n_{\text{зат.фр}} = n_{\text{дв}} (1400) \frac{z_{15} a}{z_{16} b}, \quad n_{\text{к.фр}} = n_{\text{дв}} (1900) \frac{z_{14} c}{z_{13} d}$$

Движение всех остальных механизмов обеспечивается гидроприводом станка.

Полуавтоматический цикл работы предусматривает ручную загрузку и выгрузку заготовки сверла и автоматическую работу станка в следующей последовательности: ускоренный подвод заготовки и подвод фрезерных головок в рабочее положение; рабочая подача шпиндельной бабки; отвод фрезерных головок; быстрый отвод заготовки и деление; быстрый подвод заготовки и установка фрезерных головок в рабочее положение; рабочая подача шпиндельной бабки; отвод фрезерных головок; быстрый отвод заготовки и деление; остановка станка для разгрузки и загрузки.

Вертикальное перемещение шпиндельной бабки осуществляется от гидродвигателя 1, передающего вращение через пару сменных шестерен e/f и червячную пару Z5/Z4 гайке б ходового винта 7, закрепленного в стойке. Одновременно вращение передается на шпиндель 8 через червячную пару Z2/Z3 (при включенной полумуфте M1). Уравнение кинематического баланса:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{гидр.дв}} \frac{z_2}{z_3}, \text{ об/мин.}$$

Следовательно, перемещение шпиндельной бабки:

$$S_{\text{шп.бабки}} = 1_{\text{об.шп}} \frac{z_3}{z_2} \frac{e}{f} \frac{z_5}{z_6} p_7, \text{ мм/об,}$$

где  $p_7$  – ход винта 7.

При подъеме шпиндельной бабки рычаг 9 отжимается скосом неподвижного упора стойки и выводит полумуфту M1 из зацепления с червячным колесом. Вращение шпинделя прекращается. При дальнейшем подъеме бабки рычаг минует упор и под действием пружины вновь входит в зацепление со вторым пазом полумуфты, смещенным на 180° относительно первого, быстрый подвод и отвод шпиндельной бабки осуществляется также гидроприводом.

Регулирование скорости подачи бабки производится дросселем 10. За-

жим и отжим заготовки – цангой при воздействии усилия, развиваемого цилиндром Ц1.

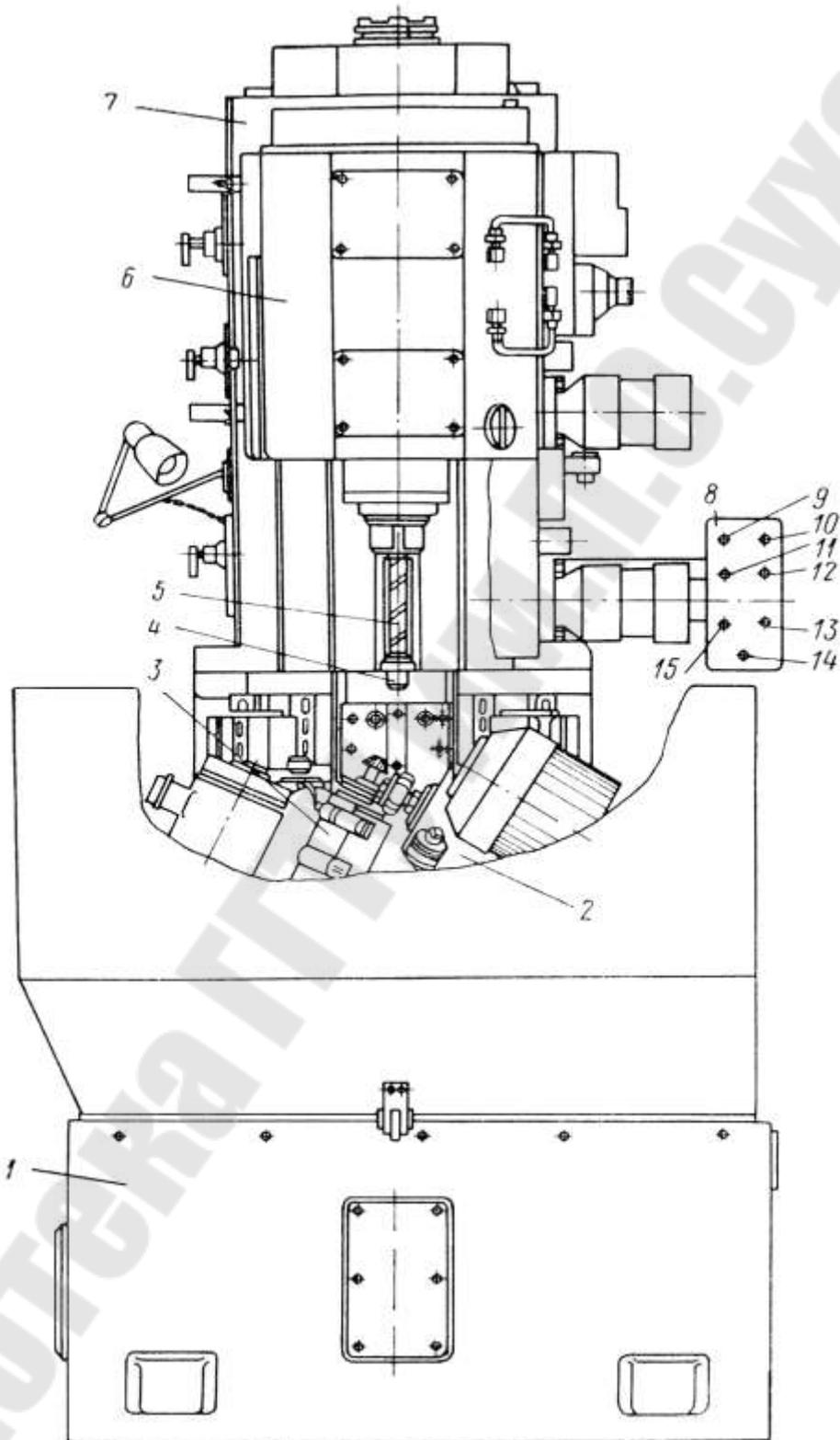


Рисунок 35 – Эскиз общего вида специального сверлофрезерного полуавтомата модели 6В-4М:

1 – основание; 2 – канавочная фрезерная головка; 3 – затыловочная фрезерная головка; 4 – люнетная стойка; 5 – заготовка сверла; 6 – шпиндельная бабка; 7 – стойка; 8 – пульт управления; 9 – кнопка «Стоп» цикла; 10 – кнопка «Цикл»; 11 – кнопка «Вверх–вниз»; 12 – кнопка «Пуск»; 13 – кнопка «Стоп» (общий); 14 – переключатель режима работы; 15 – кнопка «Зажим–Отжим» заготовки

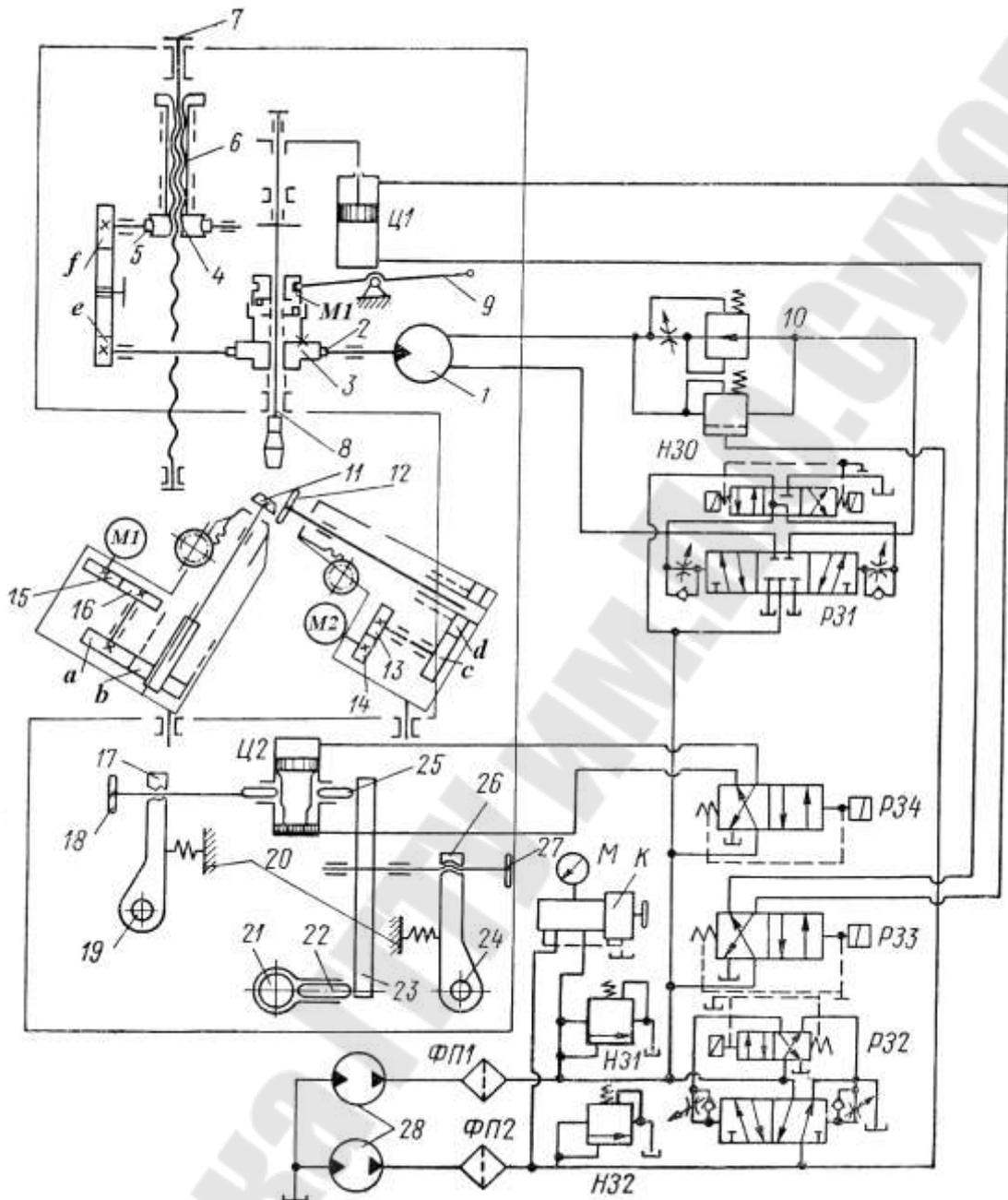


Рисунок 36 – Гидрокинематическая схема автомата модели 6В-4М

Сдвоенный лопастной насос 28 через пластинчатые фильтры  $\Phi\Pi 1$  и  $\Phi\Pi 2$  подает масло к трехпозиционному золотнику  $P31$  и золотникам  $P32$ – $P34$ . Команда на включение магнита золотника  $P32$  и переключение последнего подается на время быстрого подвода и отвода шпиндельной бабки, когда масло от насоса с большой производительностью направляется в общую магистраль. При выключенном магните золотника  $P32$  масло сливается в бак, и гидропривод питается от насоса малой производительности. При выключенном электромагните золотника  $P33$  масло направляется в бесштоковую полость цилиндра  $\text{Ц}1$ , штоковая полость которого соединяется со сливом. Происходит зажим заготовки. При включении электромагнита золотника  $P33$  масло направляется в штоковую полость цилиндра  $\text{Ц}1$ , а его бесштоковая полость соединяется со

сливом. Происходит отжим заготовки.

Быстрые подвод и отвод шпиндельной бабки происходят при включенном золотнике *P32*. При этом масло проходит через напорный золотник *H30*, включенный для обеспечения дистанционного управления и вращает гидродвигатель. Для перехода на рабочую подачу бабки золотник *P32* переключается и самозапирается золотник *H30* (вследствие падения давления в цепи дистанционного управления). Масло в гидродвигатель поступает через дроссель *10*, посредством которого регулируется скорость рабочей подачи. Для быстрого отвода шпиндельной бабки золотник *P32* вновь переключается и насос большой производительности подает масло в общую магистраль. Подвод и отвод обеих фрезерных головок осуществляется с помощью золотника *P34* и гидроцилиндра *Ц2*, шток которого своими скосами через сухари *25* и рычаги *17* и *26* поворачивает корпуса головок относительно осей *24* и *19*.

Утолщение сердцевины сверла в процессе фрезерования винтовой канавки достигается за счет воздействия клина *21*, перемещающегося вместе со шпиндельной бабкой (через сухарь *22*, рычаги *23* и *26*). на корпус канавочной фрезерной головки, которая поворачивается вокруг оси *24*, обеспечивая подъем фрезы *11*, формирующей канавку сверла.

Пружины *20* обеспечивают силовое замыкание фрезерных головок в процессе обработки. Регулирование давления в сети насоса высокой производительности осуществляется золотником *H31*, а в сети насоса низкой производительности золотником *H32*. Контроль давления производится манометром *M*, подключаемым с помощью крана *K* к одной или другой сети.

*Наладка и настройка* станка производятся при установке переключателя режимов работы в положение «Наладка».

При наладке в шпиндель *2* (рис. 36) устанавливаются цанга, а в стойку люнета – втулка, соответствующие размерам обрабатываемого сверла.

Сменными колесами *e/f* шпиндельной бабки настраивается величина шага винтовой канавки заготовки. Упорами шпиндельной бабки устанавливаются длина обработки и длина хода бабки при подводе и рабочей подаче. Упор стойки устанавливается в положение, соответствующее началу деления.

На шпинделях фрезерных головок закрепляются профильные фрезы, положение которых относительно обрабатываемой заготовки регулируется перемещениями пинолей фрезерных головок вдоль своих осей. Размер диаметров сердцевины и спинки сверла определяется вращением маховиков *18* и *27*. Скорость резания (частота вращения шпинделей канавочной и затыловочной фрезерных головок) настраивается сменными шестернями *a/b* и *c/d* и ориентировочно выбирается в пределах  $30 \div 50$  м/мин.

Величина утолщения диаметра сердцевины сверла определяется профилем клина *21* и обычно равняется 1,4 мм на 100 мм длины канавки.

### **7.3. Приспособление для фрезерования лапок хвостового инструмента**

Фрезерование лапок хвостового инструмента можно производить мето-

дом непрерывного фрезерования на вертикально-фрезерном станке с применением специального приспособления (рис. 37, а, б). Приспособление выполнено в виде круглого стола, с помощью которого можно непрерывно подводить заготовки обрабатываемого инструмента к фрезам.

Приспособление (рис. 37, б) позволяет закреплять в каждом секторе по четыре заготовки. Закрепление заготовок инструментов и снятие их после обработки производится при вращающемся столе. Рабочий поворачивает ключом головку болта 3, при этом болт подтягивает двусторонний клин 2 и перемещает по окружности вкладыши 1 и 4, расположенные по обе стороны клина 2. Вкладыши зажимают заготовки а в V-образных гнездах перемещающихся вкладышей 5. Вкладыши 5 зажимают заготовки б в V-образных пазах неподвижных вкладышей 6. Сектор 7 (рис. 37, а) не вращается; он установлен на участке, где производится крепление заготовок, и служит упором, обеспечивающим получение определенного размера фрезеруемой лапки. Фрезерование производится двумя трехсторонними фасонными фрезами, посаженными на общей оправке, закрепленной в шпинделе станка.

С помощью данного приспособления можно обрабатывать более 100 инструментов в час.

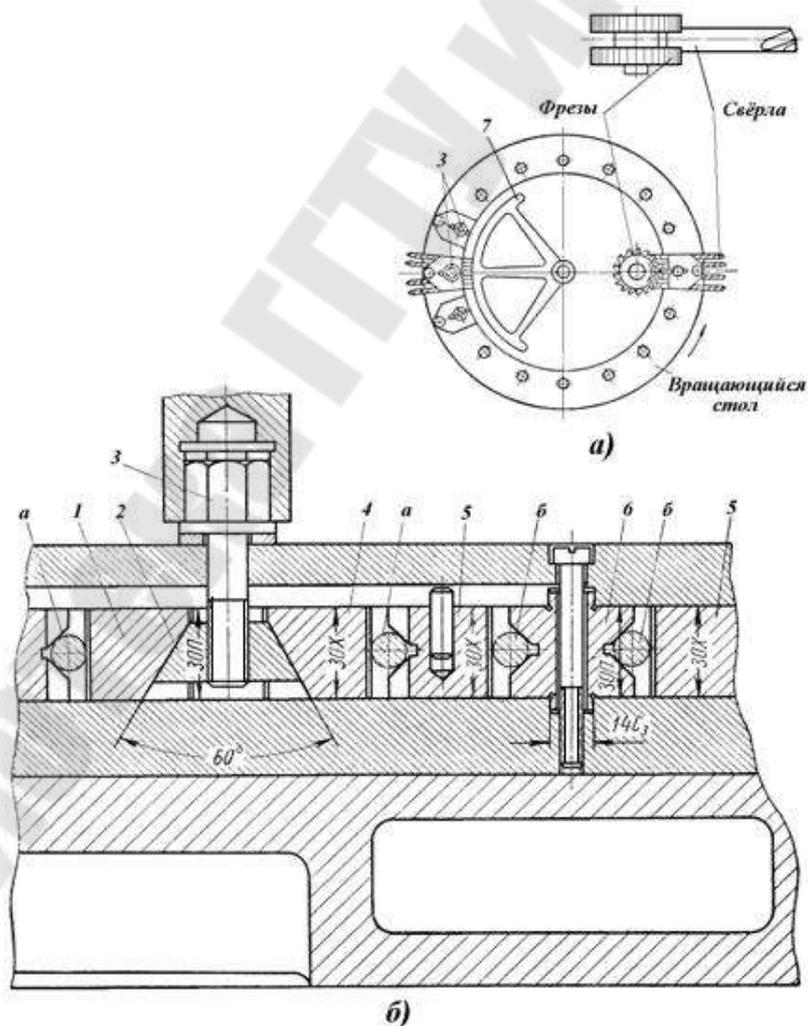


Рисунок 37 – Эскиз приспособления для фрезерования лапок хвостового инструмента

#### 7.4. Оборудование для продольно-винтового проката сверл

Широкое развитие получил метод продольно-винтового проката канавок и спинок на концевом инструменте (сверлах, фрезах, метчиках). Он осуществляется следующим образом (рис. 38).

Заготовки 3 из бункера стана поступают в лоток 2. Далее толкатель 1 проталкивает её через индуктор 4 во втулку передней проводки 5. Шарик 10, под действием пружины 11 тормозит движение заготовки 9 и она фиксируется по длине во втулке 5.

Прокатный стан может работать по прерывистому или непрерывному циклам. В первом случае время, необходимое для нагрева заготовок, значительно больше времени прокатки. Поэтому в процессе нагрева все механизмы стана отключены, равно как и вращение шпинделей. Во втором случае время нагрева меньше времени прокатки и отпадает надобность в отключении механизма стана.

Ниже описывается работа стана в автоматическом цикле с прерывистым вращением шпинделей, с закрепленными на них формообразующими сегментами 6. При нагреве заготовок до соответствующей температуры вращение шпинделей прекращается на время, определяемое реле времени или фотоэлектрическим пирометром.

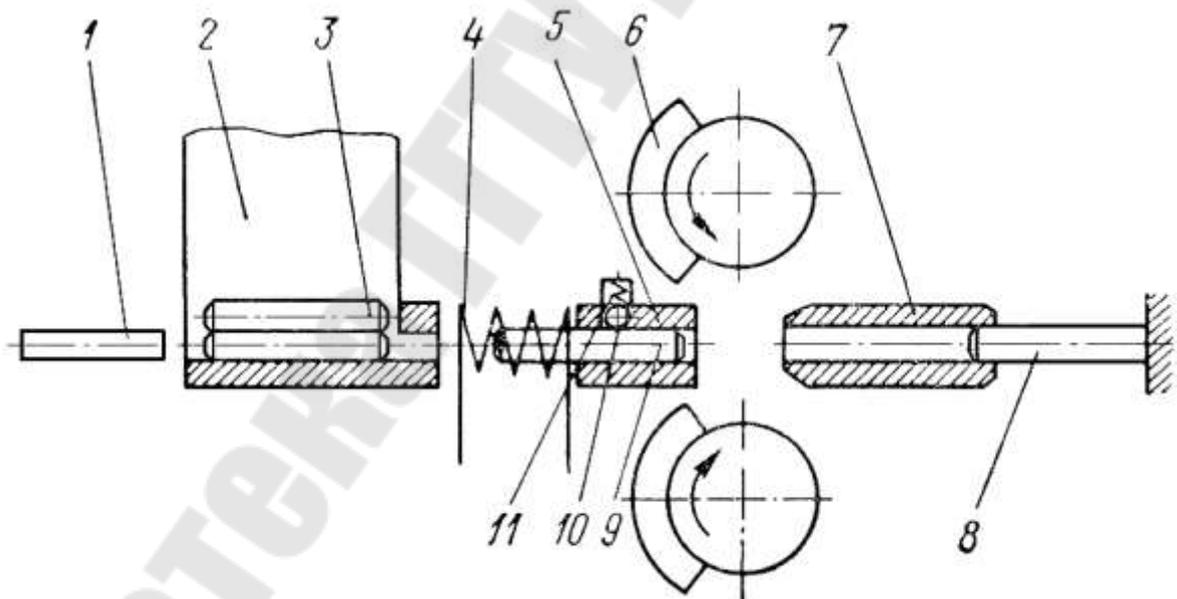


Рисунок 38 – Схема продольно-винтового проката сверл

Толкатель 1 подает новую заготовку из лотка и направляет ее в переднюю проводку. При этом ранее нагретая заготовка с помощью толкателя и новой заготовки проталкивается через втулку 5 во втулку 7 задней проводки, которая в данный момент находится в крайнем левом положении. Четыре шпинделя с формообразующими сегментами, закрепленными на них, расположены под углом, близким к углу наклона винтовой канавки. Они получают вращение (на рис. 38 показаны два шпинделя с сегментами для проката канавок, развернутыми в плоскости чертежа, а два шпинделя с сегментами

для проката спинок – не показаны).

В процессе вращения сегменты деформируют заготовку, образуя на ней профиль канавки и спинки с ленточкой сверла. Заготовка при этом вращается сегментами и вместе с задней проводкой перемещается в крайнее правое положение. В этом положении толкатель 8, расположенный в корпусе задней проводки, выталкивает прокатанную заготовку, которая скатывается на лоток и падает в тару. Совершив один оборот, распределительный вал и шпиндели с сегментами останавливаются, а в индукторе нагревается новая заготовка и т.д.

### 7.5. Стан для продольно-винтового проката свёрл модели АСПС-3-5А

Стан (рис. 39) предназначен для продольно-винтовой прокатки сверл с цилиндрическим хвостовиком диаметром  $3 \div 5$  мм из быстрорежущих сталей.

Обработка заготовки сверла осуществляется с помощью четырех сегментов, два из которых образуют канавки сверла, а два других – спинки и ленточки. Четыре шпиндельные головки, установленные под углом  $32^{\circ}30'$  к оси прокатки в корпусе прокатной клетки, обеспечивают угол наклона винтовой канавки на заготовке, равный  $26^{\circ}$ .

Регулировка расположения шпинделей относительно оси прокатки (центральной оси клетки) осуществляется при помощи клиньев 2 (рис. 40), имеющих угол  $5^{\circ}$ . Клинья смещают корпуса шпиндельных головок по направляющим станины клетки, на которой предусмотрены контрольные плоскости (измерительные базовые поверхности), точно расположенные относительно центральной оси клетки. Расстояние  $h$  между ними и контрольными цилиндрическими поверхностями буртов шпинделей (имеющих одинаковый размер и выполненных с высокой точностью) контролируется с помощью блоков 5 плоскопараллельных концевых мер длины (плиток).

Клеть охлаждается проточной водой через предусмотренные в ней каналы. Формообразующие сегменты обдуваются воздухом с целью охлаждения и удаления частиц окалины. Воздух подводится по гибкому шлангу в корпус передней проводки, а оттуда по четырем трубкам к сегментам.

Гильза задней проводки получает возвратно-поступательное движение по направляющим клетки от кулачка, установленного на распределительном валу. Гильза в процессе проката сверла движется вместе с ним. Хвостовая часть заготовки сверла при этом находится в ее сменной втулке.

Принципиальная схема стана приведена на рис. 41. Вращательное движение шпинделей стана заимствуется от вала электродвигателя  $M$ , через клиноременную передачу  $D_1/D_2$ , сменные зубчатые колеса  $a/b$ , клиноременную передачу  $D_3/D_4$ , фрикционную муфту с диском 2 и поворотную шпонку 1 сообщает вращение валу 3 распределительного редуктора 8. Центральное зубчатое колесо  $Z_{10}$ , закреплённое на валу 3, передает вращение колесам  $Z_9$  посредством муфт 11 и далее через конические зубчатые колеса  $Z_{12}$  и  $Z_{19}$  шпинделям:

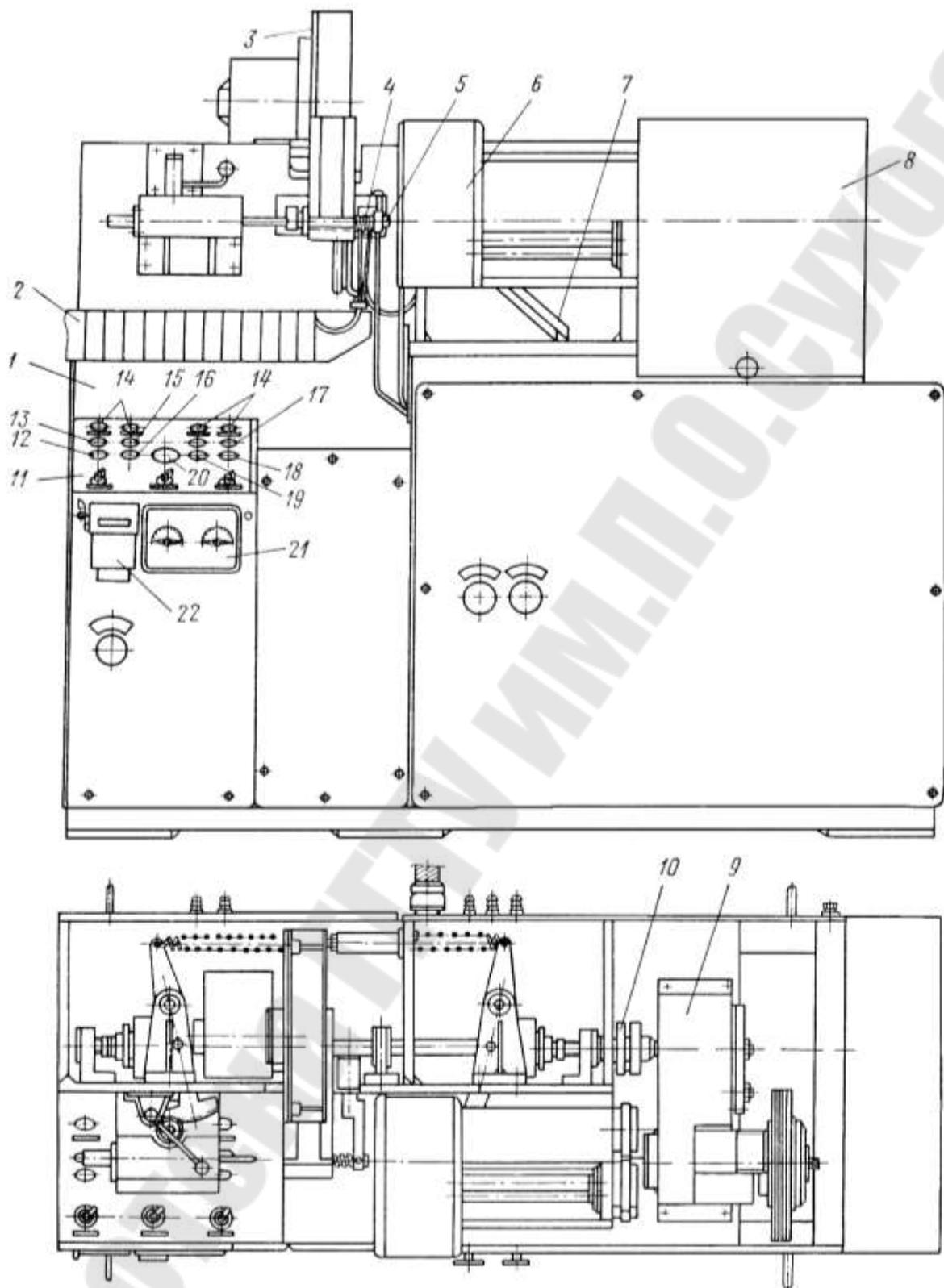


Рисунок 39 – Эскиз общего вида стана для продольно-винтового проката сверл модели АСПС-3-5А: 1 – станина; 2 – токоподводящая шина; 3 – бункер; 4 – индуктор; 5 – передняя проводка; 6 – прокатная клеть; 7 – лоток отвода заготовок; 8, 9 – распределительные редукторы; 10 – распределительный вал; 11 – пульт управления; 12 – кнопка «Стоп» (общий); 13 – кнопка «Пуск»; 14 – сигнальная лампочка; 15 – кнопка «Пуск» электродвигателя; 16 – кнопка «Стоп» электродвигателя; 17 – кнопка «Пуск» нагрева; 18 – кнопка «Стоп» нагрева; 19 – наладочные кнопки; 20 – переключатель режима работы; 21 – реле времени; 22 – реле счета импульсов

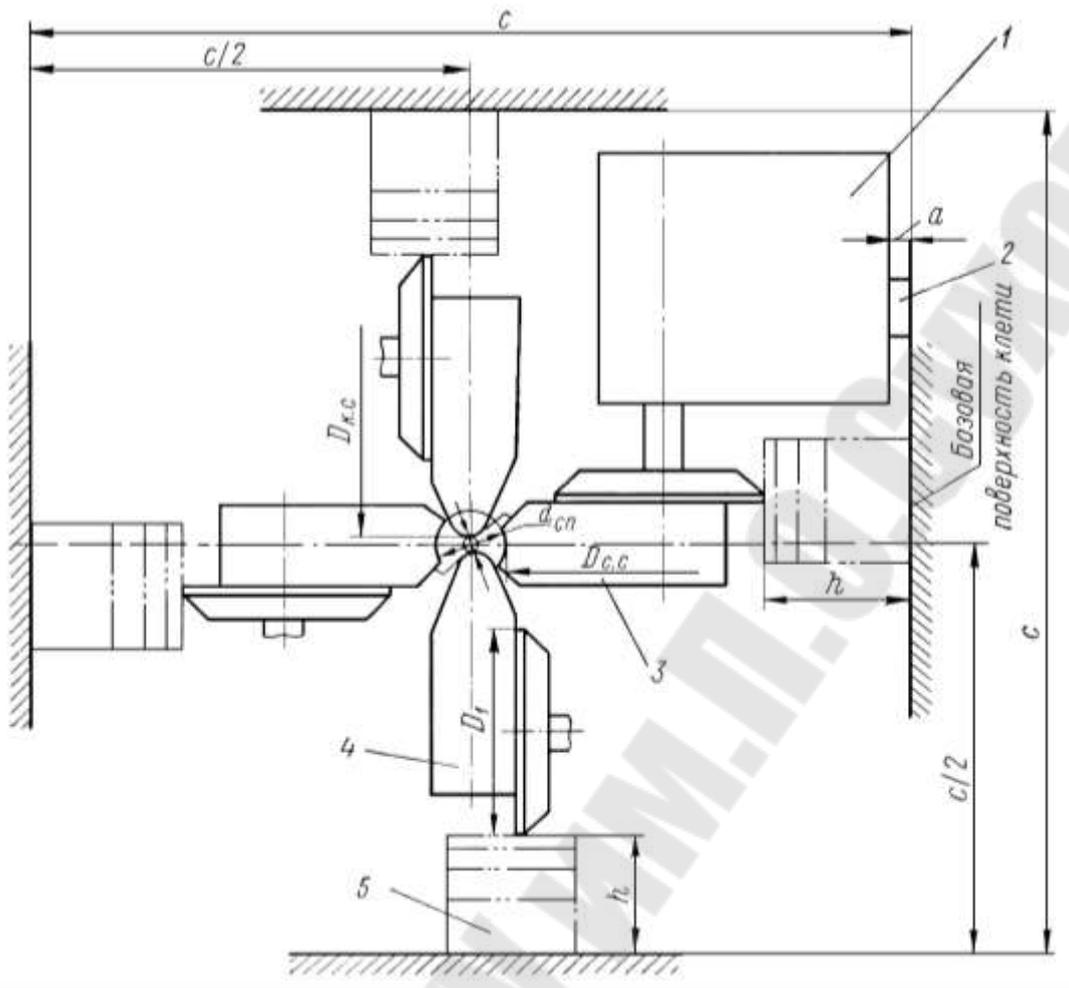


Рисунок 40 – Схема установки шпиндельных головок стана модели АСПС-3-5А

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \frac{D_1}{D_2} \frac{a}{b} \frac{D_3}{D_4} \frac{z_{10}}{z_9} \frac{z_{12}}{z_{19}}, \text{ об/мин.}$$

Муфты 11 обеспечивают угловую ориентацию шпинделей, необходимую для осуществления одновременного контакта формообразующих сегментов с заготовкой (в начале процесса проката). От вала 3 по второй цепи вращения через зубчатые колеса  $(Z_4/Z_5) \times (Z_6/Z_7)$  и сменные колеса  $c/d$  с помощью муфты 39 передается распределительному валу 38:

$$n_{\text{р.ввал}} = n_{\text{дв}} \frac{D_1}{D_2} \frac{a}{b} \frac{D_3}{D_4} \frac{z_4}{z_5} \frac{z_6}{z_7} \frac{c}{d}, \text{ об/мин.}$$

На валу 38 закреплены кулачки 37 и 30, которые сообщают через рычаги 28 и 18 с зубчатыми секторами, зубчатые колеса  $Z_{25}$  и  $Z_{17}$  и зубчатые рейки возвратно-поступательное движение соответственно переднему толкателю 24 и гильзе задней проводки 14. Силовое замыкание этих кулачковых механизмов осуществляется пружинами 31.

От вала 38 посредством цепной передачи 33 и зубчатых колес 29 вращение через предохранительную муфту 27, предусмотренную на случай заклинивания, передается валу 34 бункера.

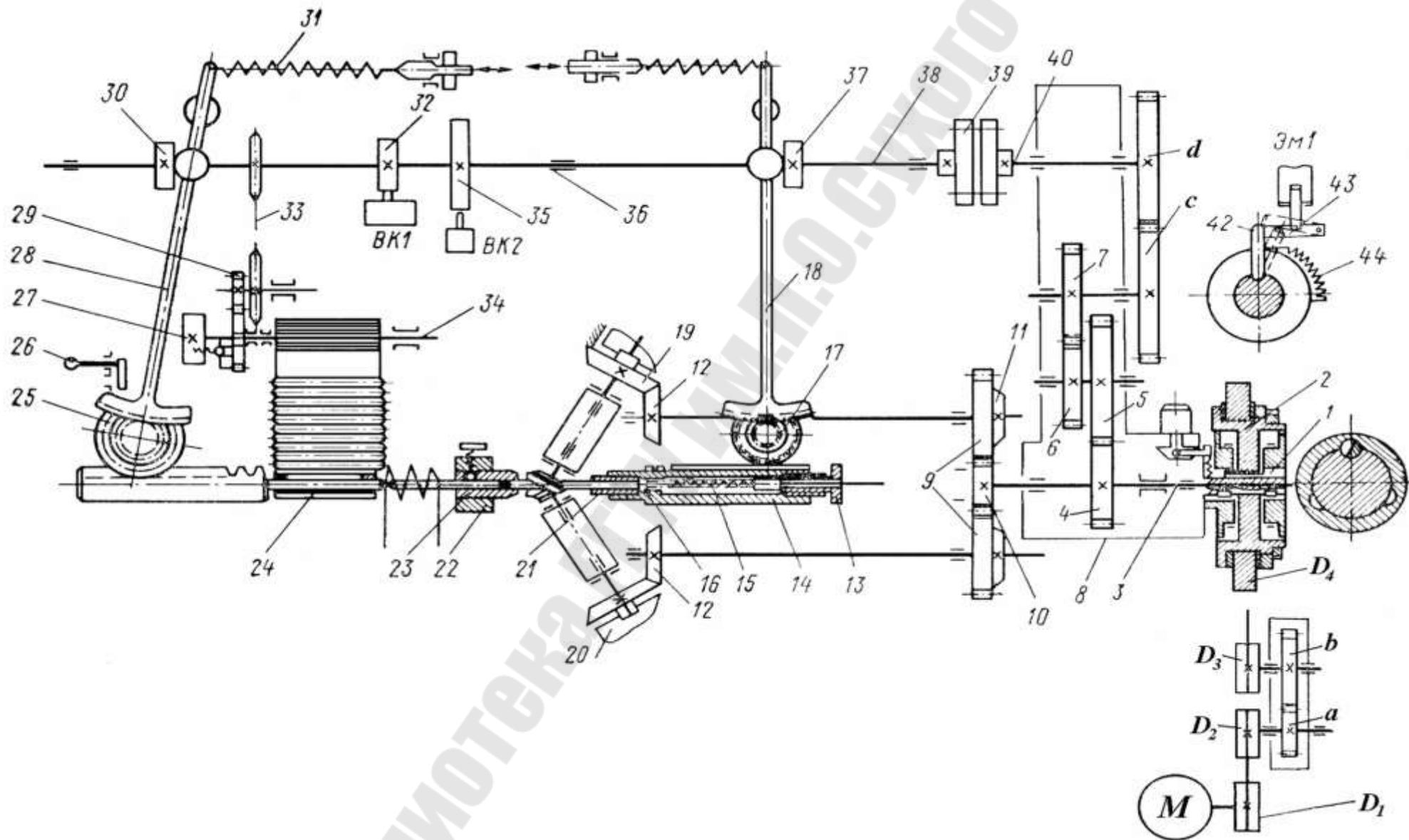


Рисунок 41 – Принципиальная схема стана модели АСПС-3-5А

На распределительном валу 38 закреплён кулачок 35, который взаимодействует со счетчиком ВК2, отсчитывающий количество прокатанных сверл. Ввиду того, что распределительный вал имеет большую длину, он поддерживается промежуточной опорой 36.

При наладке стана для выключения переднего толкателя 24 служит затвор 26, фиксирующий зубчатый сектор в правом положении (что соответствует крайнему левому положению толкателя).

При нагреве в индукторе находится только часть заготовки, равная длине рабочей части сверла, а хвостовая часть располагается в сменной втулке 23 передней проводки 22. Длина этой втулки выбирается такой, чтобы в процессе прокатки заготовка одновременно размещалась как в ней, так и в сменной втулке 21 задней проводки 14. Последняя при подаче заготовки в зону прокатки перемещается вперед (на расстояние около 5 мм от заднего торца втулки передней проводки).

*Наладка и настройка стана* осуществляется при установке переключателя режимов работ в позицию «Наладка».

При наладке необходимо в соответствии с диаметром и длиной прокатываемых заготовок отрегулировать переставную стенку бункера, установить соответствующий барабан и левую направляющую лотка выдачи заготовок. Далее закрепить индуктор для нагрева заготовки (зазор между внутренним диаметром индуктора и заготовкой не должен превышать  $1,5 \div 4$  мм), а в корпус передней и гильзы задней проводок вставить сменные втулки соответствующего диаметра. На шпиндели прокатной клетки установить сегменты и отрегулировать их взаимное расположение так, чтобы обеспечить получение заданных размеров заготовки и одновременное начало работ всех сегментов. Сменными колесами  $a/b$  и  $c/d$  настроить требуемую частоту вращения распределительного вала и шпинделей прокатной клетки. Отрегулировать настройку теплового реле фотопирометра (или задать выдержку реле времени) на заданную температуру нагрева и прокатать пробные партии заготовок.

## **8 РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ**

### **8.1. Методы изготовления резьб**

Основными методами изготовления резьб являются:

- а) нарезание резьбы на токарных станках резьбовыми резцами и гребенками;
- б) нарезание резьбы метчиками, круглыми плашками и резьбонарезными головками;
- в) фрезерование резьбы (рис. 42);
- г) шлифование резьбы однониточным и многониточным абразивным инструментом (рис. 43);
- д) холодное накатывание резьбы плоскими плашками и круглыми роликами (рис. 44);
- е) горячее накатывание резьбы круглыми роликами.

Правильный выбор способа получения резьбы в каждом отдельном случае зависит от размеров резьбы, ее точности и параметров шероховатости поверхности, формы и размеров обрабатываемой заготовки, на которой нарезают резьбу, материала заготовки, вида производства и других условий.

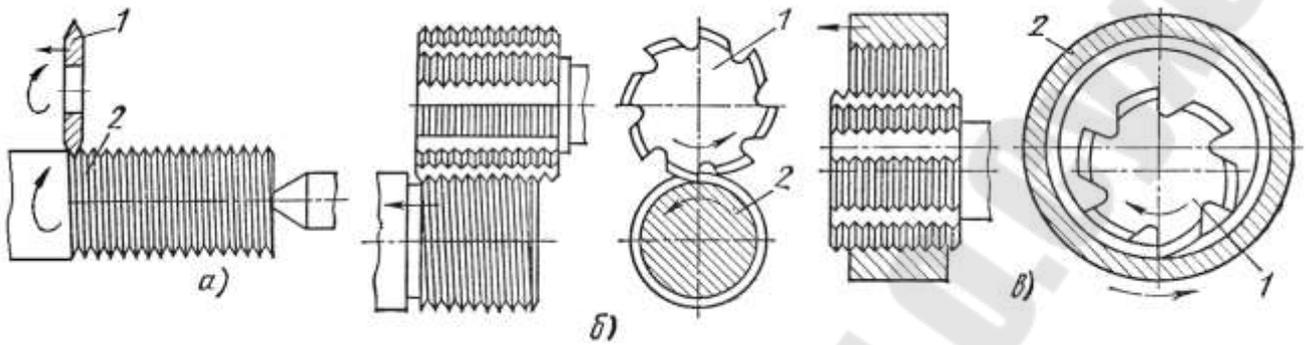


Рисунок 42 – Схемы резьбофрезерования

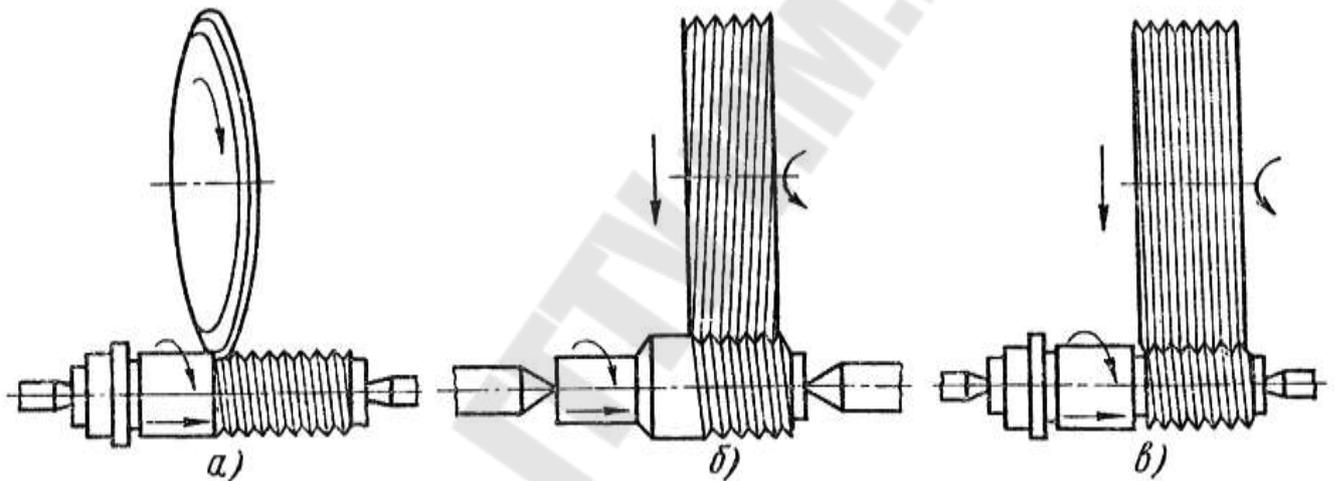


Рисунок 43 – Схемы резьбошлифования:  
*a* – однопиточным; *б* – многопиточным с винтовыми канавками;  
*в* – многопиточным с кольцевыми канавками

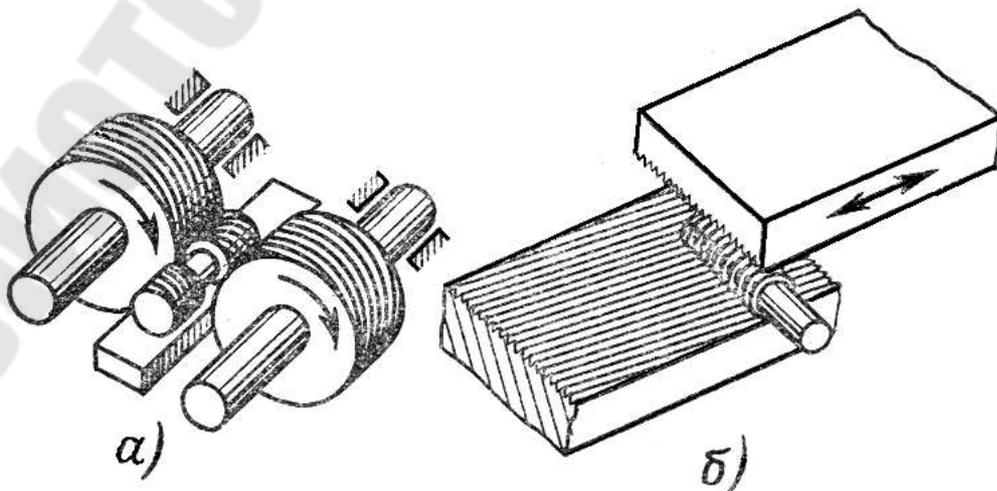


Рисунок 44 – Схемы накатывания резьбы: *a* – роликами; *б* – плашками

## 8.2. Токарные резбонарезные станки повышенной точности

В инструментальном производстве при изготовлении резьбового инструмента применяют токарно-винторезные станки повышенной точности. Эти станки имеют точные ходовые винты и корректирующие устройства. Последние служат для поворота гайки винта, в результате чего выбирается люфт в винтовой паре и обеспечивается получение точного шага нарезаемой резьбы. Например, накопленная погрешность шага резьбы на длине 50 мм у таких станков 0,003 мм, а на длине 300 мм – 0,005 мм. На станках без корректирующего устройства эти погрешности в 4 ÷ 5 раз больше. Существует несколько способов коррекции: дополнительным поворотом гайки, дополнительным осевым перемещением ходового винта и применением дифференциального механизма для дополнительного поворота винта.

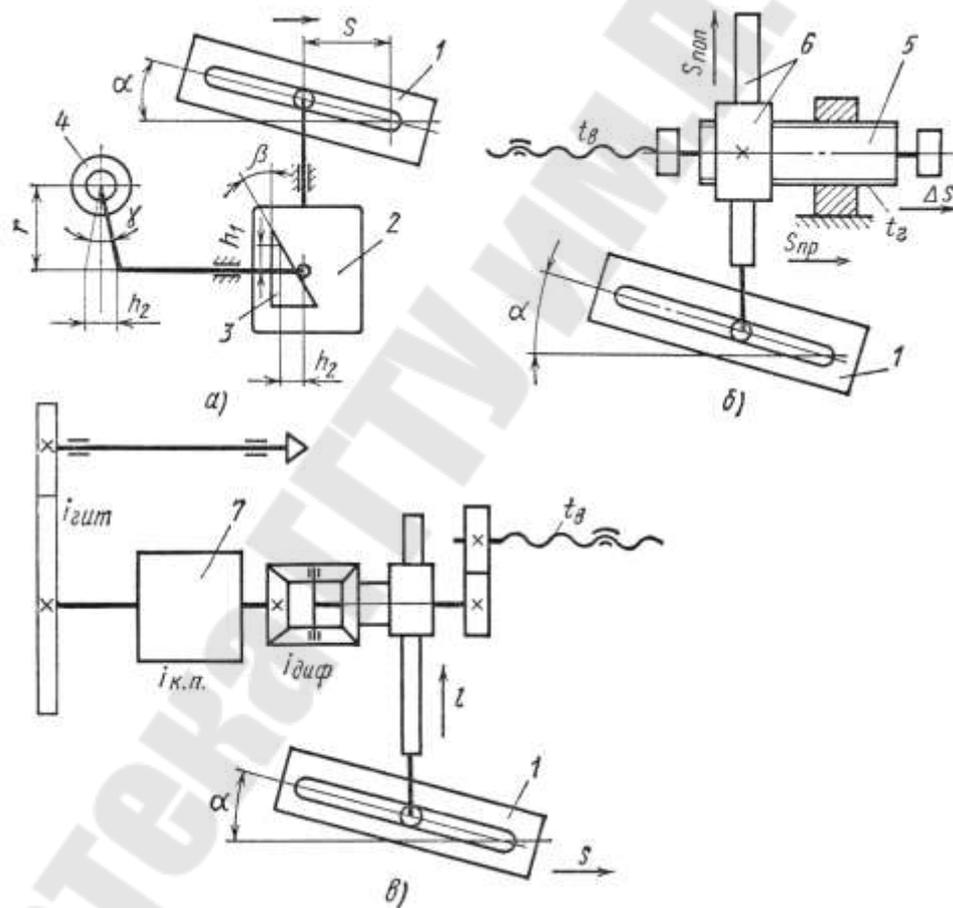


Рисунок 45 – Схемы корректирующих устройств

Поворот гайки с целью коррекции хода ходового винта может быть осуществлен с помощью установленной на суппорте станка коррекционной линейки 1 (рис. 45, а), соединенной системой тяг с гайкой 4. При установке линейки под углом  $\alpha$  к оси центра станка одновременно с продольной подачей суппорта будет перемещаться ползун 2 с копиром 3, поворачивая через систему тяг гайку ходового винта. Между величиной перемещения  $h_1$  ползуна за один оборот шпинделя, подъемом  $h_2$  тяги гайки и продольным перемещением суппорта существует зависимость:

$$h_1 = \operatorname{ctg} \alpha, h_2 = h_1 \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

отсюда

$$h_2 = s \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

где  $\alpha$  – угол наклона линейки к оси центров станка;  $\beta$  – угол копира.

Вместе с тем величина подъема  $h_2$  на радиусе  $r$  при повороте гайки на угол  $\gamma$  будет  $h_2 = r\gamma$ , откуда угол поворота гайки:

$$\gamma = (s \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta)/r.$$

В результате величина дополнительного продольного перемещения суппорта за один оборот шпинделя в зависимости от угла  $\gamma$  поворота гайки будет:

$$\Delta s = \frac{\gamma \cdot t_g}{2\pi} = \frac{s \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}{2\pi r},$$

где  $t_g$  – шаг винта.

Осевое перемещение ходового винта станка создается при помощи коррекционной линейки 1 (рис. 45, б), соединенной с суппортом. При продольном движении суппорта линейка через реечную передачу б будет поворачивать гильзу 5, имеющую резьбу с шагом  $t_r$ . Внутри гильзы свободно вращается конец ходового винта. Гильза при вращении получает продольное перемещение  $\Delta s$  и передает его ходовому винту, который, таким образом, дополнительно перемещается в осевом направлении. Число оборотов реечного зубчатого колеса  $n_{p.k}$  за один оборот шпинделя:

$$n_{p.k} = \frac{s_{non}}{\pi m z},$$

где  $s_{non} = s_{np} \cdot \operatorname{tg} \alpha$  – поперечная подача;  $s_{np}$  – продольная подача;  $m, z$  – модуль и число зубьев реечного колеса.

Дополнительное продольное перемещение суппорта вместе с ходовым винтом станка за один оборот шпинделя:

$$\Delta s = n_{p.k} \cdot t_z = \frac{s \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot t_z}{\pi m z}.$$

**Коррекция погрешности шага ходового винта при помощи дифференциала.** Назначение дифференциала состоит в сложении двух движений: основного – от коробки подач 7 (рис. 45, в) и дополнительного – от коррекционной линейки 1. Если линейка поставлена горизонтально, правое коническое зубчатое колесо дифференциала будет неподвижно и уравнение кинематического баланса для цепи от шпинделя до ходового винта будет иметь вид:

$$s_{np} = i_{гит} i_{к.п} i_{диф} t_в,$$

где  $s_{пр}$  – продольная подача;  $i_{гит}$  – передаточное отношение гитары подач;  $i_{к.п}$  – передаточное отношение коробки подач;  $i_{диф}$  – передаточное отношение дифференциала;  $t_v$  – шаг ходового винта.

Обозначив произведение трех передаточных отношений через  $i_{общ}$ , получим:  $s_{пр} = i_{общ} t_v$ .

Если коррекционная линейка будет установлена под углом  $\alpha$  к оси центров станка, то при ее продольном перемещении вместе с суппортом дифференциал получит от реечной передачи дополнительное вращение. Уравнение кинематического баланса с учетом дополнительного перемещения суппорта примет вид:

$$s_{пр} = (i_{общ} \pm \Delta i) t_v.$$

Величину  $\Delta i$  – дополнительного передаточного отношения всей кинематической цепи шпиндель – ходовой винт можно определить по формуле

$$\Delta i = \frac{1}{2} \frac{l}{\pi m z},$$

где  $l = s_{пр} \operatorname{tg} \alpha$  – величина перемещения рейки;  $1/2$  – передаточное отношение дифференциала.

Из рис. 45, в и предыдущего уравнения имеем:

$$s_{пр} = l / \operatorname{tg} \alpha = 2 \pi m z \Delta i / \operatorname{tg} \alpha.$$

Подставив это значение в уравнение кинематического баланса, получим:

$$(i_{общ} \pm \Delta i) t_v = 2 \pi m z \Delta i / \operatorname{tg} \alpha,$$

откуда

$$\Delta i = \frac{i_{общ}}{\frac{2 \pi m z}{t_v \operatorname{tg} \alpha} \pm 1}.$$

*Прецизионный винторезный полуавтомат модели 103* предназначен для нарезания наружной и внутренней резьб повышенной точности.

Конструкция станка обеспечивает нарезание резьб до упора, а также конических и многозаходных резьб. Диаметр нарезаемых резьб составляет 5 ÷ 30 мм, шаг нарезаемых резьб: метрических – от 0,25 до 5 мм, дюймовых – от 5 до 24 ниток на 1". Станок имеет высоту центров 100 мм, наибольшее расстояние между центрами 300 мм. В качестве режущего инструмента при нарезании наружных резьб используют фасонные дисковые резцы, а при нарезании внутренних резьб – специальные резцы или гребенки. После того как резьба нарезана на заданную глубину, резец проходит установленное настройкой счетного реле число зачистных проходов. По окончании цикла обработки загорается сигнальная лампочка и станок автоматически останавливается.

Подвод резца к заготовке – рабочий ход – отвод резца – быстрый обратный ход обеспечивает электрическая схема полуавтомата. Конструктивно станок состоит из станины с тумбой, передней бабки, редуктора, суппорта, гитары подач, резцедержателя, коррекционной линейки, системы охлаждения и электрооборудования. Для нарезания многозаходных резьб, нарезания резьб до упора и шлифования центров, станок оснащают соответствующими приспособлениями.

Привод главного движения обеспечивает электродвигатель, который через двухступенчатую клиноременную передачу, сменные зубчатые колеса и плоскоремennую передачу передает крутящий момент на шпиндель станка.

Задний конец шпинделя опирается на два радиально-упорных шарикоподшипника повышенной точности с постоянным натягом, который осуществляется пружинами.

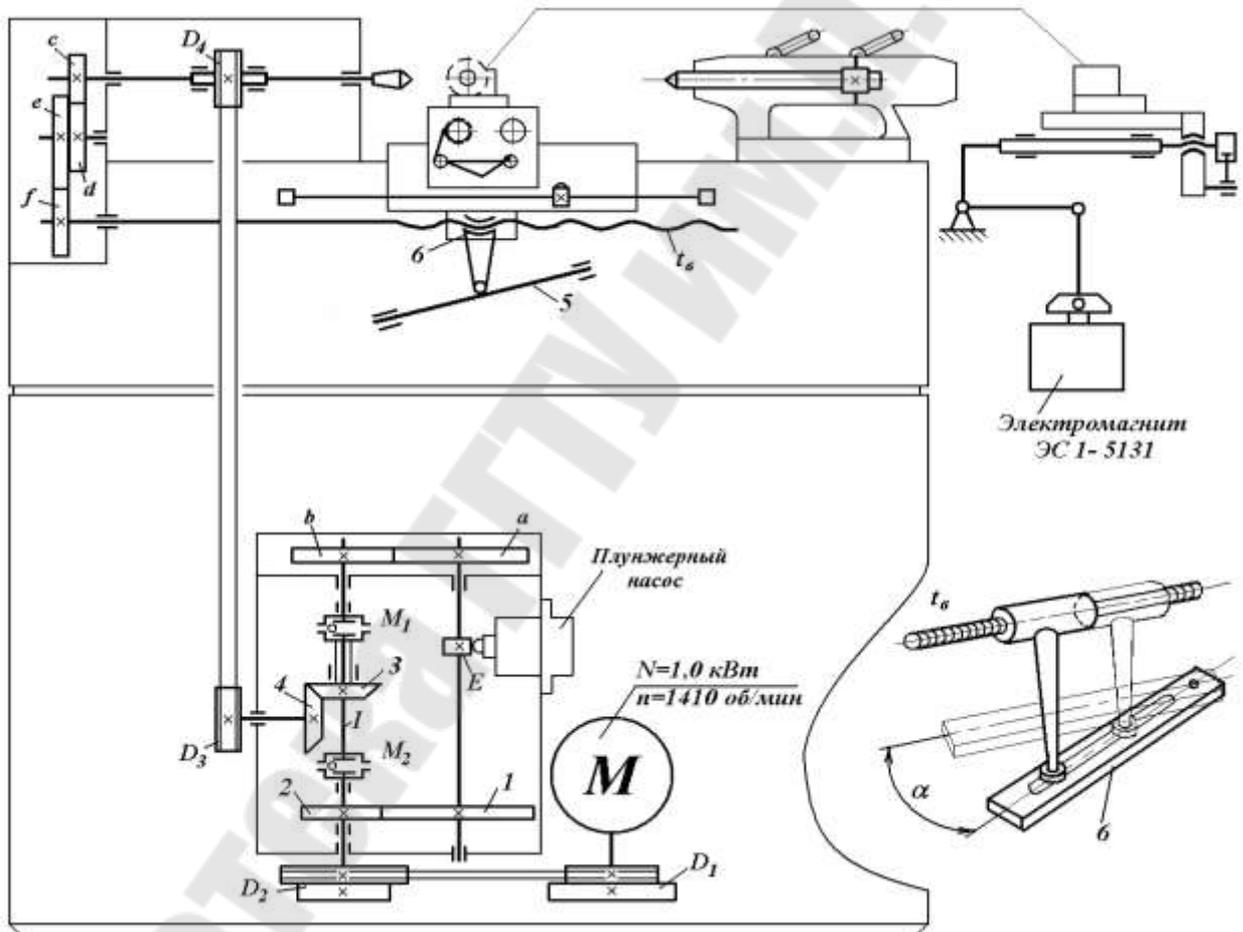


Рисунок 46 – Принципиальная схема прецизионного винторезного полуавтомата модели 103

В конусном отверстии шпинделя может быть установлена цанга или планшайба. Вращение на шпиндель через цилиндрические зубчатые колеса 1 и 2 (рис. 46), сменные колеса *a* и *b*, конические колеса 3 и 4, а при обратном ходе – через зубчатые колеса 3 и 4.

Направление вращения шпинделя изменяют путем реверсирования приводного электродвигателя.

Вал *I*, на котором установлено коническое зубчатое колесо 3, концами

соединен с внутренними кольцами муфт обгона  $M_1$  и  $M_2$ . Муфта  $M_1$  при рабочем ходе проскальзывает, а вращение передается шпинделю через сменные колеса  $a/b$  и обгонную муфту  $M_2$ . Для быстрого обратного хода ролики муфты  $M_1$  при реверсировании электродвигателя заклинятся и муфта начнет передавать вращение шпинделю непосредственно через конические колеса 3 и 4; в этот период цикла будет проскальзывать муфта обгона  $M_2$ .

При настройке станка на нарезание левой резьбы изменяют направление рабочего и обратного (холостого) ходов, для чего в гитару подач  $c/d \cdot e/f$  вводят паразитное колесо и производят переключение в цепи электромагнита, который отводит резец.

На промежуточном валу коробки скоростей закреплен эксцентрик  $E$ , который приводит в действие плунжерный насос системы охлаждения.

В зависимости от положения клинового ремня на ступенчатых шкивах  $D_1, D_2$  и сменных зубчатых колес  $a$  и  $b$ , частота вращения шпинделя при рабочем ходе находится в пределах  $39 \div 530$  об/мин, при обратном ходе – 355 или 710 об/мин:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \frac{D_1 z_1 a z_3 D_3}{D_2 z_2 b z_4 D_4}, \text{ об/мин.}$$

Продольное перемещение суппорта осуществляется от шпинделя через гитару сменных колес и ходовой винт:

$$t_n = 1_{\text{об.шп}} \frac{c \cdot e}{d \cdot f} t_g, \text{ мм,}$$

где  $t_n$  – шаг нарезаемой резьбы;  $t_g$  – шаг ходового винта.

Для исправления ошибки погрешности шага ходового винта, обусловленного неточностью его изготовления и колебаниями окружающей температуры служит коррекционная линейка, которая выполнена поворотной. Для поворота ее имеется два винта, один из которых снабжен лимбом. Повороту лимба на одно деление соответствует изменение шага нарезаемой резьбы на 0,1 мкм на 100 мм длины. При продольном движении каретки рычаг 5 поворачивает маточную гайку 6 на определенный угол в том или другом направлении и тем самым увеличивает или уменьшает шаг резьбы.

На станке можно нарезать также конические резьбы. Коническую резьбу с небольшой конусностью можно нарезать при смещении центра задней бабки. В других случаях применяется специальная линейка, которая устанавливается на место линейки для автоматического отвода суппорта.

### 8.3. Резьбошлифовальные станки

Резьбошлифовальные станки применяют для чистовой обработки точных резьб, например резьбы метчиков, резьбовых калибров, точных ходовых винтов. Мелкие резьбы нарезают сразу шлифовальным кругом, а крупные шлифуют после предварительной их нарезки. Существуют три способа шли-

фования резьбы:

1. Резьба шлифуется одноконтным абразивным диском (рис. 47, а). Ось абразивного диска повернута относительно оси заготовки на угол подъема резьбы. Это позволяет получить большую точность профиля шлифуемой резьбы.

2. Резьба шлифуется многоконтным абразивным инструментом с кольцевыми канавками заданного шага (рис. 47, б). В этом случае ширина  $b$  инструмента должна быть больше длины шлифуемой резьбы на  $2 \div 4$  шага. Этот способ производительнее, чем первый, однако резьба получается менее точной, так как профиль ее искажается вследствие параллельности осей инструмента и заготовки.

3. Если необходимо нарезать длинную резьбу многоконтным инструментом с кольцевыми канавками, то применяют конический инструмент. Абразивный инструмент (рис. 47, в) имеет конус с углом  $\gamma = 5 \div 10^\circ$ , поэтому при продольном перемещении заготовки происходит постепенное врезание инструмента, и только последние его витки образуют резьбу полного профиля.

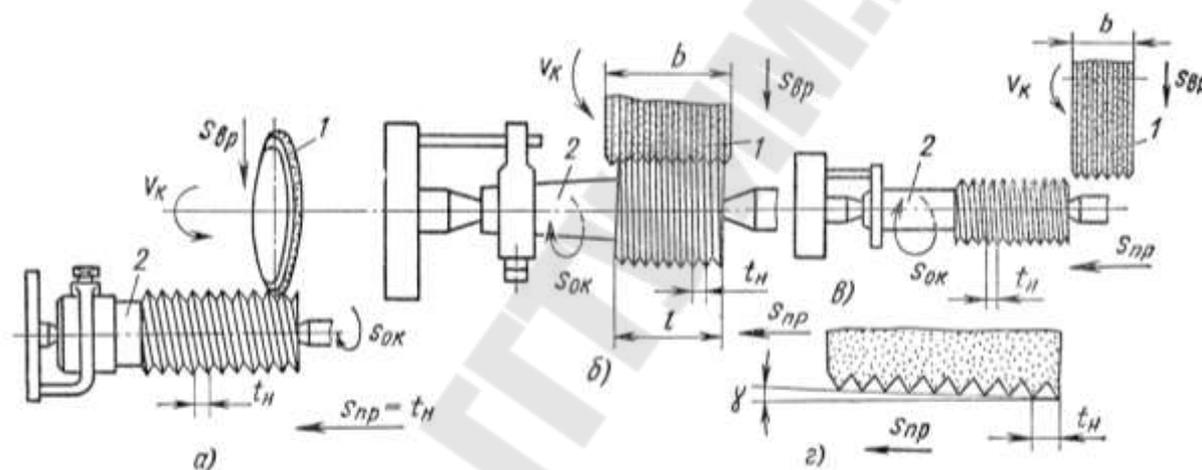


Рисунок 47 – Схемы шлифования резьбы

**Резьбошлифовальный станок модели 5822М** предназначен для выполнения основных резьбошлифовальных операций: шлифование цилиндрических и конических резьб метчиков, калибров, точных винтов и червяков; затылование метчиков, модульных червячных фрез, резьбовых плоских плашек для резьбонарезных головок и т. д. Станок может работать одноконтным и многоконтным инструментами.

### Техническая характеристика станка

Диаметры шлифуемых резьб, мм:

одноконтным инструментом..... $3 \div 150$

многоконтным инструментом..... $10 \div 120$

Наибольшая длина шлифуемой резьбы, мм:

одноконтным инструментом.....375

многоконтным инструментом.....335

Шаг шлифуемой резьбы:

однониточным инструментом:

метрической, мм .....  $0,25 \div 24$   
 дюймовой, число ниток на 1" .....  $28 \div 3$   
 модульной, мм .....  $0,3\pi \div 14\pi$

многониточным инструментом:

метрической, мм .....  $1 \div 4$   
 дюймовой, число ниток на 1" .....  $24 \div 6$

Диаметр абразивного инструмента, мм:

наибольший ..... 400  
 наименьший ..... 300

Основные узлы станка: станина коробчатой формы, по горизонтальным направляющим которой перемещается стол; передняя бабка с приводом вращения заготовки и шпинделем; задняя бабка; шлифовальная бабка с индивидуальным приводом от электродвигателя.

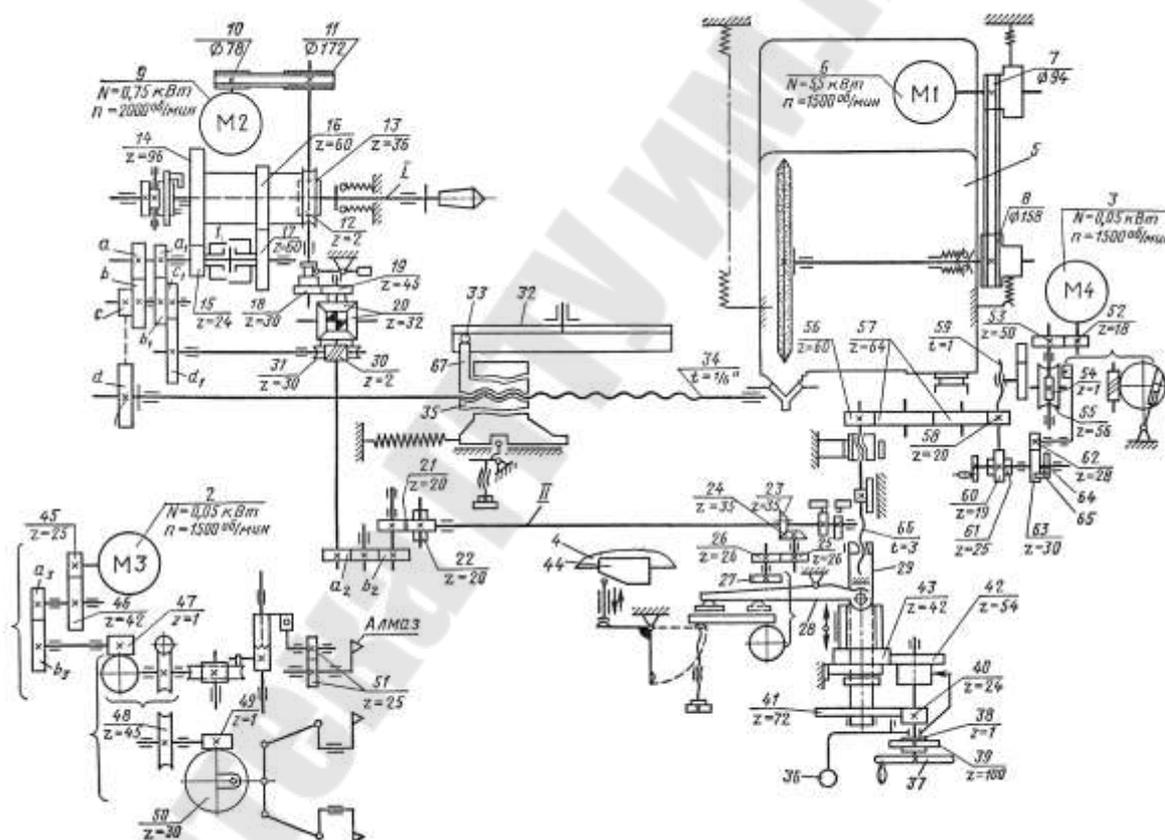


Рисунок 48 – Принципиальная схема резьбошлифовального станка модели 5822М

Для вращения шпинделя изделия применен бесступенчатый электродвигатель 9 постоянного тока (рис.48). Станок имеет дифференциал, с помощью которого можно затыловать детали со спиральными канавками.

Главное движение (вращение абразивного инструмента) осуществляется от электродвигателя 6 через ременную передачу со сменными шкивами 7 и 8. Круговая подача (вращение заготовки) производится электродвигателем 9 че-

рез ременную передачу со шкивами  $10$  и  $11$  и червячную пару  $Z_{12}/Z_{13}$ . Продольная подача стола с заготовкой осуществляется от шпинделя  $I$  через зубчатые колеса  $Z_{14}/Z_{15}$  или  $Z_{16}/Z_{17}$ , муфту  $1$ , сменные колеса гитары подач  $\frac{a}{b}, \frac{c}{d}$  и ходовой винт  $34$ .

Передаточное отношение гитары подач подсчитывают, как и для винторезных цепей, по формуле

$$\frac{a}{b} \frac{c}{d} = C \frac{kt_n}{t_b},$$

где  $k$  – число заходов резьбы;  $C$  – постоянная цепи ( $C = 4$  или  $1$ );  $t_n$  – шаг шлифуемой резьбы;  $t_b$  – шаг ходового винта.

Поперечное перемещение шлифовальной бабки  $5$  осуществляется вручную маховичком  $37$  через колеса  $Z_{40}/Z_{41}$  или  $Z_{42}/Z_{43}$  на ходовой винт  $66$  или механически от электродвигателя  $3$  через зубчатые колеса  $Z_{52}/Z_{55}$ , червячную пару  $Z_{54}/Z_{55}$ , колеса  $Z_{62}/Z_{63}$ , храповой механизм  $65$  и  $64$  и колеса  $(Z_{60}/Z_{61}) \times (Z_{56}/Z_{57}) \times (Z_{57}/Z_{56})$  на ходовой винт  $66$ .

Станок снабжен специальным механизмом, позволяющим затыловать зубья инструмента с прямыми и винтовыми канавками. При затыловании инструмента с прямыми канавками настраивается только гитара затылования  $(a_2/b_2)$ , а при винтовых канавках настраиваются две гитары: дифференциала  $(\frac{a_1}{b_1}, \frac{c_1}{d_1})$  и затылования  $(a_2/b_2)$ .

Цепь перемещения шлифовальной бабки при затыловании начбуф.ncz от шпинделя изделия и далее через червячную пару  $13-12$ , зубчатые колеса  $Z_{18}/Z_{19}$ , дифференциал  $20$ , сменные колеса  $a_2/b_2$ , зубчатые колеса  $Z_{21}/Z_{22}$ , вал  $II$ , коническую пару  $Z_{23}/Z_{24}$ , колеса  $Z_{25}/Z_{26}$ , кулачок  $27$ , рычаг  $28$  и винтовую пару  $Z_{29}/Z_{66}$  передает движение бабке  $5$  с абразивным инструментом. Число зубьев сменных колес гитары затылования подсчитывают по формуле

$$\frac{a_2}{b_2} = \frac{c_3}{z_K},$$

где  $z_K$  – число канавок;  $C_3$  – постоянная цепи.

Цепь дополнительного поворота при затыловании инструмента с винтовыми канавками идет от шпинделя изделий  $I$  через зубчатые колеса  $Z_{14}/Z_{15}$  или  $Z_{16}/Z_{17}$ , сменные колеса гитары дифференциала  $(\frac{a_1}{b_1}, \frac{c_1}{d_1})$ , червячную пару  $Z_{30}/Z_{31}$  и далее по предыдущей цепи.

В этом случае передаточное отношение гитары дифференциала подсчитывают по формуле

$$\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{C_d t_n}{s},$$

где  $s = \pi D_{cp} C \cdot \operatorname{tg} \beta$ ;  $D_{cp}$  – средний диаметр затылуемого инструмента, мм;  $\beta$  – угол наклона спирали;  $t_n$  – шаг шлифуемой резьбы, мм;  $C_d$  – постоянная цепи.

Быстрый отвод шлифовальной бабки производится с помощью рукоятки 36. Передача  $Z_{38}/Z_{39}$  служит для микроподачи. В станке имеется корректирующее устройство для компенсации погрешностей шага ходового винта 34. Устройство имеет поворотную линейку 32, связанную через ролик 33 и рычаг 67 с гайкой 35 ходового винта. Линейка 44, установленная на станине 4, служит для шлифования конусов.

Механизм для правки абразивного инструмента приводится в движение от электродвигателя МЗ по кинематической цепи  $\frac{Z_{45} a_3 Z_{47} Z_{49} Z_{51}}{Z_{46} b_3 Z_{48} Z_{50} Z_{51}}$ .

#### 8.4. Резьбофрезерный станок модели 5Б63

Станок предназначен для фрезерования коротких наружных и внутренних резьб гребенчатыми фрезами в условиях крупносерийного и массового производства.

##### *Техническая характеристика станка*

Наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой над станиной, мм	450
Наибольшее расстояние между торцами шпинделей, мм	400
Максимальный наружный диаметр фрезеруемой резьбы, мм	80
Частота вращения шпинделя фрезерной головки, об/мин	160 ÷ 2500

Фреза, установленная в шпинделе XXI (рис. 49) фрезерной головки В, получает главное вращательное движение. Каретка фрезерной головки перемещается по горизонтальным направляющим станины А. Заготовке, закрепленной в патроне бабки изделия В, сообщается круговая подача. Фрезерная головка имеет поперечную подачу для врезания в направлении к заготовке.

*Цикл работы станка* – полуавтоматический. В цикл входит быстрое продольное перемещение каретки к заготовке от двигателя МЗ; медленное ее перемещение от того же двигателя при подходе упора 3 каретки к копиру 1; продольное перемещение каретки от копира 1 на шаг нарезаемой резьбы и одновременное врезание фрезы в заготовку на глубину резьбы от копира 2; нарезание полной глубины резьбы; отвод фрезы (копирами) от заготовки в поперечном и продольном направлениях; быстрое возвращение каретки в исходное положение; останов станка. Цикл обработки осуществляется за один оборот копиров 1 и 2. Все автоматические переключения осуществляются с помощью кулачков и конечных выключателей.

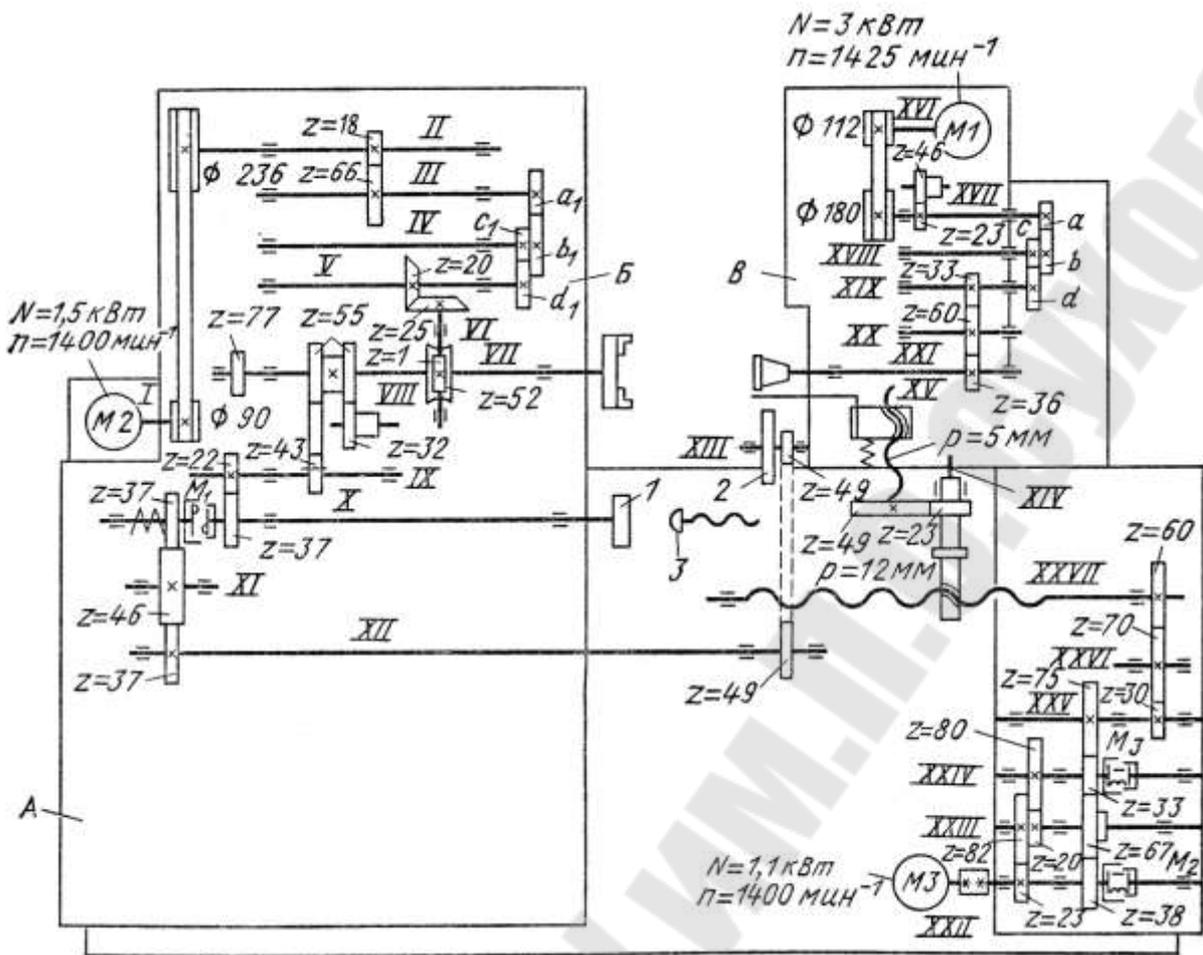


Рисунок 49 – Принципиальная кинематическая схема резьбофрезерного станка модели 5Б63

**Кинематическая схема станка.** Главное движение сообщается шпин-

делю фрезы от электродвигателя  $M1$  через клиноременную передачу  $\frac{112}{180}$ , гитару сменных зубчатых колес  $\frac{a c}{b d}$  и зубчатую передачу  $\frac{33}{60} \frac{60}{36}$ . Уравнение кинематического баланса главного движения:

$$n_{\phi} = 1425 \frac{112}{180} 0,985 \frac{a c}{b d} \frac{33}{60} \frac{60}{36}, \text{ об/мин,}$$

откуда

$$\frac{a c}{b d} = \frac{n_{\phi}}{800,6}.$$

Зубчатое колесо  $z = 23$  на валу  $XVII$  приводит в действие насос для подачи смазочного материала.

Круговая подача детали осуществляется от электродвигателя  $M2$  через клиноременную передачу, зубчатую пару, гитару сменных зубчатых колес,

коническую передачу и червячную пару.

Уравнение кинематического баланса вращения шпинделя (обрабатываемой заготовки):

$$n_{\text{шп.заг}} = 1400 \frac{90}{236} 0,985 \frac{18 a_1 c_1}{66 b_1 d_1} \frac{20}{25} \frac{1}{52}, \text{ об/мин,}$$

откуда

$$\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{n_{\text{шп.заг}}}{2,2}.$$

Изменение направления вращения шпинделя заготовки осуществляется реверсированием электродвигателя.

Копиры продольного 1 и поперечного 2 перемещений фрезерной головки получают вращения от шпинделя заготовки.

За один оборот копиров заготовка совершает 1,31 оборота:

$$n_{\text{шп.заг}} = 1_{\text{об.валаX}} \frac{37}{22} \frac{43}{55} = 1,31;$$

$$n_{\text{шп.заг}} = 1_{\text{об.валаXII}} \frac{49}{49} \frac{37}{46} \frac{46}{37} \frac{37}{22} \frac{43}{55} = 1,31.$$

Полный оборот заготовки необходим на формирование полного профиля резьбы, а 0,31 оборота на врезание фрезы в заготовку. Продольный копир – сменный; он осуществляет перемещение фрезерной головки на шаг нарезаемой резьбы при неподвижном ходовом винте XXVII. Вал копира 1 отключается от приводной цепи муфтой  $M_1$  и электромагнитом при возвращении копира в исходное положение (один оборот копира). При реверсе вала шпинделя VII вал X постоянно вращается в одну и ту же сторону вследствие переключения паразитного колеса  $z = 32$  на валу VIII. Копир 2 поперечного перемещения для определенного диапазона шагов резьб – сменный открытого типа. Рабочее перемещение каретки на глубину нарезаемой резьбы осуществляется от копира 2 через рычаг, а ее установочное перемещение – от винта XV с шагом  $p = 5$  мм.

Ускоренные подвод и отвод фрезерной головки осуществляются от асинхронного электродвигателя M3. Быстрое перемещение фрезерная головка получает от ходового винта XXVII при включении электромагнитной муфты  $M_2$  по следующей кинематической цепи:

$$v = 1400 \frac{38}{67} \frac{67}{33} \frac{33}{75} \frac{30}{70} \frac{70}{60} \frac{12}{1000} = 4 \text{ м/мин.}$$

При подходе копира 1 к упору 3 включается муфта  $M_3$  и выключается муфта  $M_2$ . Каретка фрезерной головки получает замедленное перемещение:

$$v = 1400 \frac{23}{82} \frac{20}{80} \frac{33}{75} \frac{30}{70} \frac{70}{60} \frac{12}{1000} = 0,26 \text{ м/мин.}$$

## 9 ТОКАРНО-ЗАТЫЛОВОЧНЫЕ СТАНКИ

Для придания задней поверхности зубьев режущих инструментов (особенно фасонного) криволинейной формы (обычно спирали Архимеда) применяют затылование на токарно-затыловочных станках. Затылуют чаще всего фрезы. Процесс затылования заключается в том, что фрезу с предварительно профрезерованными стружечными канавками закрепляют на станке. Фреза совершает вращательное движение. Для сообщения резцу возвратно-поступательного движения в поперечном направлении применяют кулачки специального профиля (чаще всего контур кулачка очерчивается по архимедовой спирали). Кулачки делают сменными, с различным шагом спирали в соответствии с величиной падения затылка зуба фрезы. На рис. 50 показан сменный кулачок затыловочного станка. Участок *abc* на кривой кулачка создает движение формообразования (в это время резец движется на затылуемую фрезу), а участок *ca* – вспомогательное движение (на этом участке резец быстро отводится назад).

На кулачке располагают либо одну рабочую кривую *abc*, либо несколько участков кривых (до четырех) для рабочих и вспомогательных ходов резца, если необходимо уменьшить частоту вращения кулачка. Кулачки устанавливают в специальном суппорте (рис. 50). Подвижная часть суппорта *1* с пальцем *2* прижимается к кулачку *3* пружиной *4*. Движение подвижной части суппорта *1* вперед происходит под действием рабочей кривой вращающегося кулачка, а возврат в исходное положение – по кривой кулачка для вспомогательных движений под действием пружины *4*.

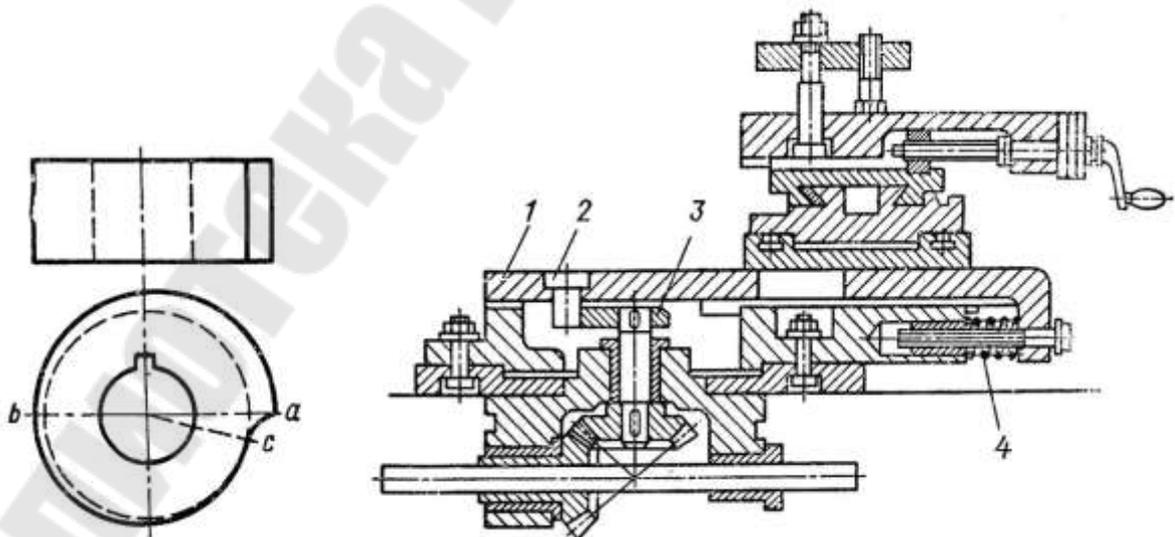


Рисунок 50 – Эскиз сменного кулачка и суппорта токарно-затыловочного станка

В зависимости от вида затылуемого инструмента и характера затылования существуют различные схемы движений инструмента и заготовки при за-

тыловании.

Затылование дисковых фасонных фрез происходит при непрерывном и равномерном вращении фрезы и непрерывно повторяющемся возвратно-поступательном движении резца в поперечном направлении (рис. 51, а). Во время поворота фрезы на угол, соответствующий дуге  $ab$ , резец движется на фрезу и снимает припуск. Затем резец быстро отводится назад, и когда фреза повернется на угол, соответствующий дуге  $bc$ , он займет исходное положение для снятия припуска у очередного зуба фрезы. После каждого оборота заготовки резцу сообщают поперечную подачу. Резец имеет фасонный профиль, соответствующий профилю зубьев затылуемой фрезы.

Расчетные перемещения конечных звеньев станка при затыловании дисковой фрезы, имеющей  $z$  зубьев:

$n$  мин<sup>-1</sup> электродвигателя  $\rightarrow n$  мин<sup>-1</sup> шпинделя

1 об. шпинделя  $\rightarrow z$  двойных ходов резца  $\rightarrow z$  об. кулачка.

При затыловании цилиндрических фрез с прямыми канавками на станке осуществляются следующие движения: равномерное вращение фрезы, непрерывно повторяющееся возвратно-поступательное движение резца в поперечном направлении, равномерное продольное перемещение инструмента параллельно оси заготовки. Первые два движения обеспечивают получение профиля зубьев фрезы, третье движение является движением продольной подачи.

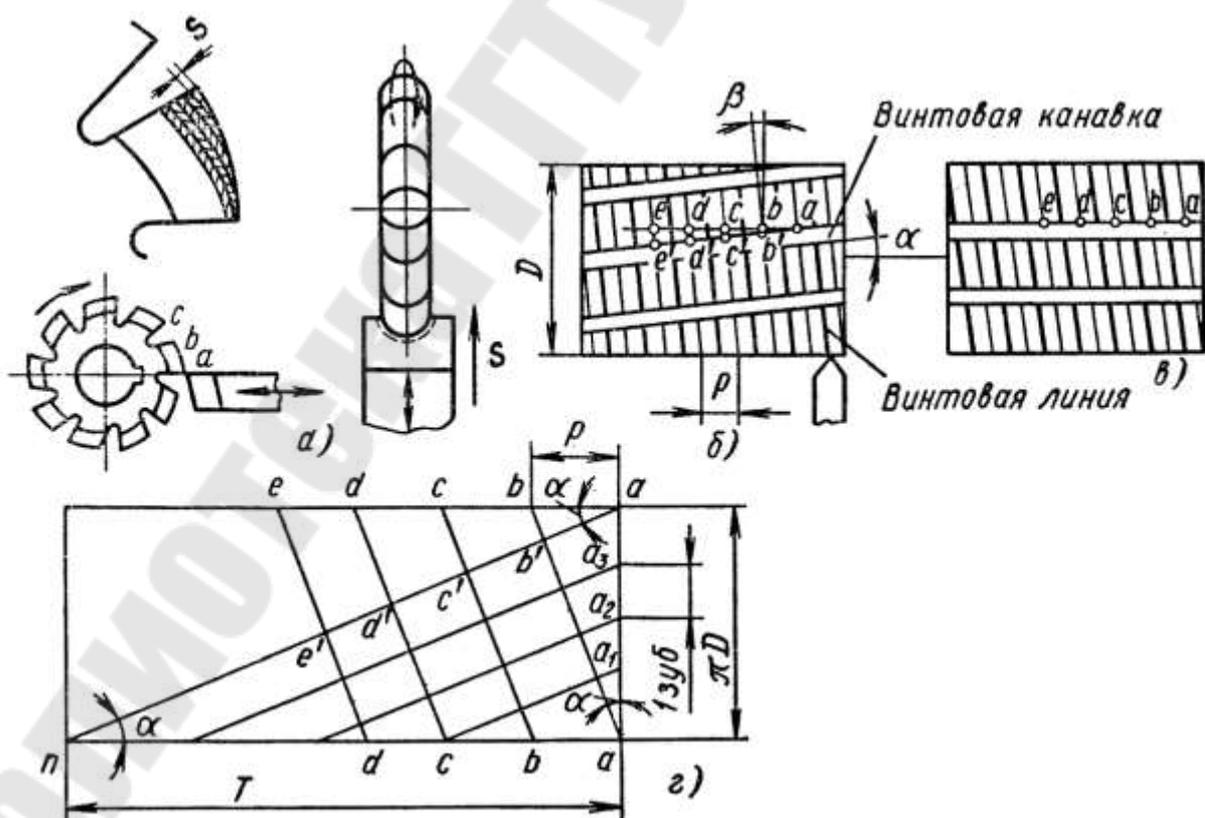


Рисунок 51 – Схемы затылования фрез

Расчетные перемещения конечных звеньев при затыловании цилиндрических фрез с прямыми канавками:

$n \text{ мин}^{-1}$  электродвигателя  $\rightarrow n \text{ мин}^{-1}$  шпинделя;

1 об. шпинделя  $\rightarrow z$  об. кулачка;

1 об. шпинделя  $\rightarrow S$  мм продольного перемещения резца.

При затыловании метчиков с прямыми канавками величина продольной подачи соответствует шагу  $P$  резьбы затылуемого инструмента. Расчетные перемещения для этого случая:

$n \text{ мин}^{-1}$  электродвигателя  $\rightarrow n \text{ мин}^{-1}$  шпинделя;

1 об. шпинделя  $\rightarrow z$  об. кулачка;

1 об. шпинделя  $\rightarrow P$  мм продольного перемещения резца.

При затыловании червячных фрез с винтовыми канавками на станке осуществляются следующие движения: равномерное вращение фрезы; равномерное продольное перемещение инструмента параллельно оси заготовки, соответствующее шагу  $P$  винтовой линии резьбы фрезы; непрерывно повторяющееся возвратно-поступательное движение резца в поперечном направлении. Все три движения связаны между собой. На рис. 51, б показана червячная фреза с винтовыми канавками:  $D$  – диаметр начальной окружности фрезы;  $P$  – шаг резьбы;  $\beta$  – угол подъема винтовой канавки;  $\alpha$  – угол наклона винтовой канавки. Если бы фреза имела прямые канавки (рис. 51, в), то при затыловании было бы необходимо, чтобы после каждого оборота фрезы резец перемещался в продольном направлении на шаг винтовой линии  $P$  и сделав  $z$  двойных ходов за один оборот фрезы, оказывался в точках пересечения винтовой линии резьбы фрезы с канавкой, т. е. в точках  $a, b, c, d, e$  и т. д. При обработке фрезы с винтовыми канавками резец в течение каждого оборота фрезы, по-прежнему смещаясь в продольном направлении на шаг  $P$ , должен делать отличное от  $z$  число двойных ходов. Это вызвано тем, что положение резца в точках  $a, b, c, d, e$  и так далее не соответствует началу затылования очередных зубьев (точки  $a', b', c', d', e'$  и т. д.). Следовательно, расчетные перемещения для затылования червячной фрезы с винтовыми канавками должны отличаться от расчетных перемещений инструмента с прямыми канавками.

На рис 51, г показана развертка условной червячной фрезы, длина которой равна шагу  $T$  винтовой канавки ( $an$  – развертка винтовой канавки фрезы,  $aa$  – развертка начальной окружности фрезы, на которой размещено  $z$  зубьев). Точками  $a, a_1, a_2, a_3$  на торце фрезы обозначены начала винтовых канавок, разделяющих зубья. На длине одного витка резьбы фрезы (отрезок  $ab$ ) размещено больше чем  $z$  зубьев, на отрезке  $ab'$  –  $z$  зубьев и на отрезке  $b'b$  –  $\Delta z$  зубьев. Следовательно, резец за каждый оборот фрезы, проходя один виток резьбы фрезы (отрезки  $ab, bc, cd, de$  и т. д.), должен будет сделать  $(z + \Delta z)$  двойных ходов.

Число зубьев, которые размещены на отрезке  $b'b$ :

$$\Delta z = \frac{bb'}{ab' / z} = \frac{Pz \operatorname{tg} \alpha}{\pi D \cos \alpha / z} = Pz \operatorname{tg} \alpha / \pi D .$$

Учитывая, что  $\operatorname{tg} \alpha = \pi D / T$ ,  $\Delta z = zP / T$ .

Таким образом, за один оборот фрезы резец должен сделать  $(z + zP/T) = z(1 + P/T)$  двойных ходов.

Основные расчетные перемещения при затыловании червячной фрезы с винтовыми канавками:

$n$  мин<sup>-1</sup> электродвигателя →  $n$  мин<sup>-1</sup> шпинделя;

1 об. фрезы →  $z(1 + P/T)$  об. кулачка;

1 об. фрезы →  $P$  мм продольного перемещения резца.

Расчетные перемещения при затыловании цилиндрических фрез с винтовыми канавками:

$n$  мин<sup>-1</sup> электродвигателя →  $n$  мин<sup>-1</sup> шпинделя;

1 об. фрезы →  $z(1 + P/T)$  об. кулачка;

1 об. фрезы →  $S$  мм продольного перемещения резца.

### Универсальный токарно-затыловочный станок 1Б811

На станке, приведенном на рис. 52, производят затылование одно- и многозаходных червячных модульных фрез, а также гребенчатых, дисковых и фасонных фрез и инструментов с прямыми, косыми или торцовыми зубьями. На этом станке можно выполнять также все виды токарных работ. Особенности станка являются: специальная конструкция суппорта, позволяющего осуществлять затыловочные движения; наличие кинематических цепей делительного движения и дополнительного вращения кулачка, отсутствующих у токарно-винторезных станков. Кроме того, у станка 1Б811 имеются дополнительные устройства, обеспечивающие его работу по полуавтоматическому циклу.

#### Техническая характеристика станка

Высота центров, мм.....	260
Расстояние между центрами, мм.....	710
Максимальный диаметр затылуемых деталей, мм:	
над станиной .....	520
над нижней частью суппорта .....	240
Наименьший и наибольший шаги нарезаемой и затылуемой резьб:	
метрической, мм .....	0,5 ÷ 240
дюймовой, число ниток на 1".....	3/16 ÷ 10"

Наибольшая глубина затылования, мм .....	18
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> :	
при прямом вращении.....	2,8 ÷ 63
при обратном вращении.....	8,1 ÷ 192
Подача, мм/об.....	0,1 ÷ 1
Наибольшая длина затылования, мм .....	550

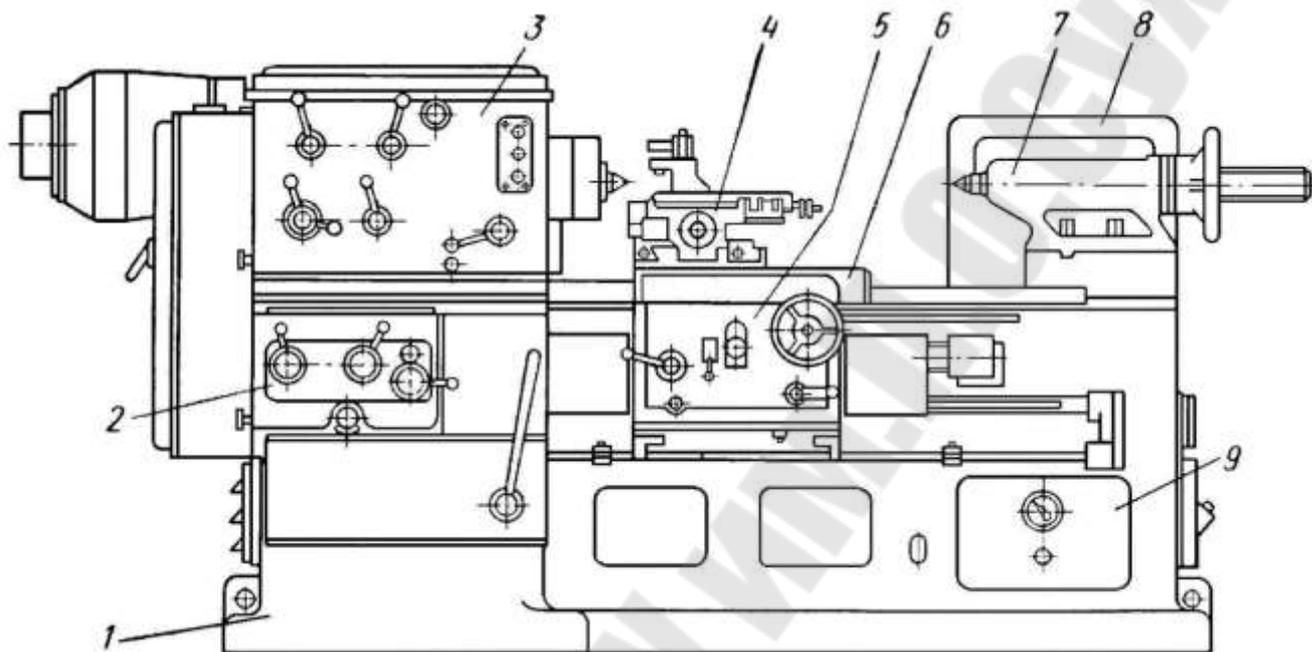


Рисунок 52 – Эскиз общего вида универсального токарно-затыловочного станка модели 1Б811: 1 – станина; 2 – коробка подач; 3 – передняя бабка с коробкой скоростей; 4 – суппорт; 5 – фартук; 6 – каретка; 7 – задняя бабка; 8 – электрошкаф; 9 – гидропривод

**Принцип работы.** Затылуемый инструмент закрепляют на оправке в центрах станка. Режущий инструмент устанавливают в затыловочном суппорте, которому сообщается возвратно-поступательное движение в направлении, перпендикулярном к оси центров (затыловочное движение, согласованное с вращением заготовки), и продольное перемещение по направляющим станины.

При затыловании цилиндрических фрез продольное перемещение суппорту сообщается от ходового вала, а при затыловании червячных фрез – от ходового винта. При затыловании дисковых фрез продольное перемещение суппорта отсутствует.

**Кинематическая схема станка.** Движение шпинделю станка передается от двухскоростного электродвигателя ( $N = 3,0/4,5$  кВт;  $n = 700/1400$  мин<sup>-1</sup>) через коробку скоростей (рис. 53). При рабочем ходе частота вращения электродвигателя 700 мин<sup>-1</sup>, а при обратном – 1400 мин<sup>-1</sup>. Коробка скоростей позволяет получить 12 прямых и 12 обратных значений частот вращения шпинделя. Включение любой из ступеней скорости вращения шпинделя производится переключением блоков, расположенных на валах II, IV и V коробки.

Уравнение кинематического баланса при рабочем ходе, об/мин:

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \frac{25}{56} \frac{22}{46} \left( \text{или } \frac{34}{34}, \text{ или } \frac{28}{40} \right) \frac{24}{68} \left( \text{или } \frac{46}{46} \right) \frac{45}{54} \frac{20}{80} \left( \text{или } \frac{50}{50} \right) \frac{24}{96}.$$

Продольная подача суппорта от ходового вала осуществляется при выключенной гайке ходового винта и включенной муфте  $M_5$ .

Уравнение кинематического баланса:

$$S = 1_{\text{об.шп.}} \frac{26}{34} \frac{44}{58} \frac{27}{54} \left( \text{или } \frac{36}{45}, \text{ или } \frac{45}{36} \right) \frac{27}{54} \frac{27}{54} (M_4) \times \\ \times \frac{25}{28} \frac{28}{28} \frac{28}{28} \frac{28}{25} \frac{1}{30} (M_5) \frac{20}{55} \pi 12 \cdot 3, \text{ мм/об.}$$

От коробки подач вращение может передаваться на ходовой вал, ходовой винт и сменные зубчатые колеса гитары дифференциала. Цепь продольной подачи от ходового вала используют при затыловании цилиндрических фрез с прямыми и винтовыми зубьями.

Продольное перемещение суппорта от ходового винта осуществляется при затыловании зубьев червячных фрез или метчиков. В этом случае необходимо, чтобы за один оборот шпинделя резец, участвующий в сложном движении формообразования винтовой поверхности на цилиндре, переместился на шаг  $P$  резьбы фрезы.

Расчетные перемещения конечных звеньев винторезной цепи станка:

1 об. шпинделя  $\rightarrow S = P$  мм продольного перемещения резца.

Уравнение кинематического баланса винторезной цепи при работе без перебора:

$$S = P = 1_{\text{об.шп.}} \frac{54}{54} \frac{36}{36} \frac{36}{36} \frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} 12, \text{ мм/об,}$$

откуда формула настройки винторезной гитары будет иметь вид:

$$\frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} = \frac{P}{12}.$$

При работе с перебором ( $i_{\text{пер}} = 1/4$ ) уравнение кинематического баланса той же цепи имеет вид:

$$P = 1_{\text{об.шп.}} \frac{96}{24} \frac{50}{50} \frac{54}{54} \frac{36}{36} \frac{36}{36} \frac{a_2}{b_2} \frac{c_2}{d_2} \cdot 12, \text{ мм/об.}$$



$$\frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} = \frac{P}{48}$$

Тогда

При работе перебором ( $i_{\text{пер.}} = 1/16$ ) уравнение кинематического баланса:

$$P = 1_{\text{об.шп.}} \frac{96}{24} \frac{80}{20} \frac{54}{54} \frac{36}{36} \frac{36}{36} \frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} \cdot 12, \text{ мм/об}$$

$$\frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} = \frac{P}{192}$$

откуда

Для дюймовой резьбы  $P = 25,4/k$ ,

где  $k$  – число ниток на дюйм резьбы, т. е.

$$\frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} = \frac{25,4}{12k}$$

**Наладка станка.** При затыловании дисковых фрез шпинделю сообщается вращательное движение, а резцу – возвратно-поступательное в поперечном направлении. Расчетные перемещения:

$n$  мин<sup>-1</sup> электродвигателя →  $n$  мин<sup>-1</sup> шпинделя;

1 об. шпинделя →  $z$  об. кулачка;

где  $z$  – число зубьев затылуемой фрезы.

Уравнение кинематического баланса цепи деления:

$$z = 1_{\text{об.шп.}} \frac{96}{24} \frac{80}{20} \left( \text{или} \frac{50}{50} \right) \frac{44}{36} (M_4) \frac{45}{33} \frac{1}{2} \frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} \frac{27}{27},$$

$$\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{3z}{40} \quad \text{или} \quad \frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{3z}{10}$$

откуда

Храповая муфта  $M$  предназначена для выключения вращения кулачка  $K$  при быстром обратном ходе продольного суппорта и для останова кулачка при отведенном положении затыловочного суппорта.

При затыловании цилиндрических фрез с прямыми канавками расчетные перемещения конечных звеньев:

$n$  мин<sup>-1</sup> электродвигателя →  $n$  мин<sup>-1</sup> шпинделя;

1 об. шпинделя →  $z$  об. кулачка;

1 об. шпинделя →  $S$  мм продольного перемещения резца.

Наладку главного движения и движения цепи деления производят аналогично наладке при затыловании дисковых фрез. Продольная подача инструмента осуществляется от ходового вала.

При затыловании цилиндрических фрез с винтовыми канавками расчетные перемещения конечных звеньев:

$n \text{ мин}^{-1}$  электродвигателя  $\rightarrow n \text{ мин}^{-1}$  шпинделя;

1 об. шпинделя  $\rightarrow (z + zS/T)$  об. кулачка;

1 об. шпинделя  $\rightarrow S$  мм продольного перемещения резца.

В этом случае необходимо выполнить все наладочные расчеты, как при наладке на затылование цилиндрических фрез с прямыми канавками, и дополнительно произвести наладку цепи дифференциала, т. е. сообщить кулачку дополнительное вращение. Это осуществляется от ходового вала или

ходового винта через сменные колеса гитары дифференциала  $\frac{a_3 c_3}{b_3 d_3}$ . Расчет при наладке станка на дополнительное вращение кулачка ведется из условия, что при воображаемом перемещении суппорта на шаг винтовой канавки  $T$  кулачок совершает дополнительно  $\pm z$  оборотов. Знак «плюс» соответствует увеличению числа двойных ходов резца, знак «минус» – уменьшению этого числа. При правом направлении винтовых линий червячной фрезы берут знак «минус», при левом – знак «плюс». Иначе говоря, необходимо, чтобы за один оборот шпинделя (заготовки) кулачок дополнительно получил  $zS/T$  оборотов при подаче от ходового вала или  $zP/T$  оборотов при подаче от ходового винта. Для этого в станке предусмотрена цепь дифференциала.

При затыловании цилиндрических фрез с винтовыми канавками муфту  $M_3$  и гайку ходового винта выключают, а муфту  $M_5$  и тройной блок на валу  $XX$  включают; при этом продольная подача суппорта происходит с помощью ходового вала. Учитывая, что один оборот шпинделя при этом соответствует  $S$  мм продольного перемещения суппорта с резцом, расчетные перемещения цепи дифференциала будут иметь вид:

$S$  мм продольного перемещения суппорта  $\rightarrow zS/T$  оборотов кулачка.

Уравнение кинематического баланса цепи дифференциала для этого случая:

$$z \frac{S}{T} = \frac{S}{\pi \cdot 12 \cdot 3} \cdot \frac{55}{20} \frac{30}{1} \frac{25}{28} \frac{28}{28} \frac{28}{25} \frac{28}{60} \frac{20}{76} \frac{26}{36} \frac{48}{42} \frac{42}{b_3} \frac{a_3}{d_3} \frac{c_3}{19} \frac{3}{2} \frac{1}{b_1} \frac{a_1}{d_1} \frac{c_1}{27} \frac{27}{27},$$

так как  $\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{3z}{10}$ , то  $\frac{a_3 c_3}{b_3 d_3} \approx \frac{380}{T}$ .

При затыловании червячных фрез с винтовыми канавками расчетные перемещения конечных звеньев:

$n \text{ мин}^{-1}$  электродвигателя  $\rightarrow n \text{ мин}^{-1}$  шпинделя;

1 об. шпинделя  $\rightarrow (z + zP/T)$  об. кулачка;

1 об. шпинделя  $\rightarrow P$  мм продольного перемещения резца.

Наладка цепи главного движения и цепи деления аналогична описанной выше. Продольная подача инструменту сообщается от ходового винта, от него же осуществляется дополнительное вращение кулачку. В этом слу-

чае муфту  $M_3$  включают, а тройной блок на валу ХХ выключают, и движение от ходового винта передается кулачку  $K$  через конические колеса  $\frac{48}{36}$ , цилиндрическую зубчатую передачу 42/42, сменные зубчатые колеса  $\frac{a_3 c_3}{b_3 d_3}$ , червячную передачу  $\frac{3}{19}$ , дифференциал, гитару деления  $\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1}$  и коническую пару колес  $\frac{27}{27}$ .

Расчетные перемещения цепи дифференциала при затыловании червячных фрез:

1 об. шпинделя  $\rightarrow zP/T$  об. кулачка.

Уравнение кинематического баланса цепи дополнительного вращения кулачка (цепи дифференциала):

$$\frac{zP}{T} = 1_{\text{об.шпн}} \frac{54}{54} \frac{36}{36} \frac{36}{36} \frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} \frac{48}{36} \frac{42}{42} \frac{a_3 c_3}{b_3 d_3} \frac{3}{19} \frac{1}{2} \frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} \frac{27}{27}.$$

Так как  $\frac{a_2 c_2}{b_2 d_2} = \frac{P}{12}$  и  $\frac{a_1 c_1}{b_1 d_1} = \frac{3z}{10}$ , то  $\frac{a_3 c_3}{b_3 d_3} = \frac{380}{T}$ , а при работе с перебором

$$i_{\text{пер}} = \frac{1}{16} \frac{a_3 c_3}{b_3 d_3} = \frac{1520}{T}.$$

## 10 КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

Во избежание температурных влияний окружающей среды на точность работы эти станки необходимо устанавливать в изолированном помещении, где поддерживается температура 20 °С.

Основной особенностью одностоечного координатно-расточного станка 2А450 (рис. 54) является то, что он оборудован оптическими устройствами, позволяющими отсчитывать целую и дробную части размера. Поэтому точность отсчета перемещений стола не зависит от механизмов, перемещающих стол, и не нарушается даже при изнашивании этих механизмов. В условиях нормальной эксплуатации станок обеспечивает точность установки межцентровых расстояний в прямоугольной системе координат 0,001 мм, в полярной системе – 5 угл. с.

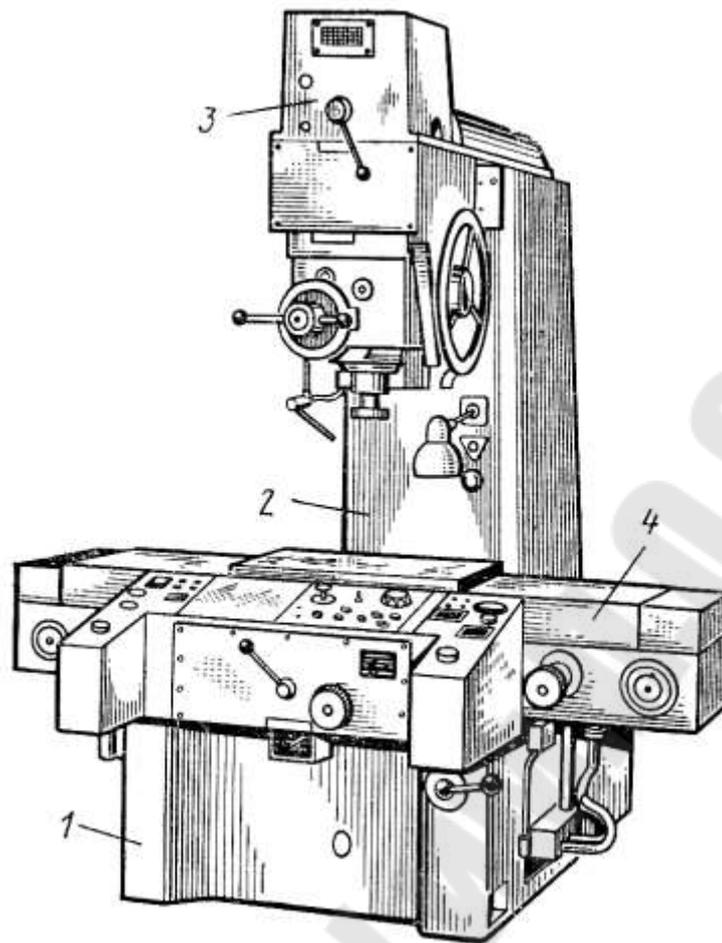


Рисунок 54 – Общий вид координатно-расточного станка:  
1 – станина; 2 – стойка; 3 – шпиндельная бабка; 4 – стол

Координаты отсчитывают с помощью точных масштабных зеркальных валиков и оптических приборов. Зеркальные валики представляют собой стержни из коррозионно-стойкой стали, на которых нанесены тонкие винтовые риски с точным шагом. Поверхность валиков доведена до зеркального блеска. Координаты устанавливают по точным шкалам при наблюдении через специальные микроскопы. Зеркальный валик размещают на столе станка и перемещают вместе с ним. На рис. 55 показана схема хода лучей при наблюдении продольно расположенного размера. От осветительного элемента 3 на поверхность валика 2 направляется пучок света, который отражается от валика и, проходя через ряд призм и линз, попадает в микроскоп 1. В микроскоп видна освещенная поверхность валика и риска 5. Риска может быть в положениях  $s_1$ ,  $s_2$  или  $s_3$ . Для правильного отсчета положений стола его надо передвигать до тех пор, пока риска 5 не расположится точно между двумя неподвижными линиями 4 визира (эти линии нанесены на тонкую стеклянную пластинку). Следовательно, если риска 5 видна в положениях  $s_1$ , или  $s_2$ , то стол нужно сдвинуть так, чтобы риска заняла положение  $s_2$ .

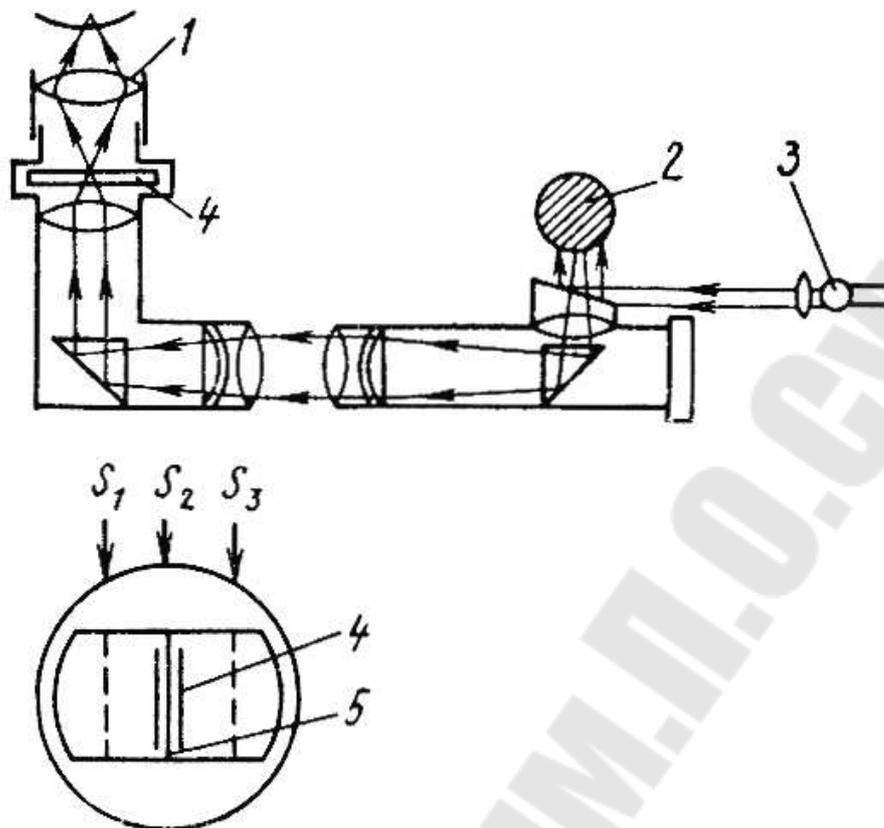


Рисунок 55 – Оптическая система для отсчета положения стола

Перемещения измеряют с помощью шкал зеркальных валиков. Перемещения, равные целым миллиметрам, отсчитывают по масштабным линейкам с миллиметровыми делениями. Перемещения, составляющие доли миллиметров, отсчитывают по лимбам, закрепленным на валиках со шкалами. Точность отсчетов зависит от точности шага рисок масштабного валика.

Сущность индуктивного метода отсчета координат, который применяют на некоторых координатно-расточных станках, состоит в следующем. На станке имеется индуктивный винтовой механизм (рис. 56), который содержит винт-якорь 5 и датчик, состоящий из проходных гаек 1 и 2 с шагом 5 мм. Шаг винта-якоря также равен 5 мм. Датчик прикреплен к столу и перемещается вместе с ним. Гайки являются сердечниками, на которые намотаны катушки, создающие в гайках магнитный поток при прохождении тока. Между наружной поверхностью винта и внутренней поверхностью гайки имеется радиальный зазор  $0,3 \div 0,4$  мм.

Каждая из гаек-сердечников смещена относительно другой на полшага. Суммарные воздушные зазоры между торцами витков гаек 1 и 2 и винта-якоря 5 будут равны и минимальны лишь в одном относительном положении. Это положение повторяется на каждом шаге винта-якоря. Во всех других случаях при перемещении в пределах шага увеличение зазоров в одном полудатчике сопровождается уменьшением их в другом. Это приводит к изменению силы тока в цепи электроиндикатора (микроамперметра со шкалой  $\pm 100$  мкА). Когда зазоры в обоих полудатчиках равны, сила тока в цепи электроиндика-

тора будет равна нулю. Таким образом, при перемещении датчика вместе со столом относительно винта будет фиксироваться точное положение стола через каждые 5 мм.

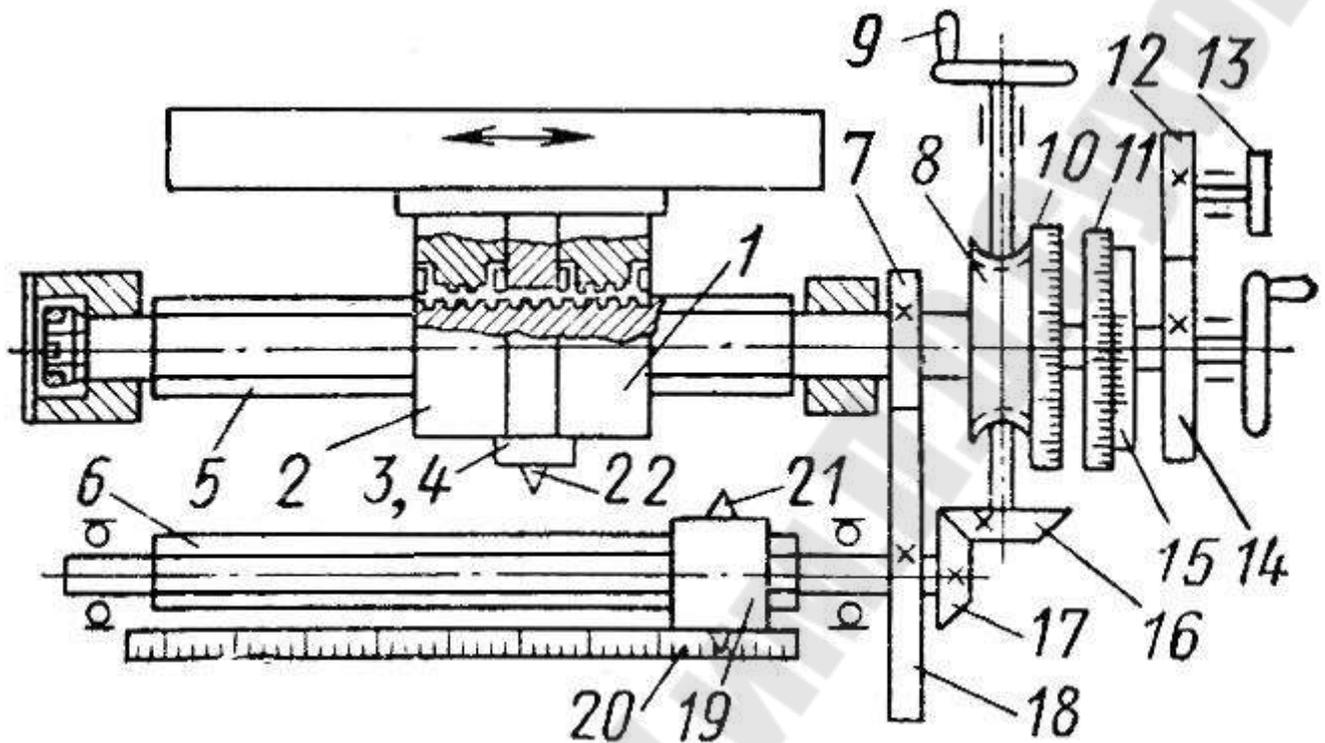


Рисунок 56 – Эскиз индуктивного винтового механизма

Установка точного положения стола в пределах меньше 5 мм (до 0,001 мм) достигается следующим образом. При наборе координат винт-якорь 5 поворачивают вокруг оси маховичком 9 через конические колеса  $Z_{16}/Z_{17}$  и цилиндрическую передачу  $Z_{18}/Z_7$ . Величину поворота винта-якоря наблюдают по лимбу. Затем при работе станка, когда стол движется, датчик точно фиксирует нулевое положение.

Таким образом, создается непрерывная индуктивная шкала отсчета координат. Учитывая, что датчик при движении со столом фиксирует каждый шаг винта-якоря, т. е. каждые 5 мм, необходимо, чтобы электроиндикатор включался только перед требуемым витком. Для этого служит передвижной упор 21, который устанавливают при наборе координат в соответствии с требуемым размером напротив заданного витка винта-якоря. Упор 21 закреплен на гайке 19, находящейся на вспомогательном винте 6. Винт 6 вращается от маховичка 9 через конические колеса  $Z_{16}/Z_{17}$ .

На датчике закреплены два микропереключателя 4 и 3, которые последовательно срабатывают при нажатии на упор 22 во время движения стола. Микропереключатель 4 за  $2,5 \div 3$  мм до требуемой координаты выключает быстрый ход стола или салазок и одновременно включает медленную рабочую подачу. Микропереключатель 3 срабатывает за  $0,8 \div 1,2$  мм до заданной координаты, подготавливая реле для подачи команды «Стоп» электродвигателю

привода стола, а также включает электроиндикатор и его сигнальную лампочку. При достижении столом заданного размера датчик подает сигнал поляризованному реле, а от него через промежуточное реле магнитному пускателю, отключающему электродвигатель привода подачи, и стол автоматически останавливается. Точность останова зависит от скорости движения стола и составляет  $\pm 0,02$  мм.

Для наладки на требуемую координату служит лимб 10, приводимый во вращение маховичком 9 через червячную пару и показывающий величину в миллиметрах, лимб 11, указывающий доли миллиметров, и нониусный лимб 15, с помощью которого устанавливают тысячные доли миллиметров. Точно винт 5 и его лимбы устанавливают рукояткой 13 через зубчатые колеса 12 и 14.

После обработки первого базового отверстия лимб 11 устанавливают в нулевое положение. Отключают лимб 11 фрикционной муфтой. Лимб 10 связывается с червячным колесом 8 фрикционными пальцами, находящимися под воздействием пружин. Благодаря этому лимб можно также установить в нулевое положение. Положение стола определяют по линейке 20.

Для автоматического исправления ошибок отсчетного механизма (неточность шага и биение винта-якоря, неточность электрической системы механизма) имеется специальный корректирующий диск, который через рычажную систему в соответствии с заранее обнаруженными ошибками поворачивает нониусный лимб. Конструкция и принцип работы датчика для набора и установки поперечных координат аналогичны рассмотренным.

## **11 ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ**

Электрофизические методы обработки деталей, основанные на различных процессах энергетического воздействия на твердое тело, получают в настоящее время большое распространение. Они позволяют обрабатывать заготовки из твердых сплавов, жаропрочных и других материалов, не поддающихся резанию. Характерными свойствами этих методов являются возможность обработки независимо от твердости, возможность копирования по всей поверхности заготовки при простом поступательном перемещении. Обработка детали производится практически без силового воздействия, а автоматизация процесса не вызывает трудностей.

На станках данной группы изготавливают сложные штампы, пресс-формы, фильеры и другие детали, в том числе имеющие малые размеры отверстий (до 0,05 мм).

### **11.1. Электроэрозионные станки**

Электроэрозионная обработка основана на тепловом действии импульсных электрических разрядов, возбуждаемых между электрод-инструментом и обрабатываемой заготовкой. Метод основан на разрушении материала обрабатываемой детали при помощи прерывистых дуговых разрядов. При искро-

вом разряде сфокусированный поток электронов, двигаясь с большой скоростью от одного электрода к другому, создает на поверхности электродов ударные волны сжатия. Возникшее в металле механическое напряжение распространяется по всем направлениям. Достигнув первоначальной поверхности, ударная волна отражается от нее и меняет знак на обратный, вследствие чего происходит выброс частиц металла в направлении, встречном направлению ударной волны сжатия. Электрод постепенно погружается в заготовку, копируя в ней свою форму.

В зависимости от вида применяемых разрядов эрозионные станки делятся на три вида, получивших широкое применение: электроискровые, электроимпульсные и анодно-механические.

## 11.2. Электроискровые станки

Основу электроискрового метода обработки металлов составляет процесс электроэрозии металлов. Сущность его заключается в том, что под воздействием коротких искровых разрядов, посылаемых источником электрического тока, металл разрушается. При обработке на электроискровом станке для прошивки отверстий (рис. 57, а) заготовку 2 погружают в бак с жидкостью и соединяют с положительным полюсом, выполняющим функции анода. Электрод (инструмент) 4, являющийся катодом, соединяют с отрицательным полюсом и укрепляют на ползуне 5, имеющем вертикальное перемещение по направляющим 6. Заготовка 2, стол 1, на котором ее закрепляют, корпус бака и станина станка электрически соединены между собой и заземлены, так что их электрический потенциал всегда равен нулю. Это необходимо для безопасности работы на станке.

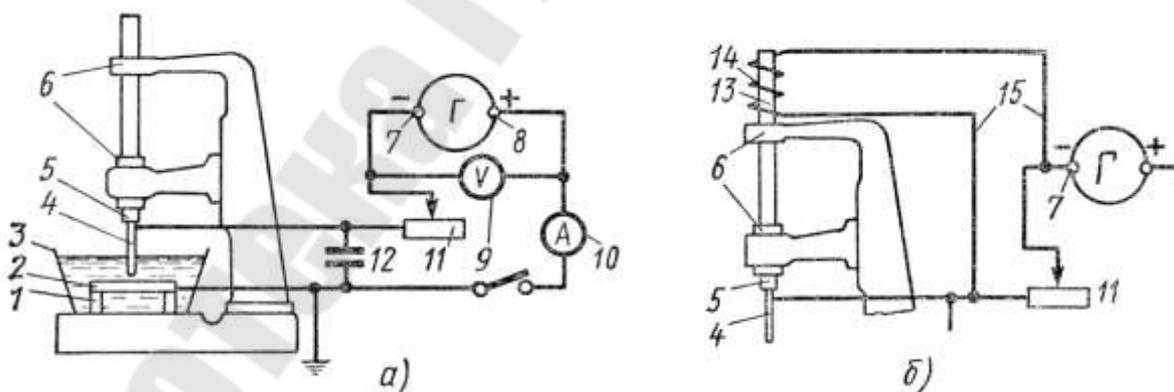


Рисунок 57 – Схемы электроискровых станков:

а – для электроискровой прошивки отверстия; б – соленоидный регулятор

Если, опустив ползун 5, прикоснуться электродом 4 к заготовке 2, то в электрической цепи пойдет электрический ток от отрицательной клеммы 7 генератора Г к положительной клемме 8. В электрическую цепь включен резистор 11. Это катушка из длинной тонкой проволоки. Изменяя сопротивление, можно регулировать силу тока, контролируя ее по амперметру 10.

Для того чтобы получить импульсные разряды, непрерывно следующие

друг за другом, между электродом 4 и заготовкой 2 в электрическую схему станка включается конденсаторная батарея 12. Ее включают параллельно заготовке 2 и электроду 4. Если замкнуть выключатель электрической цепи при разведенных электродах станка, то в первый момент стрелка амперметра 10 резко отклонится и постепенно возвратится на 0. Стрелка вольтметра 9, наоборот, плавно отклонится от того значения напряжения, которое создается генератором. Это означает, что произошла зарядка конденсаторов. Теперь можно приблизить электрод к заготовке. Как только расстояние между ними станет небольшим, произойдет электрический разряд. При этом вся энергия, накопленная в конденсаторах, разрядится в промежутке между электродом и заготовкой, и чем больше запас энергии, тем больше будет электрическая эрозия анода (заготовки).

После разряда электрический ток между электродом и деталью исчезнет, так как вся энергия, накопленная в конденсаторах, израсходована, и снова начинается зарядка конденсаторной батареи. Следующий разряд произойдет как только конденсаторы зарядятся. Этот процесс происходит непрерывно, импульсные разряды следуют один за другим до тех пор, пока не закончится обработка.

Во время обработки электрод 4 не должен касаться заготовки, иначе произойдет короткое замыкание. Между электродом 4 и заготовкой всегда должен поддерживаться небольшой, так называемый искровой промежуток. Это достигается с помощью различных устройств. Наиболее простое устройство – соленоидный регулятор (рис. 57, б). К верхнему концу ползуна 5 прикреплен стальной стержень-сердечник 13, который входит внутрь катушки (соленоида) 14, присоединенной к основной цепи. Присоединение сделано по разным сторонам резистора 11 так, что концы проводов 15 находятся под разными потенциалами.

Когда электрод 4 прикоснется к заготовке, электрическая цепь станка замкнется и в ней потечет электрический ток. Тогда на концах катушки 14 создается разность потенциалов, и в ней также потечет электрический ток. Сердечник 13 намагнитится и втянется в катушку 14, т. е. поднимется, поднимая вместе с собой ползун 5 и электрод 4. Искровой промежуток 3 между электродом 4 и заготовкой 2 восстановится, и основная электрическая цепь окажется разорванной – ток в ней исчезнет. Одновременно исчезнет ток и в катушке соленоида. Сердечник 13 размагнитится, перестанет втягиваться в катушку и под действием собственной массы опустится. Вместе с ним опустятся ползун 5 и электрод 4. Между электродом и заготовкой снова произойдет электрический разряд. По мере углубления отверстия электрод будет опускаться под действием силы тяжести.

Так будет продолжаться, пока идет процесс прошивки отверстия. Соленоидный регулятор автоматически постепенно опускает электрод по мере увеличения глубины отверстия. Если электрод можно сравнить с инструментом, то соленоидный регулятор может быть уподоблен механизму подачи. Электроды, применяемые при электроискровой прошивке, делают из мягкой латуни.

Электрод должен иметь профиль, подобный профилю прошиваемого отверстия. Если диаметр отверстия больше 6 мм, то электрод лучше делать пустотелым.

Электроискровой прошивкой удается изготавливать отверстия с криволинейной осью (рис. 58). Электрод 2 из латунной проволоки изогнут по дуге окружности, радиус которой равен радиусу закрепления оси отверстия. Электрод укреплен в держателе 3, который может поворачиваться вокруг оси 1. Держатель 3 вокруг оси 1 поворачивается с помощью шнура 4, верхний конец которого прикреплен к соленоидному регулятору. В остальном процесс совершается так же, как и при прошивке отверстий с прямолинейной осью.

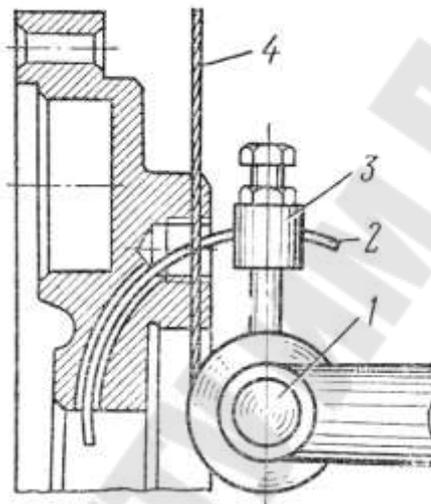


Рисунок 58 – Схема прошивки отверстий с криволинейной осью

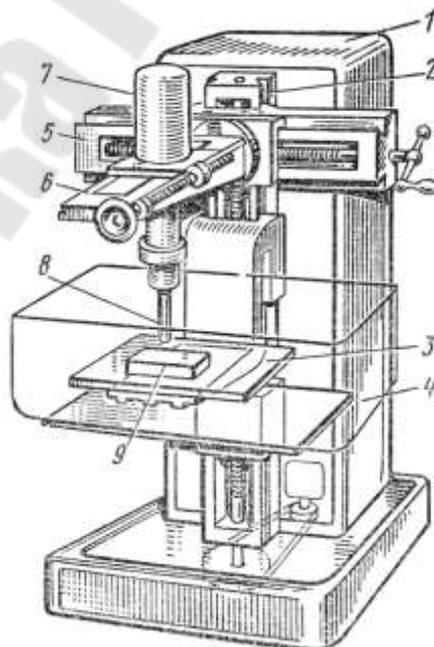


Рисунок 59 – Универсальный электроискровой станок

Универсальные электроискровые станки обычно имеют вертикальную ком-

поновку (рис. 59). Автоматический регулятор подач 7 сообщает вертикальные перемещения электроду-инструменту 8. Ванну 4 с заготовкой 9, установленной на столе 3, можно перемещать в вертикальном направлении с помощью электромеханического привода. Суппорт 5 при обработке отверстий с криволинейной осью поворачивается вокруг горизонтальной оси. Поперечный суппорт 6 перемещается по направляющим продольного суппорта. Продольный суппорт 5 установлен на направляющих 2 станины. Механизмы станка находятся внутри корпуса 1.

### 11.3. Электроимпульсные станки

Электроискровой метод обработки металлов вытесняется электроимпульсной обработкой. Это объясняется тем, что электроискровая обработка имеет ряд серьезных недостатков: производительность сравнительно низкая; износ электрода-инструмента относительно большой (например, износ латунных электродов составляет  $25 \div 30$  % объема металла, снятого с заготовки), что значительно удорожает этот вид обработки и затрудняет получение необходимой точности. Кроме того, электроискровая обработка требует большого расхода электроэнергии. Электроимпульсный способ обработки металлов не лишен полностью недостатков электроискрового метода, однако является более производительным.

В электрической схеме (рис. 60) электроимпульсного станка отсутствуют конденсаторы, которые были нужны в электроискровом станке для получения импульсных разрядов. В электроимпульсном станке импульсные разряды, необходимые для электрической эрозии, создаются (генерируются) в специальном генераторе импульсов. Роль такого генератора импульсов играют преобразователь 1 и селеновый выпрямитель 2. Преобразователь 1 изменяет (преобразует) напряжение и частоту переменного тока; его подключают к заводской сети (напряжение 380 В, частота 50 Гц). На выходных зажимах преобразователя получают ток с более низким напряжением (50 В) и повышенной частотой (490 Гц). Селеновый выпрямитель 2 пропускает ток только в одном направлении. Таким образом, в течение 1 с получают 490 импульсов. При этом между электродом 3 и заготовкой 4 происходят электрические разряды. Заготовке сообщается колебательное движение в направлении подачи, что предохраняет электроды от короткого замыкания.

В отличие от электроискровой обработки при электроимпульсном процессе заготовка соединена с катодом (–) электрической цепи, а инструмент – с анодом (+). Обработку ведут в жидкой среде (в маслах низ кой вязкости: индустриальное 12, трансформаторное, а также в керосине и др.). Электроды изготовляют из меди, алюминия, чугуна, графита и т. д. Процесс электроимпульсной обработки основан на расплавлении малых объемов металла электродов в тех местах, где между ними проскакивают электрические разряды. Каждый разряд снимает очень небольшое количество металла, но так как разряды происходят очень часто, один за другим, то общий объем металла достаточно велик. По мере съема металла электрод-инструменту сообщается подача.

Электроимпульсный метод позволяет производить обработку на не-

больших площадях (до 180 см<sup>2</sup>) с высокой производительностью (4000 мм<sup>3</sup>/мин).

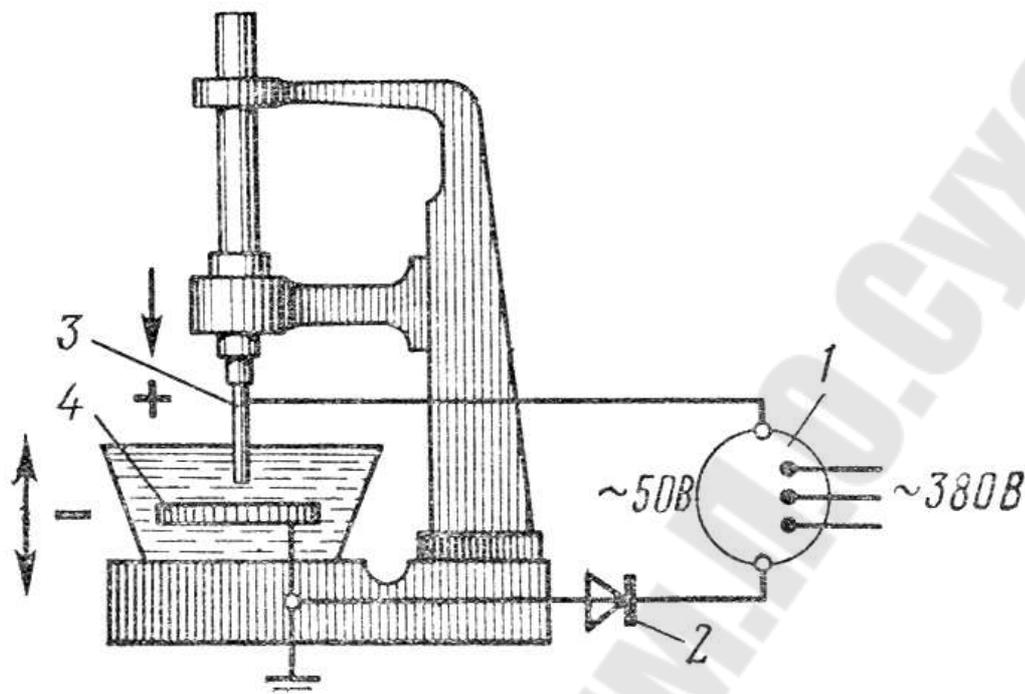


Рисунок 60 – Эскиз станка для электроимпульсной обработки.

**Электроимпульсный копировально-прошивочный станок 4723М** (рис. 61) предназначен для обработки сложных фасонных отверстий и полостей в деталях из жаропрочных и твердых сплавов, изготовления ковочных штампов из закаленных, высоколегированных и инструментальных сталей.

Механическая система станка имеет устройства для установки инструмента и заготовки, ванну для диэлектрической жидкости, механизмы установочных и рабочих перемещений инструмента, систему хранения и снабжения диэлектрической жидкости, средства контроля и измерения перемещения инструмента.

Инструментальная головка 5 смонтирована в направляющих г-образной траверсы 6. На ее шпиндель установлен электрод 3, получающий вертикальную подачу: медленную, для рабочих ходов, осуществляемую от регулируемого шунтового электродвигателя постоянного тока, и быструю – от асинхронного электродвигателя. Величина хода шпинделя отсчитывается по механизму 4. Для форсирования работы шпиндель станка может иметь от электромагнитного вибратора вертикальные вибрации с частотой 100 Гц. Электрод состоит из рабочей части с поверхностями, участвующими в формообразовании, и вспомогательных элементов, необходимых для фиксации положения и закрепления электродов.

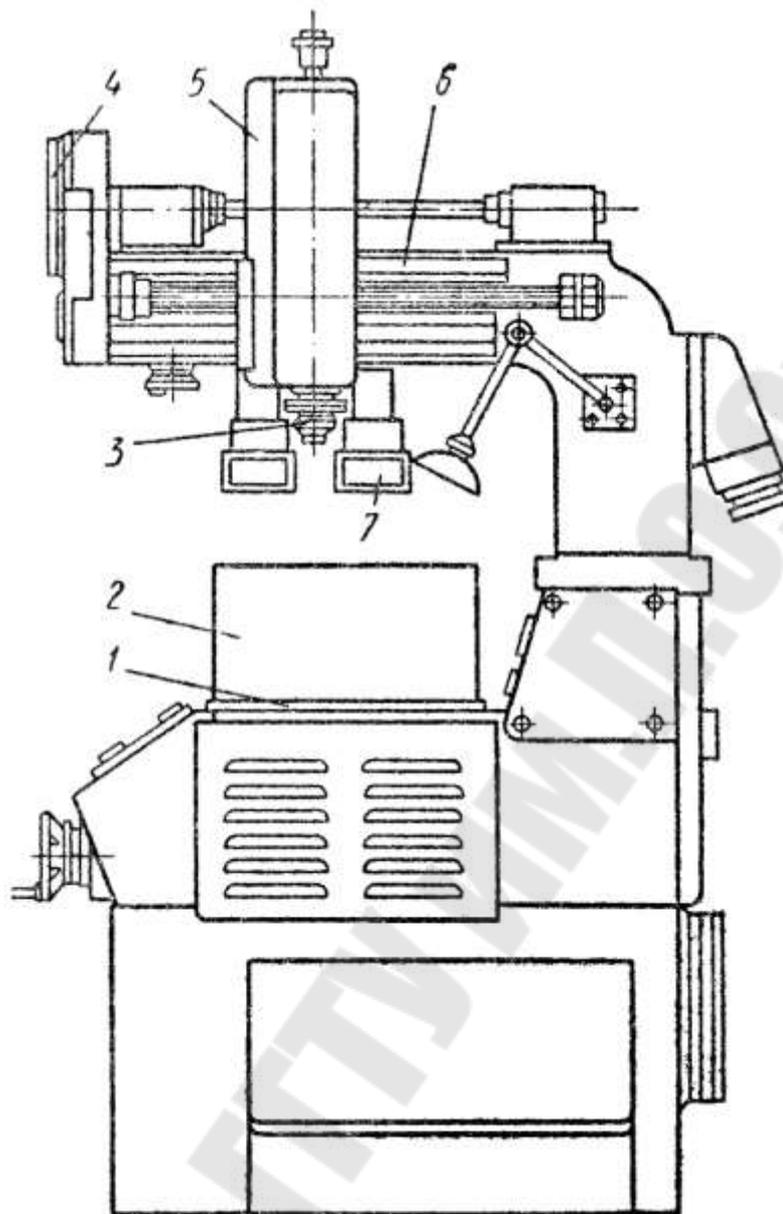


Рисунок 61 – Эскиз электроимпульсного копировально-прошивного станка 4723М

Деталь устанавливают на рабочем столе 1 при опущенной подъемной ванне 2. Во время работы ванна, заполнена диэлектрической жидкостью (индустриальное масло 12). Жидкость прокачивается в ванну через электрод. Образующиеся в процессе работы пары и газы отсасываются через вентиляционные головки 7.

Станок обеспечивает точность координатных перемещений инструментальной головки 0,02 мм, шероховатость поверхности Ra 0,4 ÷ 0,6 мкм. Производительность при черновой обработке 3500 мм<sup>3</sup>/мин. Размеры рабочей поверхности стола 400 × 500 мм, наибольшая масса заготовки 450 кг.

Электрическая система станка включает устройства токопроводов и коммуникаций, электропривода, контрольно-измерительную аппаратуру и регулятор межэлектродного зазора.

## 11.4. Анодно-механические станки

При анодно-механической резке (рис. 62) электрод-инструмент делают обычно в виде диска, быстро вращающегося вокруг своей оси. В пространство между обрабатываемой заготовкой 1 и вращающимся электродом-диском 2 подается по трубке 3 электролит. Электрод-диск, изготовленный из мягкой стали, и заготовка присоединены, как при электроискровой обработке, к генератору постоянного тока 4 (диск – к отрицательному, а деталь – к положительным клеммам). В отличие от электроискровой обработки жидкость, которая находится между электродом-диском и заготовкой, проводит электрический ток. Из-за соприкосновения диска с заготовкой и наличия электролита между диском и заготовкой непрерывно проходит электрический ток. При анодно-механической резке диск имеет медленную поперечную подачу.

Сущность процесса состоит в следующем. Жидкость-электролит, которая подается в пространство между диском 1 и заготовкой 2, растворяет под действием тока металл, образуя на поверхности заготовки тонкую пленку 3 (рис. 63, а). Тонкая пленка, имеющая низкую прочность, легко соскабливается быстро вращающимся диском. На ее месте вновь образуется пленка, которая вновь счищается диском при дальнейшем его вращении. Таким образом, непрерывно происходит электрохимическое разъедание поверхности детали.

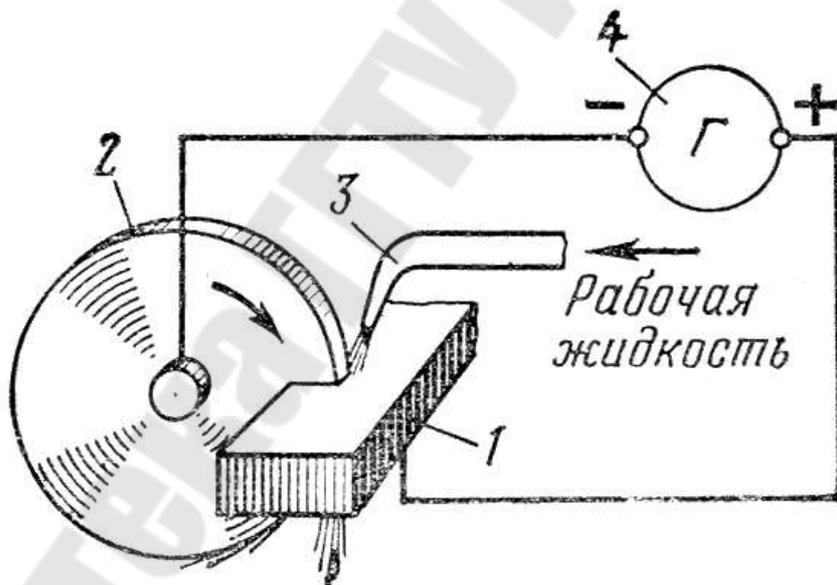


Рисунок 62 – Схема анодно-механической резки

Вершины неровностей на поверхности заготовки (рис. 63, б) отделены от диска очень небольшим промежутком, через который легко проскакивает разряд, и подвергаются электрической эрозии: они расплавляются и частички выносятся вращающимся диском из места разреза в виде снопа искр. Таким образом, при анодно-механической обработке происходят одновременно два процесса: электрохимическое разъедание поверхности и электрическая эрозия. В качестве рабочей жидкости-электролита применяют водный раствор жидкого стекла.

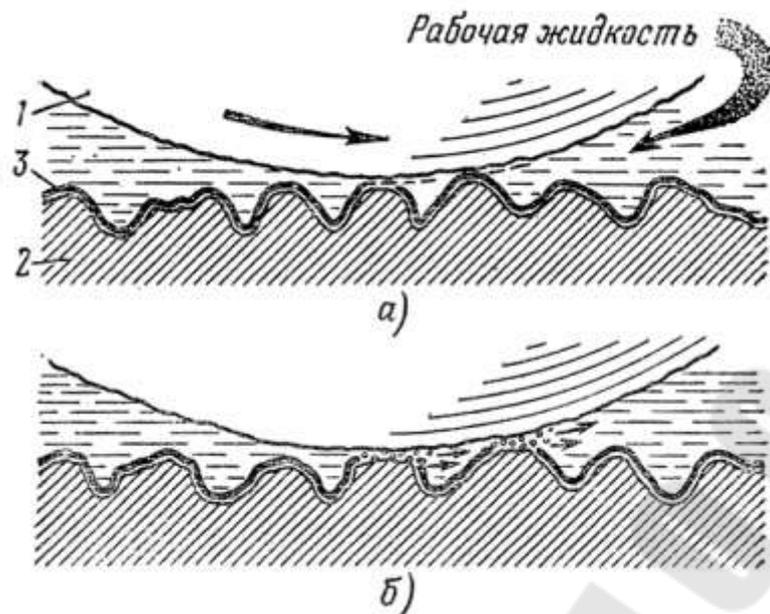


Рисунок 63 – Схема процессов, происходящих при анодно-механической обработке: *а* – электрохимическое растворение; *б* – электрическая эрозия

Анодно-механическая обработка получила наибольшее распространение при резке металлических заготовок и заточке режущих инструментов; эту обработку можно использовать и для чистовой доводки поверхностей. Для анодно-механической резки применяют станки различных конструкций. Разрезаемый пруток *10* (рис. 64) зажимают в тисках *9*. Диск *3* из листовой стали укреплен на оси, расположенной в маятнике *4*, который может поворачиваться вокруг оси *б*. Поворотом маятника обеспечивается необходимая подача. Подача регулируется гидравлическим регулятором *5*. Диск вращается от электродвигателя *7* с помощью ременной передачи *8*. Рабочая жидкость подается насосом *11* к соплу *2*. Отработанная жидкость собирается в коробке *1*. Скорость вращения диска обычно равна  $15 \div 25$  м/с, напряжение тока  $20 \div 30$  В. Силу тока выбирают в зависимости от диаметра разрезаемого прутка. При диаметре 40 мм сила тока равна 80 А, а при диаметре  $200 \div 250$  мм –  $300 \div 350$  А. Плоскость реза получается достаточно чистой и не требуется никакой дополнительной обработки. Если заменить диск стальной бесконечной лентой толщиной 0,8–1,2 мм и шириной 12–20 мм, то можно осуществить фигурную резку.

При анодно-механической заточке инструмент *3* (рис. 65) закрепляют в тисках *4*, которые присоединяют к положительному зажиму генератора постоянного тока. Заточка производится быстровращающимся диском *1*, изготовленным из меди, чугуна или низкоуглеродистой стали. В зону соприкосновения затачиваемого инструмента с диском подается через сопло *2* рабочая жидкость (водный раствор жидкого стекла).

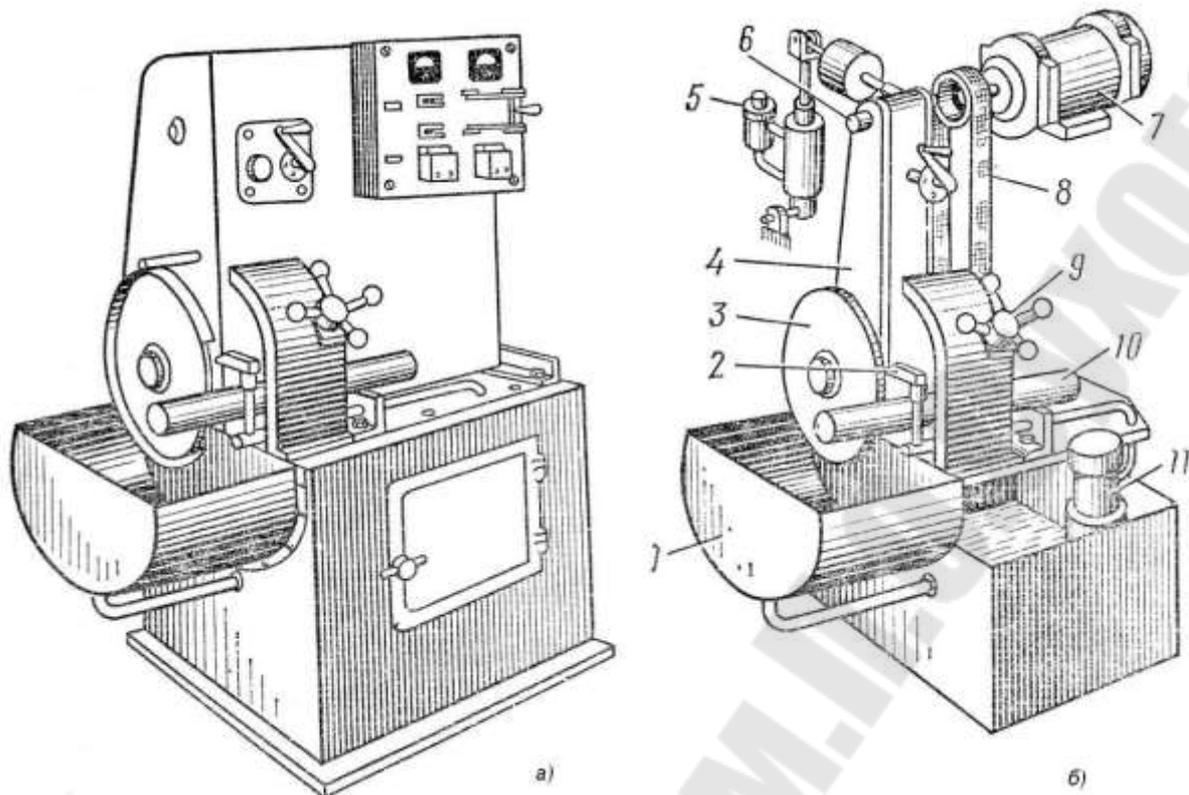


Рисунок 64 – Общий вид (а) и схема анодно-механического станка

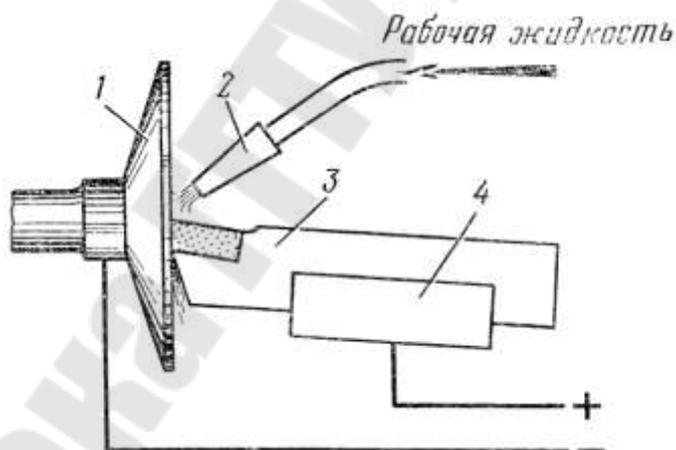


Рисунок 65 – Схема анодно-механической заточки инструмента

Анодно-механическую заточку и доводку производят за три перехода: обдирка, шлифование и доводка. Все эти переходы выполняют на одном и том же станке за одну установку затачиваемого инструмента, изменяют только электрические режимы обработки. Обдирку ведут при напряжении 20 В, шлифование – при напряжении 15 В; при доводке напряжение снижают до 10 В. В результате изменения напряжения меняется и характер обработки. При обдирке снимается большой слой металла (1 ÷ 1,5 мм). Это необходимо для того, чтобы придать инструменту требуемую форму. При шлифовании глубина снимаемого слоя не превышает 0,1 мм. Доводкой снимается незначительный по толщине слой, составляющий всего 0,01 ÷ 0,03 мм.

**Электроэрозионный вырезной станок 4732 ФЗ с ЧПУ** предназначен

дня обработки заготовок сложного контура с прямолинейной образующей, например, рабочих элементов вырубных штампов, фасонных фильер в матрицах, фасонных резцов, шаблонов и подобных заготовок из любых токопроводящих материалов: легированных, закаленных сталей, металлокерамических, твердых сплавов, цветных металлов и т. д. Электродом-инструментом является непрерывно перемещающаяся латунная, вольфрамовая или молибденовая проволока диаметром  $0,05 \div 0,3$  мм.

Обработку ведут в среде рабочей жидкости, в качестве которой используют воду с антикоррозийными присадками или керосин. Импульсный технологический ток вырабатывается тиристорным генератором типа ГКИ-250.

Станок может комплектоваться копировальной системой управления, работающей по фотошаблону. Это позволяет обрабатывать заготовки со сложным контуром, программирование которого затруднено. Заготовки с наклонной образующей обрабатывают при применении специальных приспособлений.

### **Техническая характеристика станка**

Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм	$250 \times 160 \times 75$
Наибольшая масса заготовки, кг	45
Точность изготовления контура, мм	0,032
Производительность $\text{мм}^3/\text{мин}$ при обработке заготовок:	
из стали и меди	35
из твердого сплава	18
Габаритные размеры станка, мм	$830 \times 1200 \times 1570$

*Устройство ЧПУ* станка типа CNC имеет линейно-круговой интерполятор, обеспечивает управление двухкоординатным приводом подачи в плоскости X–Y по программе, заданной в коде ISO. Цена деления импульса программного управления при линейных перемещениях 0,001 мм, при круговых  $0,1^\circ$ , точность координатных перемещений по программе 0,025 мм. Для обработки поверхности наклонной проволокой необходимо управление по третьей координате для под держания заданного угла наклона проволоки.

*Станок состоит из следующих механизмов* (рис. 66): на станине *A* установлены подъемная ванна *B* и механизм координатных перемещений *Г*; скоба *B* несет на себе механизмы перемотки, натяжения проволоки; в ванне расположен стол *Д* г-образной формы для крепления обрабатываемой заготовки. Подъем и опускание ванны с рабочей жидкостью осуществляется винтом *И* с шагом  $P = 4$  мм, движение которому передается от двигателя *М1* ( $N = 0,18$  кВт,  $n = 2980$  мин<sup>-1</sup>) через червячный редуктор. Скорость перемещения ванны:

$$V = 2890 \frac{2}{77} P = 300 \text{ мм/мин.}$$

Перемещение скобы с проволокой в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях является движением формообразования. Ходовые винты качения VI и X с шагом  $P_{X,B} = 5$  мм приводятся в дви-

жение шаговыми двигателями  $M2$  и  $M3$  типа ШД5-Д1М через редукторы.

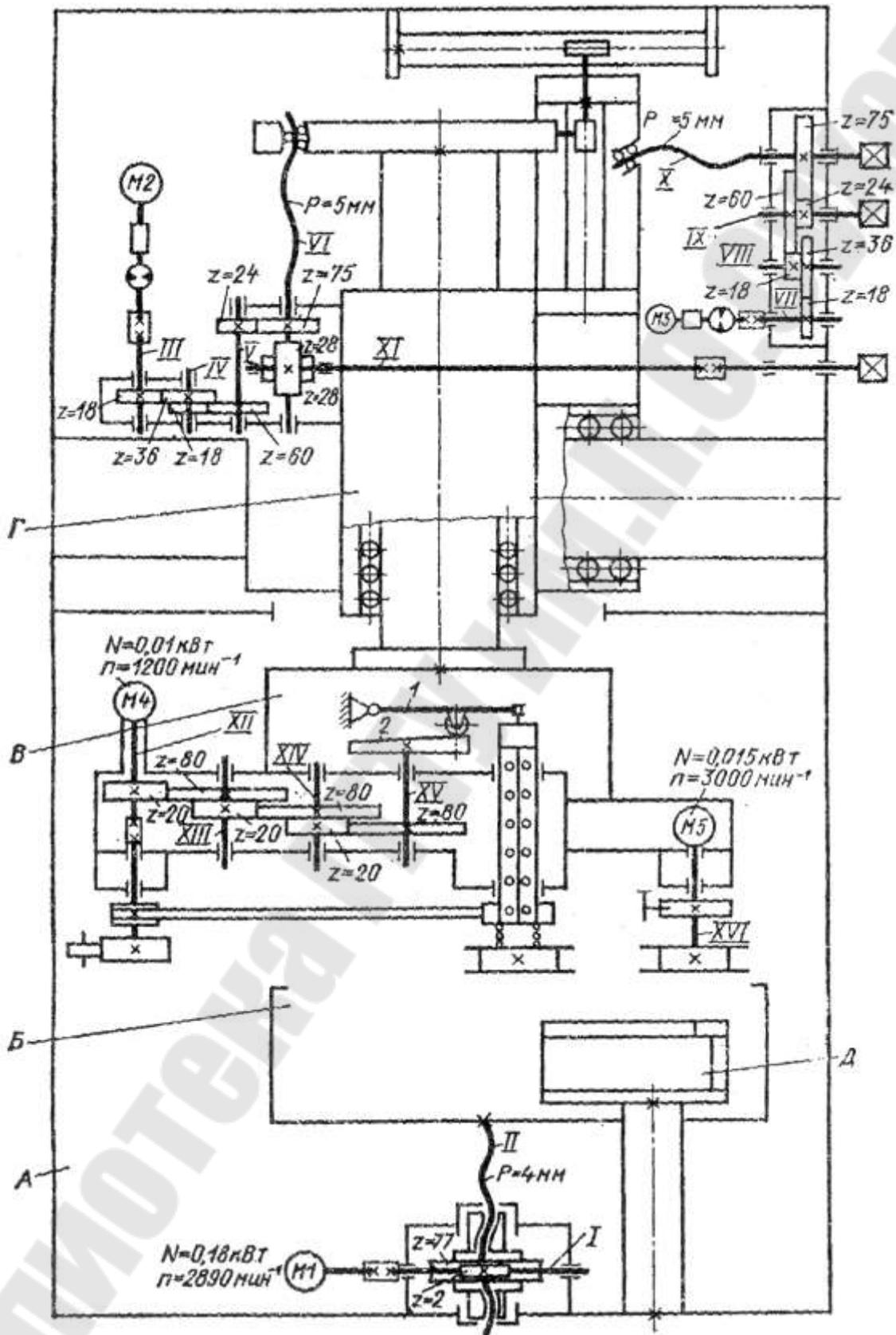


Рисунок 66 – Кинематическая схема электроэрозионного вырезного станка 4732Ф3

Линейное перемещение скобы в том или ином направлении за один импульс при минимальном повороте вала шагового двигателя на  $1,5^\circ$  составит:

$$L = \frac{1}{240} \frac{18}{36} \frac{18}{60} \frac{24}{75} P = 0,001 \text{ мм.}$$

Ручное перемещение скобы осуществляется в продольном направлении непосредственно от ходового винта  $X$ , в поперечном направлении – через винтовую зубчатую передачу  $Z = 28/28$ .

В качестве направляющих в станке использованы линейные подшипники качения.

Перемотка проволоки осуществляется непосредственно двигателем  $M4$  типа РД-09 со встроенным редуктором  $N = 0,01$  кВт; редукция  $1/76$  через ведущий ролик диаметром 45 мм. Скорость перемотки регулируется в пределах  $8 \div 20$  мм/с за счет изменения частоты вращения двигателя  $M4$ . Вращение на катушку, принимающую отработанную проволоку, передается через ременную передачу. Направление движения проволоки в рабочей зоне – сверху вниз. Раскладка проволоки на приемной катушке производится за счет осевого возвратно-поступательного движения катушки, осуществляемого качающимся рычагом  $1$  и торцовым кулачком  $2$ . Вращение кулачку передается от двигателя  $M4$  через зубчатые пары  $(20/80) \times (20/80) \times (20/80)$ . Натяжение проволоки осуществляется электродвигателем  $M5$  ( $N = 0,015$  кВт,  $n = 3000$  мин<sup>-1</sup>), работающим в заторможенном режиме. Управление наклоном проволоки происходит от шагового двигателя ШД5-Д1М.

### 11.5. Станки для обработки ультразвуком

Ультразвук – упругие волны с частотой колебаний от 20 кГц до 1 ГГц. Для получения ультразвуковых колебаний инструмента чаще всего применяют магнитострикционные преобразователи. Работа ультразвуковых установок основана на использовании способности железа, никеля, кобальта и их сплавов изменять длину под действием электрического или магнитного поля, а при снятии поля восстанавливать первоначальные размеры. Это явление называют магнитострикцией.

Работа ультразвукового станка заключается в следующем. В зону между заготовкой и вибрирующим пуансоном (инструментом), который очень близко подходит к заготовке, но не касается ее, поступает абразивный порошок, находящийся в жидкости во взвешенном состоянии. От воздействия вибратора (преобразователя) абразивные зерна с большой силой ударяются о поверхность заготовки и с большой скоростью выбивают частицы материала (стружку). Одновременно пуансон постепенно опускается в выдолбленное таким способом пространство, и процесс продолжается.

Принцип работы головки магнитострикционного преобразователя (рис. 67) заключается в том, что через катушку возбуждения 2

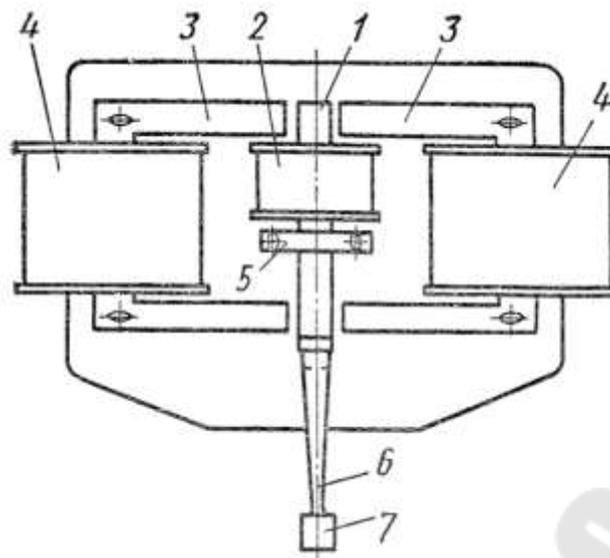


Рисунок 67 – Эскиз головки магнитострикционного преобразователя ультразвуковой установки

пропускается ток высокой частоты, который создает переменное магнитное поле такой же частоты, действующее на сердечник 1 вибратора. Для лучшего использования магнитострикционных свойств вибратора создают постоянное магнитное поле двумя катушками подмагничивания 4 и их сердечниками 3. Колебания, возникающие на вибраторе, передаются на трансформатор скорости 6, заключенный между двумя скобами 5, и, усиленные им, сообщаются инструменту 7. Монтажную панель устанавливают на салазки, вместе с которыми она перемещается по направляющим станины.

**Универсальный настольный прошивочный ультразвуковой станок 4770** (рис. 68) предназначен для обработки деталей из твердых и хрупких материалов: стекла, керамики, полупроводниковых материалов, камня, твердых сплавов и т. п. На станке можно выполнять круглые и фасонные отверстия и полости, вырезать заготовку, гравировать, разрезать и др. Во время работы инструмент колеблется с ультразвуковой частотой в направлении его подачи. Одновременно центробежным насосом под торец инструмента подается абразивная суспензия.

Стол 2 станка имеет координатные установочные перемещения в горизонтальной плоскости по направляющим типа ласточкина хвоста. Ходовые винты снабжены лимбами с ценой деления 0,02 мм. Ползуну 5 вручную сообщают перемещение по шариковым направляющим станины 1 через реечную передачу  $Z_1/Z_2$  или механически от регулируемого двухфазного асинхронного электродвигателя 8 через редуктор  $Z_3/Z_4$  и реечную передачу. Электродвигатель работает на заторможенном режиме, развивая крутящий момент в соответствии с силой подачи инструмента. Ползун вместе с укрепленной на нем головкой уравновешен грузом 11, подвешенным на ленте 10, намотанной на барабан 9 валика привода ручной подачи. Для плавности хода ползун имеет масляный демпфер, цилиндр 4 которого крепят к корпусу каретки 7, а шток 6 – к ползуну. Скорость ползуна регулируется иглой, перекрывающей

пропускное отверстие в штоке. Для ускоренного отвода поршня имеется обратный клапан.

Основной частью станка является акустическая головка 3, которая сообщает инструменту колебательное движение. В головке применен двух-стержневой никелевый магнитострикционный вибратор (преобразователь).

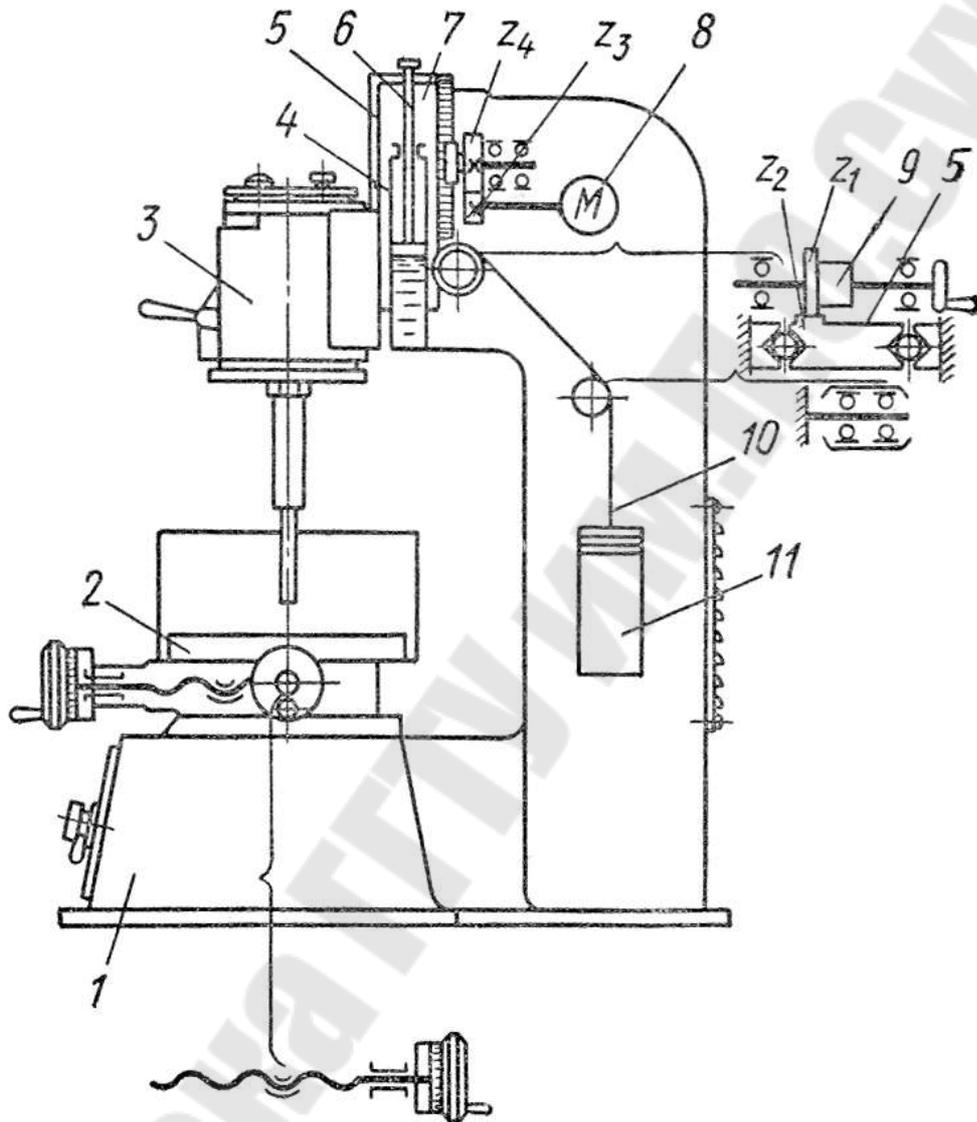


Рисунок 68 – Кинематическая схема универсального прошивочного станка 4770

### **Техническая характеристика станка**

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм.....	0,5 ÷ 10
Наибольшая глубина обработки, мм .....	(2 ÷ 5)d
Продольное перемещение стола, мм .....	80
Ход ползуна, мм.....	100
Перемещение головки по ползуну, мм.....	110
Чувствительность механизма подачи, Н.....	(686 ÷ 980)10 <sup>-3</sup>
Рабочая частота, кГц .....	18 ÷ 19
Мощность генератора, кВт .....	0,25

**Электроимпульсный копировально-прошивочный станок модели 4Б772** (рис. 69) предназначен для совмещенной ультразвуковой и электрохимической обработки деталей из токопроводящих материалов и сплавов. Черновая обработка выполняется одновременным воздействием на обрабатываемый материал ультразвукового и электрохимического процессов при размерной точности  $\pm 0,1$  мм. Чистовая обработка производится только ультразвуковым способом, обеспечивая размерную точность 0,02 мм. Кроме этого на станке можно прошивать отверстия любой формы в деталях из хрупких материалов.

Основанием станка является станина 1, на которой расположен координатный стол 2 с баком 3. Круглая планшайба стола имеет механический и ручной приводы поворота.

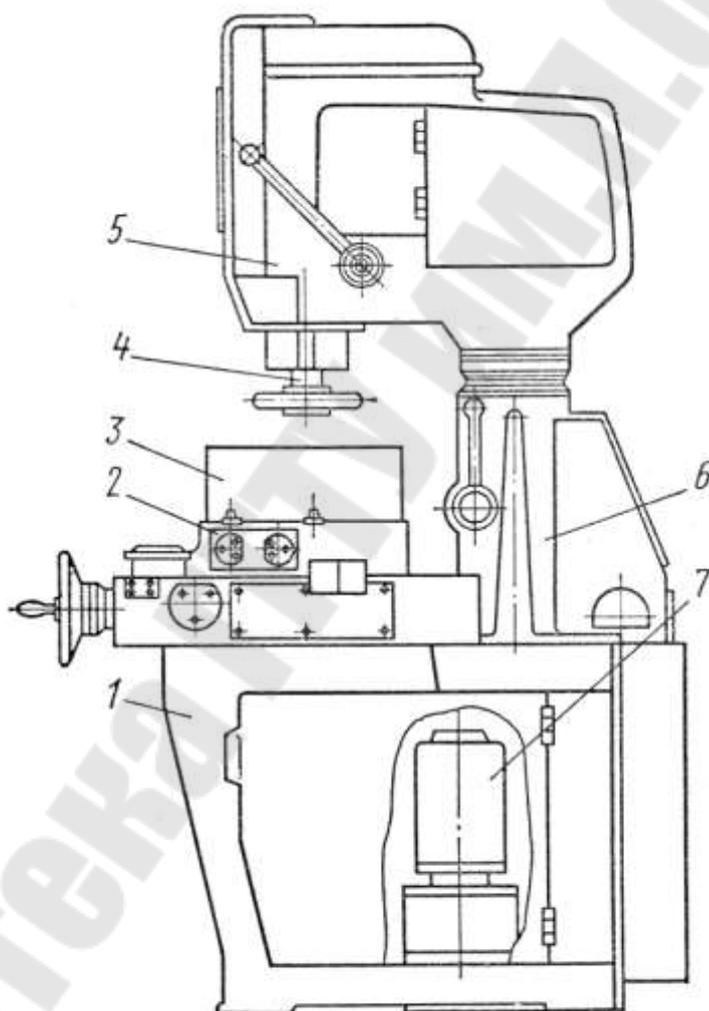


Рисунок 69 – Эскиз электроимпульсного копировально-прошивочного станка модели 4Б772

В верхней части на колонне 6 имеется шпиндельная головка 5, которая заканчивается магнестрикционным вибратором 4. Шпиндель станка, несущий магнестрикционный преобразователь и катод-инструмент, вместе с механизмом перемещения смонтирован на цилиндрической колонне. Установочное вертикальное перемещение в направляющих стойки он получает от

встроенного в корпус колонны механического привода.

Внутри станины расположены поворотный бак с абразивной суспензией, помпа для перемешивания абразива, диафрагменный насос 7 для нагнетания суспензии в зону обработки, а также трубопроводы, подводящие суспензию в зону обработки и воду для охлаждения магнитострикционного преобразователя.

При обработке отверстий или полостей небольшой глубины (до 5 мм) суспензия подается в зону обработки поливом (рис. 70, а), а при изготовлении глубоких отверстий – нагнетанием через отверстие в инструменте (рис. 70, б) либо в обрабатываемой детали (рис. 70, в). В процессе работы зерна абразива разрушаются, поэтому в зависимости от материала детали абразив необходимо менять (при обработке твердого сплава через 12 ÷ 15 смен). Весовая концентрация суспензии в воде должна быть в пределах 70 ÷ 25 %. Шероховатость обработанной поверхности достигает  $0,32 < Ra < 2,5$  мкм.

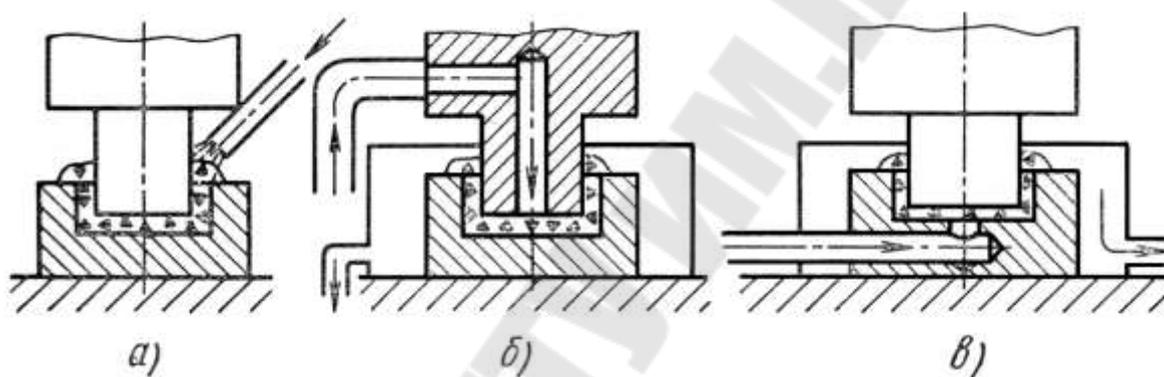


Рисунок 70 – Схема подвода суспензии:

а – в зону обработки поливом; б – нагнетанием через отверстие в инструменте;  
в – в обрабатываемой детали

### 11.6. Лучевая обработка

*Электронно-лучевая обработка* основана на использовании кинетической энергии сфокусированного пучка электронов. Большие скорости электронам сообщают с помощью высоких ускоряющих напряжений в среде, имеющей достаточный вакуум. Сущность процесса состоит в испарении вещества из зоны касания электронного луча. Такой обработкой можно получать очень малые отверстия и прорезы шириной до 0,01 мм. Установка для электронно-лучевой обработки (рис. 71) состоит из электронной пушки, в которой образуется мощный электронный луч, вакуумной или рабочей камеры (вместе с устройствами для точной установки и перемещения заготовки), вакуумных насосов, контрольной схемы, управляющей электронным лучом и его траекторией, высоковольтного источника энергии, приборов для контроля и наблюдения за ходом процесса. Для уменьшения энергии, рассеиваемой в материале детали, применяют импульсный режим работы.

*Лазерная обработка* – обработка сфокусированным световым лучом. Ее

применяют для резки, сварки, получения отверстий и т. п. Лазеры работают в импульсном режиме. Энергия их светового импульса невелика, но она сфокусирована в луче диаметром около 0,01 мм и выделяется в миллионные доли секунды. При такой концентрации энергии и ее мгновенном выделении материал обрабатываемой заготовки нагревается до высоких температур, плавится и испаряется.

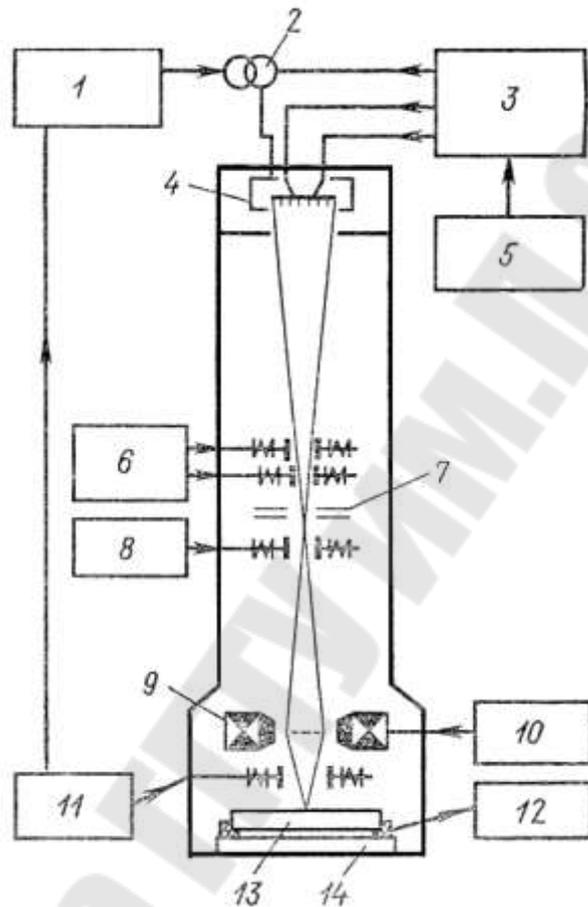


Рисунок 71 – Схема установки для электронно-лучевой обработки:

1 – генератор импульсов; 2 – импульсный трансформатор; 3 – источник напряжения возбуждения и накала; 4 – катод; 5 – источник высокого напряжения; 6 – электромагнитная юстировка; 7 – диафрагма; 8 – корректор изображения; 9 – магнитная линза; 10 – источник питания линзы; 11 – контрольный контур; 12 – катодный осциллоскоп; 13 – обрабатываемая заготовка; 14 – рабочий стол.

*Оптический квантовый генератор* состоит из трех основных элементов: активного вещества, являющегося источником индуцированного излучения, источника возбуждения (подкачки), который снабжает энергией активное вещество, и резонансной системы. Когда энергия импульса источника излучения превышает определенную величину, наблюдается увеличение интенсивности излучения в 1000 раз; с помощью линзы оно фокусируется в узкий пучок (рис. 72). Оптическая подкачка осуществляется одним или несколькими источниками излучения (вспышками), снабженными рефлекторами-отражателями.

Резонансной системой служит стержень из рубина или неодимового стекла, торцы которого отполированы и представляют собой зеркала, причем один торец покрыт плотным непрозрачным слоем серебра, а другой, также посеребренный, имеет коэффициент пропускания около 8 %.

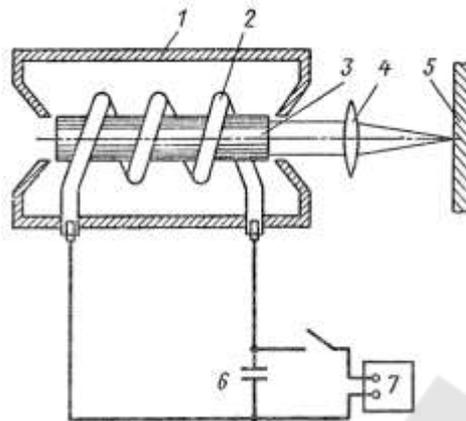


Рисунок 72 – Схема светолучевой обработки:

- 1 – отражатель; 2 – импульсный источник излучения; 3 – активное вещество;  
 4 – линза; 5 – обрабатываемая заготовка; 6 – батарея конденсатора;  
 7 – источник питания для заряда конденсатора

Оптический квантовый генератор работает следующим образом. При разряде конденсатора происходит возбуждение световых колебаний: появляется вспышка света продолжительностью около 0,001 с. Свет отражателем фокусируется на стержень, в результате чего его атомы переходят в возбужденное состояние. Когда больше половины атомов приходит в возбужденное состояние, то равновесие становится неустойчивым, и вся запасенная в кристалле энергия одновременно освобождается, и кристалл испускает ослепительно яркий свет.

## 12 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

### Зубошлифовальные станки

Зубошлифовальные станки применяют для шлифования зуборезных долбяков, шеверов и эталонных зубчатых колес. Такие специальные прецизионные станки работают по методу обката (огибания) с помощью эвольвентного копира. Очень важной и сложной операцией является шлифование профиля зубьев.

У долбяков эвольвентный профиль зубьев шлифуют на специальных полуавтоматах, работающих по методу обката с периодическим делением. За каждый цикл обрабатывается лишь одна сторона зуба. Движение обката выполняется заготовкой.

Принцип шлифования зубьев долбяков основан на зацеплении долбяка с неподвижной производящей рейкой, которую воспроизводит в этом случае абразивный инструмент.

Зубошлифовальный полуавтомат модели 5893 представлен на рис. 73.

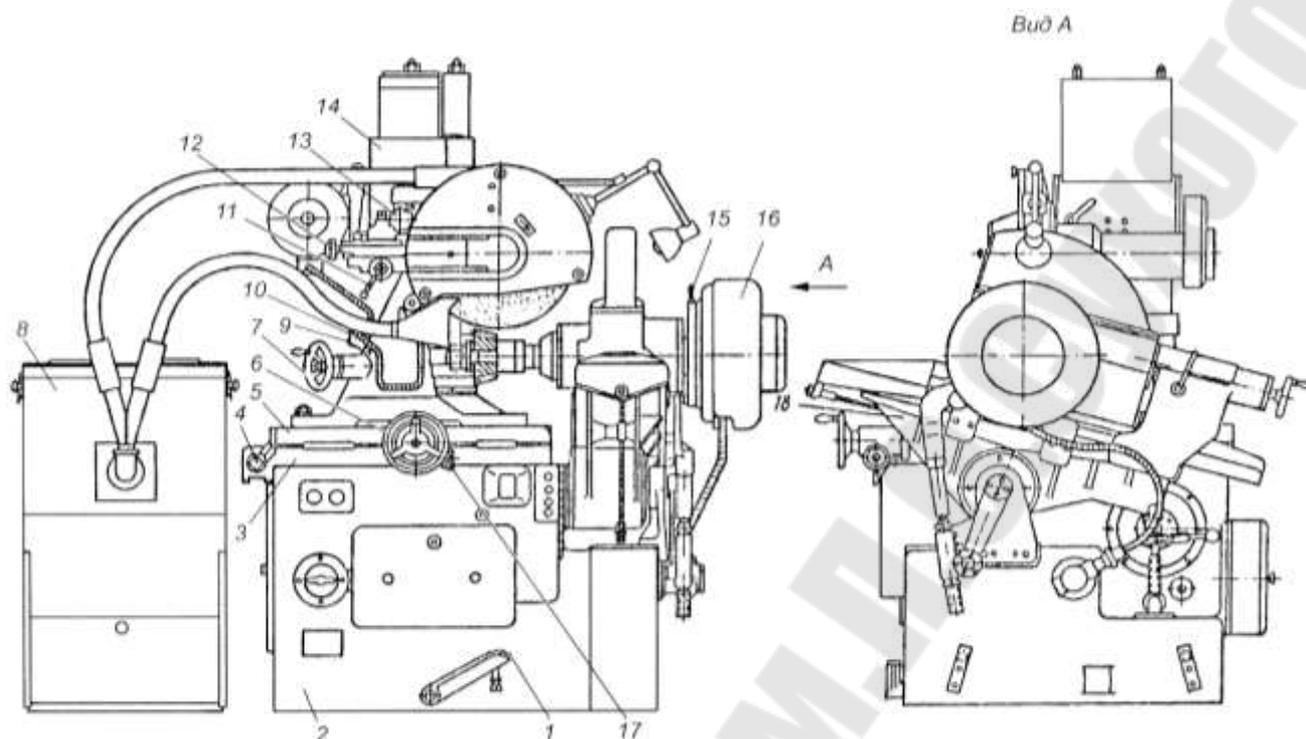


Рисунок 73 – Общий вид зубошлифовального полуавтомата модели 5893: 1 – панель тормоза; 2 – станина; 3 – нижний стол; 4 – квадрат продольного перемещения абразивного инструмента; 5 – верхний стол; 6 – маховичок поперечного перемещения инструмента; 7 – маховичок вертикального перемещения инструмента; 8 – пылесос; 9 – колонна; 10 – поворот колонны; 11 – рукоятка продольного перемещения приспособления для правки абразивного инструмента; 12 – кнопка для установочного перемещения приспособления; 13 – поворотная кнопка для поперечного перемещения приспособления; 14 – шлифовальная бабка; 15 – рукоятка ручного поворота рабочей головки; 16 – рабочая головка; 17 – маховичок тонкой поперечной подачи абразивного инструмента; 18 – салазки

В основе работы станка лежит известный принцип образования эвольвенты окружности (рис. 74): производящая прямая  $C'C'$  неподвижна, а основная окружность вращается равномерно вокруг своего центра и в то же время движется поступательно, параллельно  $C'C'$  со скоростью, равной окружной скорости точки, лежащей на основной окружности.

Роль касательной  $A'A'$  к эвольвенте ( $a_0a$ ) играет плоскость абразивного инструмента, роль второй эвольвенты ( $b_0b$ ) – профиль точного копира, соосного со шлифуемым долбяком и находящегося в постоянном контакте с роликом неподвижного упора под действием груза  $Q$ . Таким образом, профиль копира  $b_0b$  катится по неподвижной касательной  $B'B'$ , соприкасаясь с ней в точке  $B$ , в то время как профиль  $a_0a$  зуба долбяка катится по касательной  $A'A'$ , соприкасаясь с плоскостью абразивного инструмента (точнее – со следом этой плоскости) в точке  $A$ .



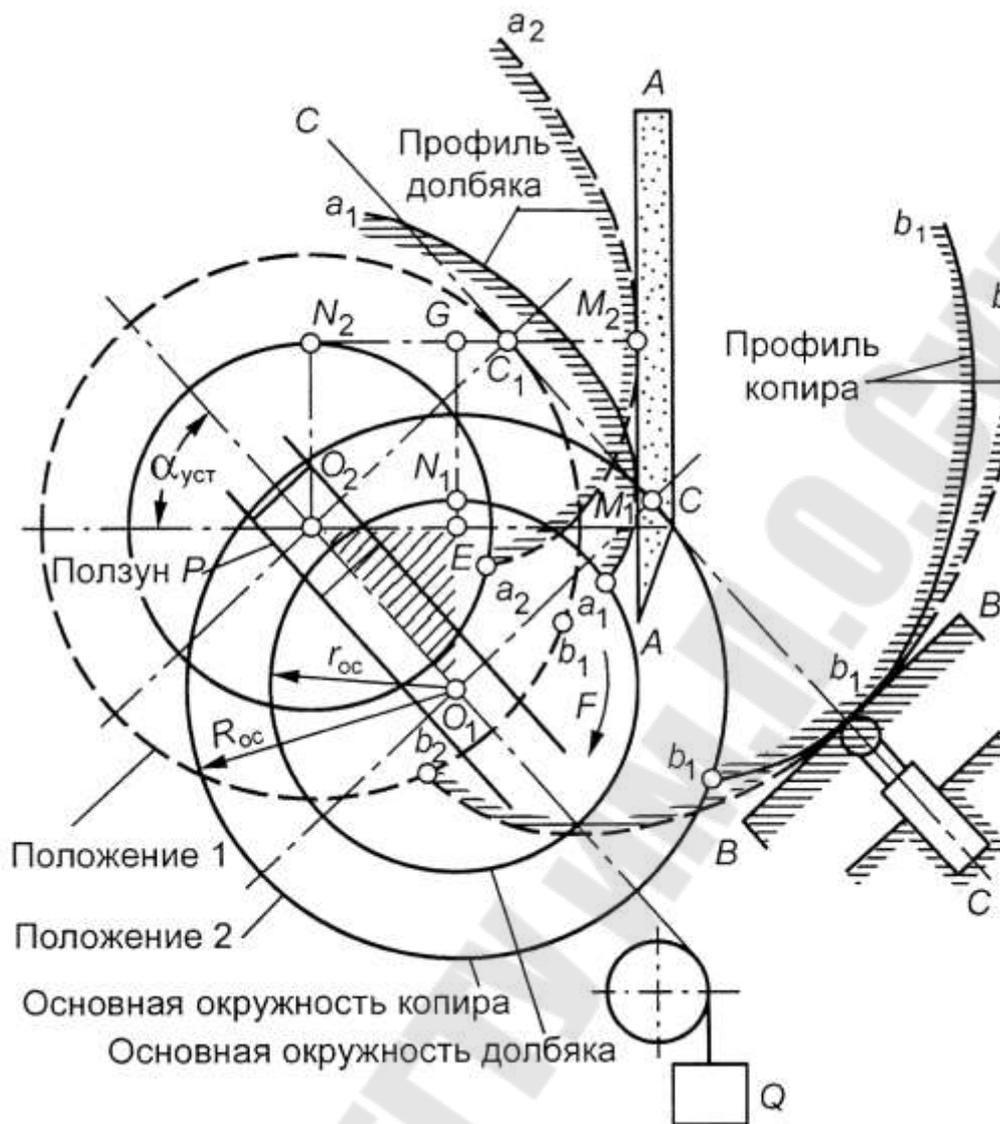


Рисунок 75 – Схема расположения салазок станка под углом установки

Установка салазок под различными углами  $\alpha_{уст}$  позволяет пользоваться одним и тем же копиром для шлифования долбяков с различными начальными окружностями. Изменение угла установки для использования одного копира при обработке долбяков с различными окружностями должно оставаться в пределах  $14...30^\circ$  (лучше  $16...25^\circ$ ). Такое ограничение диктуется тем, что при больших значениях  $\alpha_{уст}$  шлифовальный инструмент может задевать соседний зуб долбяка. К тому же, чем больше угол  $\alpha_{уст}$ , тем больше зона  $M_1M_2$ , но это приводит к чрезмерно большой разнице между окружными скоростями крайних точек окружностей, расположенных на шлифовальном инструменте и, как следствие, к его неравномерному износу. Исходя из этого, на практике принимают  $10^\circ < \alpha_{уст} < \alpha$ , где  $\alpha$  – угол зацепления шлифуемого долбяка.

Схема приводов станка показан на рис. 76. От электродвигателя 3 ( $N = 1$  кВт,  $n = 930$  мин $\square$ 1) через клиноременную передачу 2 с четырехступенчатými шкивами и фрикционную конусную муфту 1 вращение передается червячному валу 8, с которого движение сообщается цепи качания рабочей головки (бабки изделия) и цепи деления.

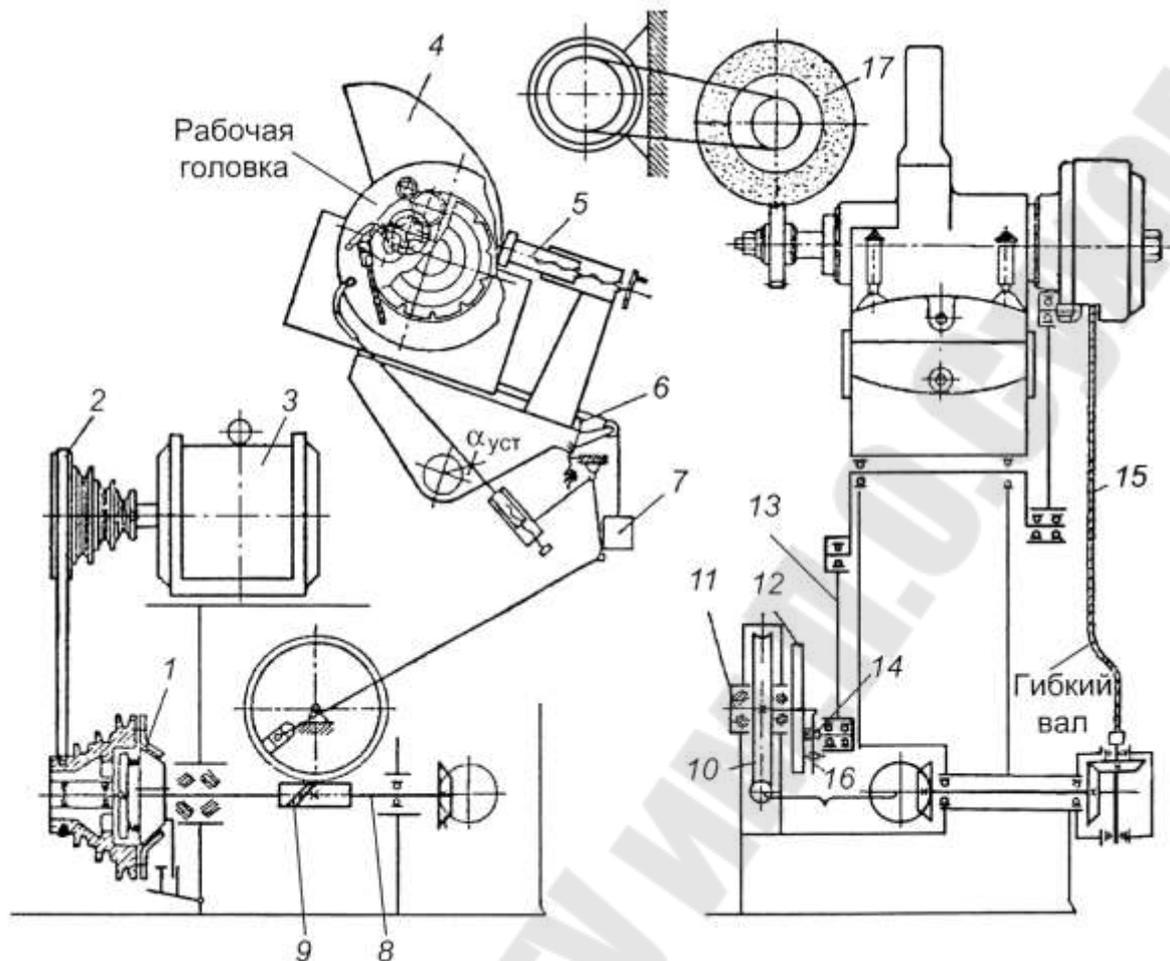


Рисунок 76 – Принципиальная схема полуавтомата 5893

На одном валу 12 с червячным колесом 10 закреплен кривошипный диск 11 с профрезерованным диаметральной пазом. По этому пазу винтом 16 можно перемещать ползушку 14, ось которой связана через опору качения с шатуном 13. При вращении червяка 9 и червячного колеса 10 шатун 13 через систему рычагов сообщает качательное движение рабочей головке вокруг оси шпинделя изделия.

Скорость и величина хода головки определяются скоростью вращения червячного вала 8 и радиусом кривошипа (положением ползушки 14), который можно регулировать в пределах 50...110 мм.

Эвольвентный копир 4, закрепленный на шпинделе рабочей головки, при качании упирается в неподвижную плоскость регулируемого упора 5 и сообщает рабочей головке возвратно-поступательное перемещение по направляющим салазок 6, установленный под углом  $\alpha$  к горизонтальной плоскости. Постоянный контакт копира 4 с плоскостью упора 5 обеспечивается грузом 7.

Для шлифования следующего зуба заготовка поворачивается при помощи делительного механизма, смонтированного в рабочей головке.

### 13 ЗАТОЧНЫЕ И ДОВОДОЧНЫЕ СТАНКИ

Заточные станки представляют наибольшую группу среди станков, применяемых в инструментальном производстве.

Заточные станки предназначены для заточки как нового, так и затупившегося инструмента. Они применяются при производстве инструмента в массовом масштабе на специальных инструментальных заводах, в инструментальных цехах механических заводов, а некоторые типы заточных станков – также и в механических цехах заводов.

Заточные станки можно подразделить на две самостоятельные группы: 1) для безабразивной заточки и доводки режущего инструмента; 2) для абразивной заточки и доводки инструмента из быстрорежущей стали и инструмента, оснащенного твердыми сплавами.

К первой группе относятся станки для анодно-механической заточки инструмента и для электроискровой заточки и доводки инструмента.

Станки, работающие абразивным инструментом, составляют в настоящее время основной парк заточных станков и по характеру выполняемой работы делятся на универсальные и специальные.

Универсальные заточные станки предназначены для заточки различного вида режущего инструмента – разверток, зенкеров, фрез, резцов, зуборезных инструментов. Для этого они снабжаются целым рядом приспособлений, облегчающих установку и закрепление затачиваемого инструмента.

Специальные заточные станки предназначены для заточки инструмента одного определенного вида, например резцов, сверл, протяжек, червячных фрез; поэтому на них возможны лишь определенные перемещения затачиваемого инструмента и абразивного.

Доводка режущего инструмента производится на специальных доводочных станках. Инструмент, оснащенный твердым сплавом, можно доводить также на заточных станках, которые предназначены как для заточки, так и для доводки такого инструмента.

До последнего времени заточка и доводка режущего инструмента производились исключительно вручную. С широким развитием автоматических процессов в машиностроении была поставлена задача автоматизации также и этих процессов. В настоящее время имеется ряд заточных станков, работающих по полуавтоматическому циклу, а также многоцелевые станки с ЧПУ.

Точильно-шлифовальные станки – это наиболее простые заточные станки, применяемые для заточки инструмента вручную, а также для зачистки деталей. Качественное выполнение этих операций обеспечивается при использовании несложных приспособлений. В зависимости от назначения и соответствующих размеров абразивного инструмента эти станки делят на три группы: малые станки с кругами  $\varnothing 100 \div 175$  мм, применяемые для заточки мелкого инструмента в часовой и приборостроительной промышленности; средние станки с кругами  $\varnothing 200 \div 350$  мм, применяемые в машиностроении для заточки основных типов резцов; крупные станки с кругами  $\varnothing 400$  мм и более, используемые как обдирочно-зачистные.

Универсально-заточные станки являются основным видом оборудования, используемого для заточки многолезвийного инструмента – зенкеров, разверток, фрез, долбяков и метчиков. С их помощью можно затачивать также резцы, червячные фрезы, зуборезные головки и протяжки. Станки приспособлены для круглого (наружного и внутреннего) и плоского шлифования.

Универсально-заточной станок модели 3М642 (рис. 77, 78) предназначен для шлифования, заточки и доводки абразивными, алмазными и эльборовыми кругами различных инструментов, шаблонов и других деталей из твердых сплавов, инструментальных сталей и керамики. На станке можно осуществлять круглое шлифование цилиндрических и конических поверхностей, плоское шлифование под разными углами, шлифование радиусов и эксцентрическое шлифование.

Шлифовальная бабка имеет наклон до  $20^\circ$  (рис. 79).

Универсально-заточной станок 3М642 имеет следующие основные приспособления.

Центровые бабки (рис. 80) применяют при заточке инструмента в центрах: концевых фрез по передней и задней поверхностям зубьев на цилиндрической части; зенкеров и разверток по передней и задней поверхностям зубьев на калибрующей части; метчиков по передней поверхности и др.

Большую универсальную головку (рис. 81, а) применяют при заточке торцовых и наклонных режущих кромок фрез и зенкеров, закрепляемых во время заточки за хвостовик (консольно). Головка позволяет повернуть инструмент вокруг своей оси и еще двух осей. Для заточки многолезвийного инструмента с точным расположением зубьев на головку устанавливают делительный механизм.

Приспособление для круглого шлифования (рис. 81, б) монтируют на большой универсальной головке.

Малую универсальную головку (рис. 81, в) используют при заточке торцовых и наклонных режущих кромок фрез и зенкеров, закрепляемых во время заточки за хвостовик. Головка позволяет повернуть инструмент вокруг своей оси и еще трех осей.

Универсальная упорка (рис. 81, г) предназначена для правильного ориентирования зуба многолезвийного инструмента при заточке, а также для деления при переходе к заточке следующего зуба.

Универсальными тисками (рис. 82, а) пользуются при заточке резцов и плоских протяжек; они позволяют повернуть инструмент вокруг трех осей на  $360^\circ$ .

Наклонно-поворотные тиски (рис. 82, б) применяют при заточке резцов и плоских протяжек; они позволяют повернуть инструмент вокруг двух осей на  $360^\circ$  и вокруг третьей оси – на  $90^\circ$ .

Подручник (рис. 82, в) служит опорой при заточке вручную резцов и дисковых пил.

Приспособление для линейной правки абразивного инструмента (рис. 82, г) алмазным карандашом устанавливают на стол станка.

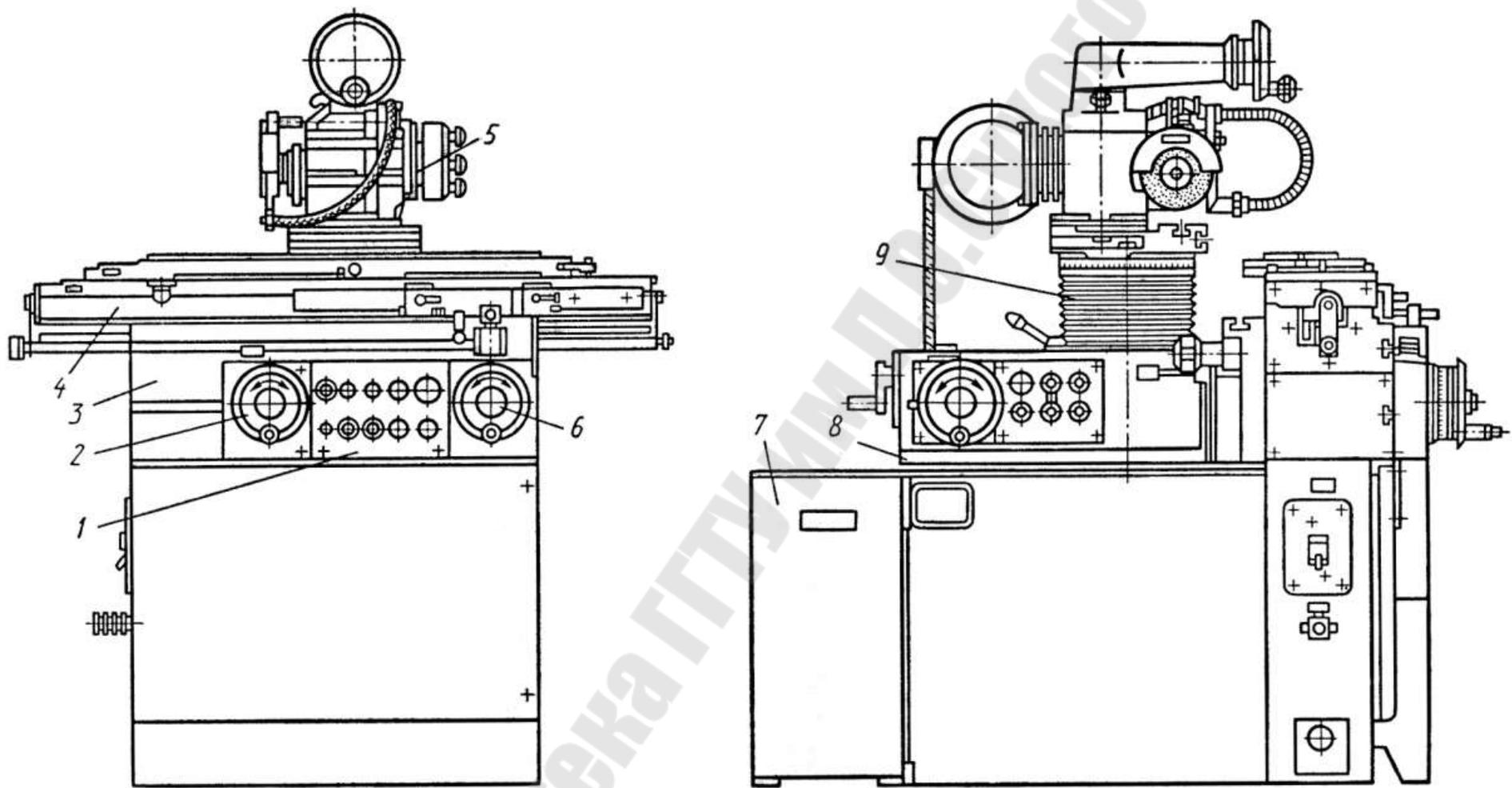


Рисунок 77 – Общий вид универсально-заточного станка 3М642:

- 1 – пульт управления; 2 – маховик поперечной подачи; 3 – основание стола;  
 4 – стол; 5 – шлифовальная бабка; 6 – маховик тонкой продольной подачи;  
 7 – блок охлаждения; 8 – каретка; 9 – колонна

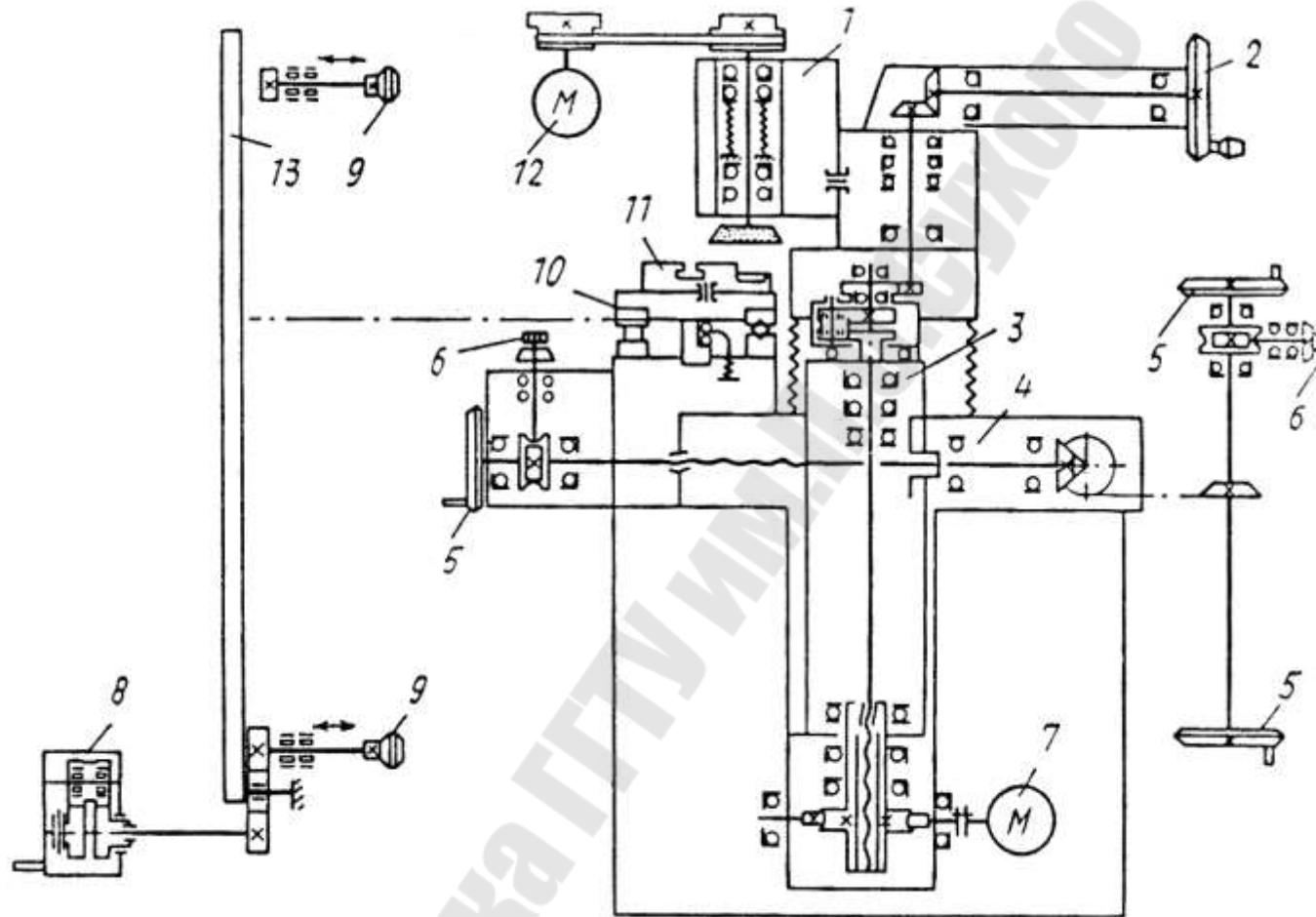


Рисунок 78 – Принципиальная схема универсально-заточного станка 3М642:  
 1 – шлифовальная бабка; 2 – маховик ручного подъема и опускания колонны;  
 3 – колонна; 4 – каретка поперечного перемещения колонны; 5 – маховик поперечной подачи; 6 – кнопка тонкой продольной подачи; 7 – электродвигатель быстрого подъема и опускания колонны; 8 – маховик тонкой продольной подачи стола; 9 – маховик продольной подачи стола; 10 – стол продольной подачи; 11 – поворотный стол; 12 – электродвигатель привода абразивного инструмента; 13 – рейка продольного хода

да

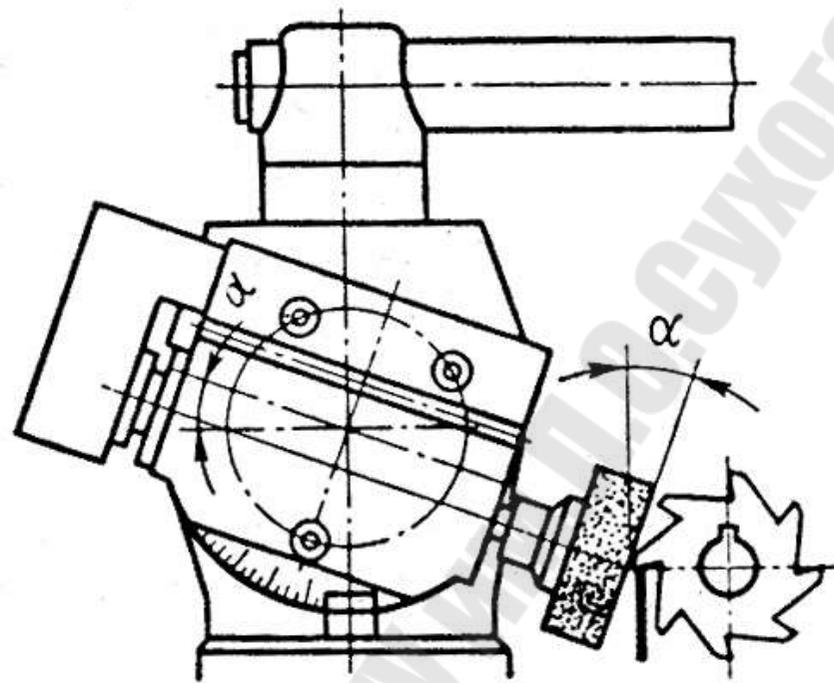


Рисунок 79 – Эскиз шлифовальной бабки станка 3М642

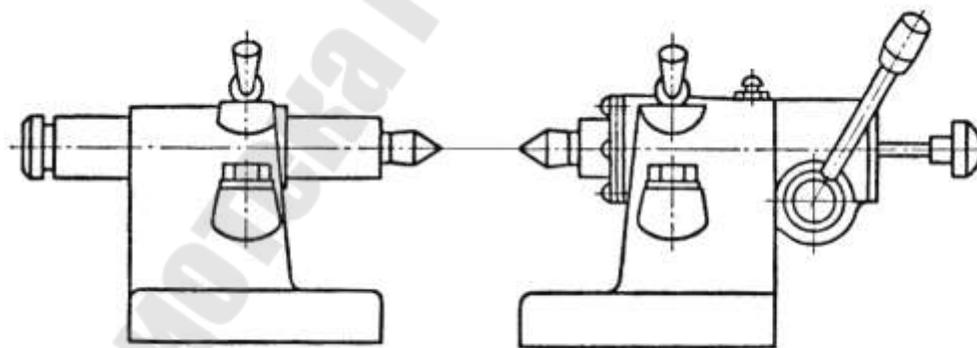


Рисунок 80 – Эскиз центровых бабок

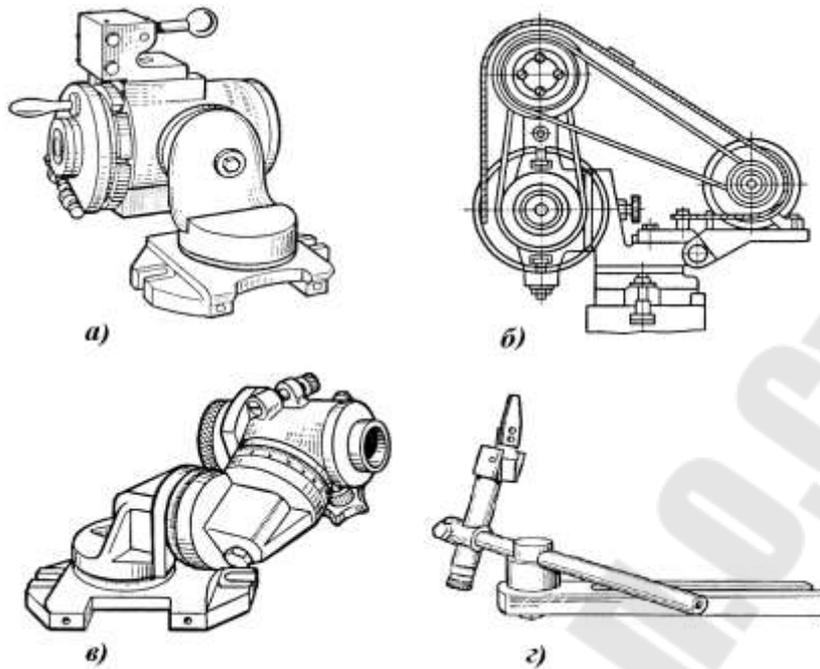


Рисунок 81 – Эскизы основных приспособлений к универсально-заточному станку 3М642:

*а* – большой универсальной головки; *б* – приспособления для круглого шлифования; *в* – малый универсальной головки; *г* – универсальный упорки

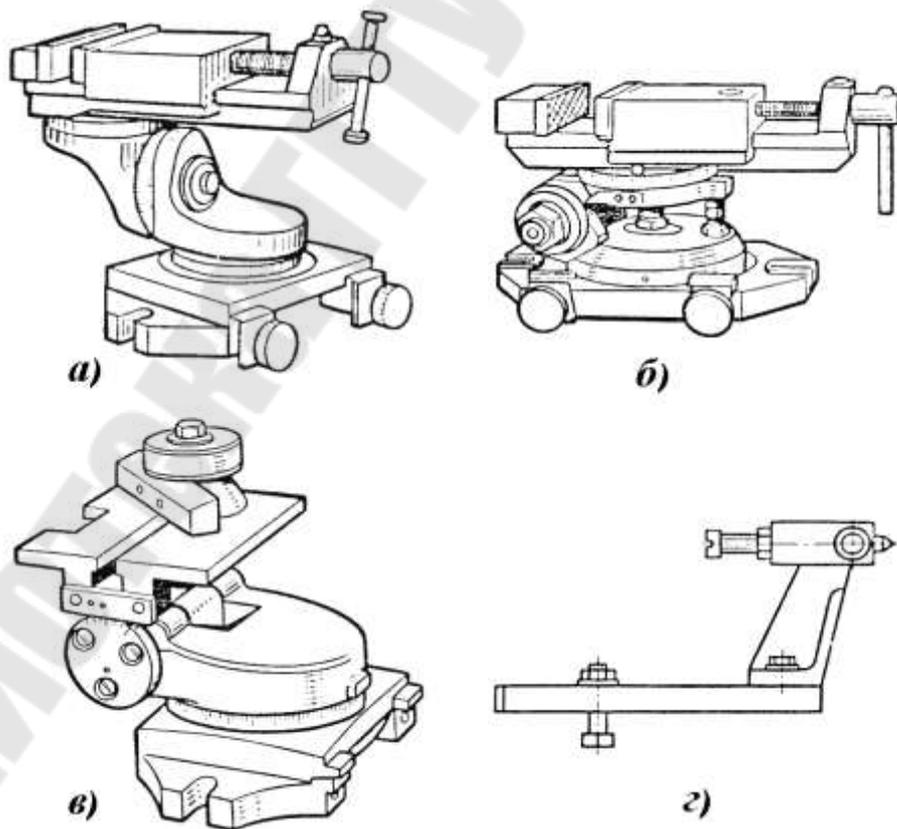


Рисунок 82 – Эскизы универсальных тисков (*а*); наклонно-поворотных тисков (*б*); подручника (*в*); приспособления для линейной правки абразивного инструмента (*г*)

### Наладка универсально-заточного станка на заточку инструментов.

Резцы затачивают торцом или периферией абразивной чашки преимущественно в трехповоротных тисках. При этом используют три исходных положения (рис. 83) – два основных ( $I_1, I_2$ ) и одно дополнительное ( $I_3$ ), при котором несколько упрощается настройка тисков, но усложняется процесс заточки. Чтобы заточить резец по трем поверхностям (передней, главной и вспомогательной задней), необходимо задать его углы  $\gamma, \lambda, \alpha, \alpha_1, \varphi$  и  $\varphi_1$ .

Призматические фасонные резцы затачивают по передней поверхности торцом абразивной чашки (рис. 84, а) при установке резца в поворотных тисках или специальной державке.

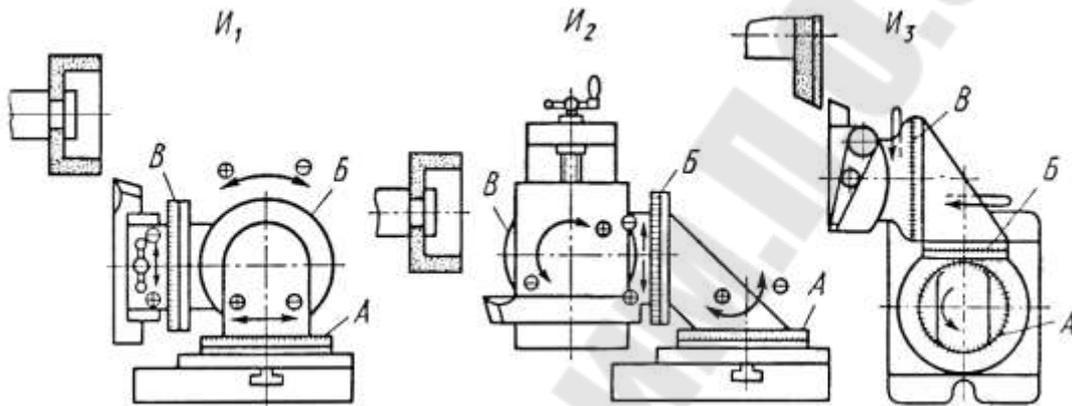


Рисунок 83 – Исходное положение резца ( $I_1, I_2, I_3$ ) при заточке в трехповоротных тисках: А, В, В – шкала поворотов

Круглые фасонные резцы затачивают по передней поверхности торцом абразивной чашки (рис. 84, б) при установке резца на оправке в универсальной головке или в центрах.

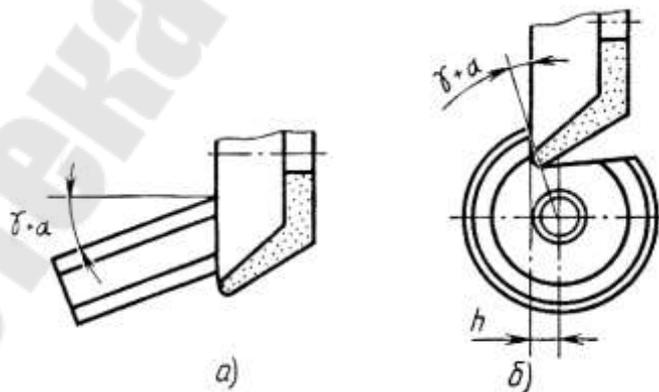


Рисунок 84 – Схемы заточки фасонных резцов по передней поверхности: а – призматического; б – круглого

Торцовые фрезы диаметром до 250 мм затачивают по задним поверхностям в большой универсальной головке. Из исходного положения (рис. 85, а) головку поворачивают вокруг трех осей по шкалам А, В и В соответственно на углы:

$$\Theta_A \approx + [(\alpha \sin \lambda) / \cos \lambda];$$

$$\Theta_B \approx \alpha \cos \lambda;$$

$$\Theta_C \approx \alpha \sin \lambda$$

Заточку обычно ведут торцом абразивной чашки при повороте шпинделя головки на заточку следующего зуба по упорке или делительному диску.

Концевые фрезы затачивают по передним и задним поверхностям винтовых зубьев в центрах. Переднюю поверхность винтового зуба затачивают при продольном перемещении стола, прижимая фрезу рукой к шлифовальному инструменту. При заточке задней поверхности винтового зуба затачиваемый зуб вручную прижимают к упорке, установленной на шлифовальной головке перед рабочей поверхностью шлифовального инструмента вблизи места его контакта с фрезой. Вследствие этого одновременно с продольным перемещением стола происходит поворот фрезы вокруг своей оси.

Настройка станка упрощается при повороте шлифовального шпинделя в вертикальной плоскости. Поворот абразивного инструмента в вертикальной и горизонтальной плоскостях осуществляется соответственно на углы:

$$\Theta_A \approx \alpha_N \sin \omega;$$

$$\Theta_B \approx \alpha_N \cos \omega.$$

Передние и задние поверхности торцового зуба фрез затачивают в малой универсальной головке (рис. 85, б) с использованием упорки или делительного диска.

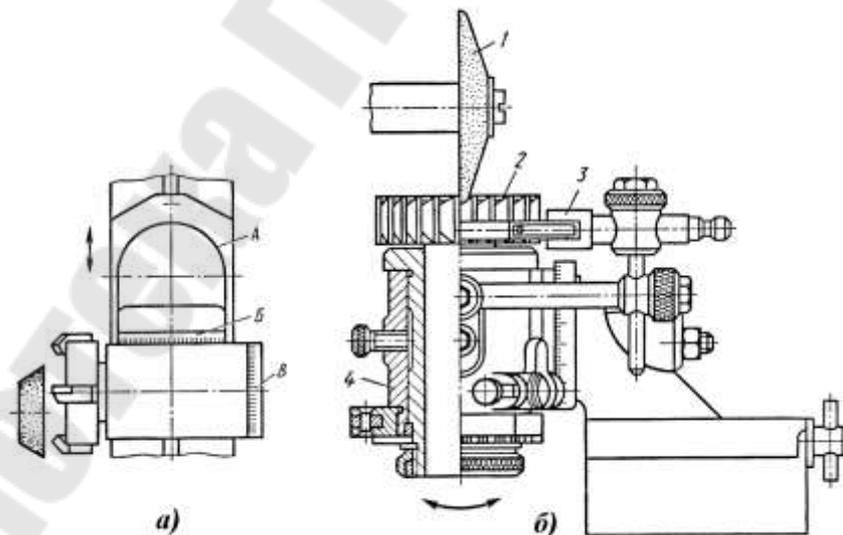


Рисунок 85 – Исходное положение большой универсальной головки перед заточкой задних поверхностей торцовой фрезы (а); схема заточки передней поверхности торцового зуба трехсторонней пазовой фрезы в малой универсальной головке:

1 – круг; 2 – фреза; 3 – упорка; 4 – головка

Фасонные фрезы с затылованными зубьями затачивают только по пе-

редней поверхности при базировании фрезы на оправке, установленной в центрах или в универсальной головке. Наибольшая точность фасонной фрезы достигается при делении по делительному диску. При пониженных требованиях к точности возможна заточка фрезы с делением по упорке, касающейся затылованной поверхности затачиваемого зуба. Фрезы с прямыми зубьями затачивают торцом чашечного инструмента, а с винтовыми зубьями – конической поверхностью или кромкой тарельчатого инструмента. Необходимый передний угол получают за счет смещения рабочей поверхности абразивного инструмента.

Передние поверхности фасонных фрез с затылованными винтовыми зубьями целесообразно затачивать на приспособлениях для заточки червячных фрез.

Фасонные фрезы с незатылованными зубьями и выпуклым профилем затачивают по задней поверхности абразивным инструментом прямого профиля на специальном приспособлении с использованием копира.

**Заточка осевого инструмента.** Заточку спиральных сверл на универсально-заточных станках выполняют коническим, винтовым, эллиптическим, одно- и двухплоскостным методами с использованием специальных или универсальных приспособлений.

Одноплоскостную заточку осуществляют при закреплении сверла в большой или малой универсальной головке с применением цангового либо кулачкового патрона. Эти головки можно использовать также при двухплоскостной и эллиптической заточках.

Более производительна двухплоскостная заточка в специальных приспособлениях (рис. 86), в которых переход от заточки первой плоскости к заточке второй производится поворотом вокруг горизонтальной или вертикальной оси, совпадающей с ребром пересечения плоскостей.

При подточке поперечной кромки сверло и абразивный инструмент необходимо повернуть на некоторые углы относительно направления продольной подачи стола (рис. 87, а). Для осуществления этих поворотов используют оправку (рис. 87, б) к универсальной головке. Сверло базируется в сменной втулке оправки.

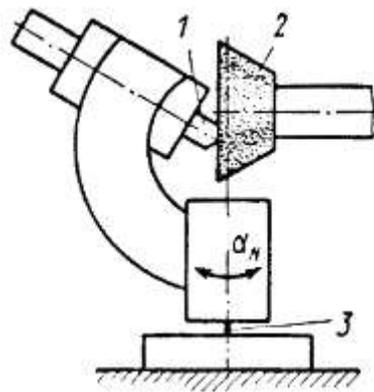


Рисунок 86 – Схема двухплоскостной заточки сверла:  
1 – сверло; 2 – абразивный инструмент; 3 – ось поворота

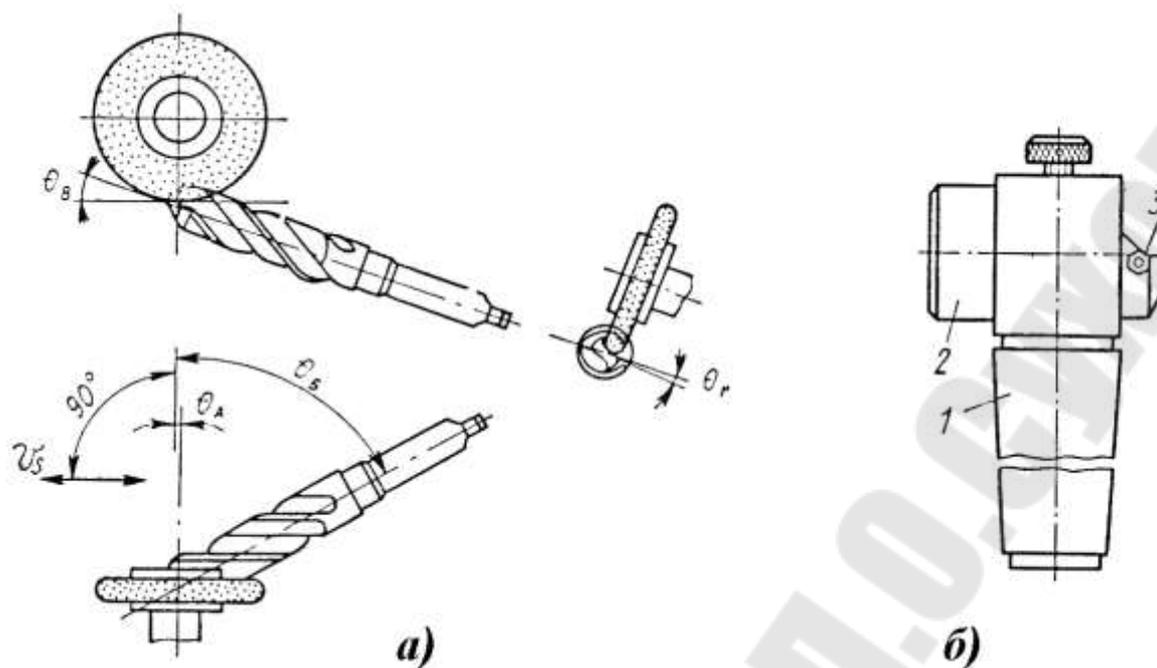


Рисунок 87 – Схема установки абразивного инструмента и сверла при подточке его поперечной кромки (а) и оправка для крепления сверла (б):

1 – корпус; 2 – сменная втулка; 3 – ориентирующий штифт

Зенкеры и развертки затачивают, как правило, на универсально-заточных станках. Операции по заточке и доводке передних и задних поверхностей, ленточек на калибрующей части, а также задних поверхностей на режущей части при угле в плане  $\varphi \leq 45^\circ$  производят в центрах, причем насадной инструмент предварительно закрепляют на оправке. Заточку и доводку задних поверхностей зубьев зенкеров на режущей части с углом  $\varphi \geq 60^\circ$  выполняют в двух- или трехповоротных головках при консольном закреплении инструмента с базированием на конический хвостовик.

Переднюю поверхность зуба зенкера или развертки затачивают тарельчатой абразивным инструментом, причем для инструментов с прямыми зубьями используют торцовую сторону абразивной тарелки (рис. 88, а), а винтовые зубья обрабатывают его конической стороной (рис. 88, б, в). Для радиальной установки рабочей поверхности абразивного инструмента пользуются специальным шаблоном.

Если передняя поверхность не радиальная, т. е. передний угол на калибрующей части не равен нулю, например при наличии отрицательной фаски, необходимо сместить абразивный инструмент от радиального расположения на величину:

$$h_1 = D \sin \gamma / (2 \cos \beta),$$

где  $h_1$  – смещение абразивного инструмента в направлении, перпендикулярном оси обрабатываемого инструмента;  $D$  – диаметр инструмента;  $\gamma$  – передний угол на калибрующей части;  $\beta$  – угол правки абразивного инструмента.

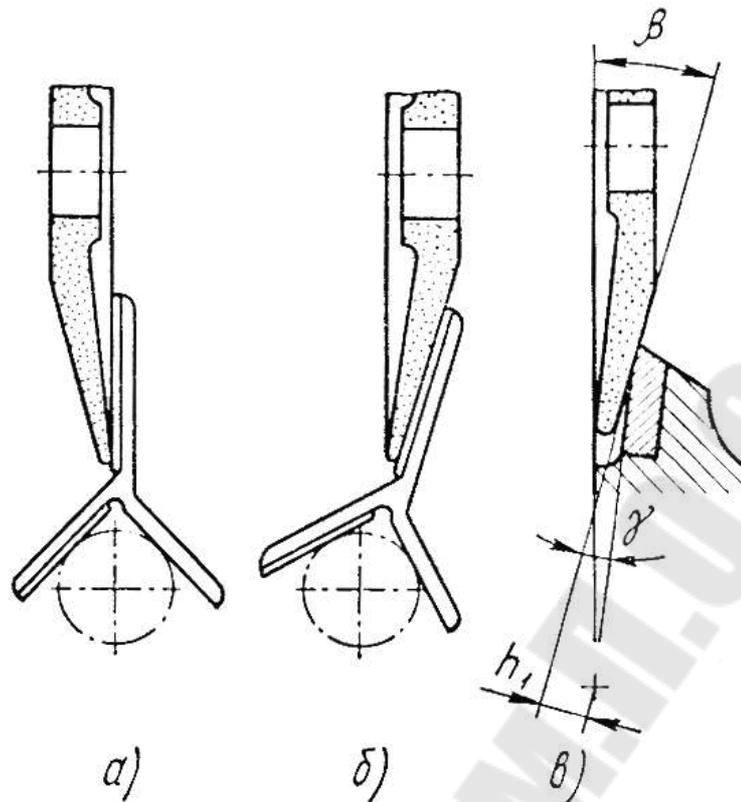


Рисунок 88 – Установка абразивного инструмента при заточке передней поверхности инструмента: *a* – с прямыми зубьями при  $\gamma = 0^\circ$ ; *б* – с винтовыми зубьями при  $\gamma = 0^\circ$ ; *в* – с винтовыми зубьями при  $\gamma < 0^\circ$

Заточку зенкеров и разверток по передним поверхностям выполняют в центрах без делительных приспособлений, вручную прижимая зуб обрабатываемого инструмента к абразивному. Припуск на заточку по передней поверхности зенкеров составляет в среднем 0,2 мм, разверток – 0,15 мм, а на доводку – 0,03-0,05 мм.

Заточку задней поверхности на калибрующей части выполняют в центрах, ось которых параллельна направлению продольной подачи стола. При заточке торцом абразивного инструмента (рис. 89, *a*) вершину зуба с помощью упорки устанавливают ниже горизонтальной осевой плоскости затачиваемого инструмента на величину:

$$h = (D/2)\sin\alpha_T \approx 0,01D\alpha_T,$$

где  $D$  – диаметр затачиваемого инструмента;  $\alpha_T$  – задний угол в торцовом сечении (для инструмента с винтовыми зубьями  $\alpha_T \approx \alpha_N \cos \omega$ , а для прямозубого инструмента  $\alpha_T = \alpha_N$ , где  $\alpha_N$  – задний угол в сечении, перпендикулярном режущей кромке).

При заточке периферией абразивного инструмента (рис. 89, *б*) упорку располагают в горизонтальной осевой плоскости затачиваемого инструмента, а ось абразивного инструмента смещают вверх на величину

$$h = (D_{кр}/2)\sin\alpha_T \approx 0,01D_{кр}\alpha_T.$$

Расстояние, на которое требуется сместить упорку на станке, устанавливают с помощью штангенрейсмаса.

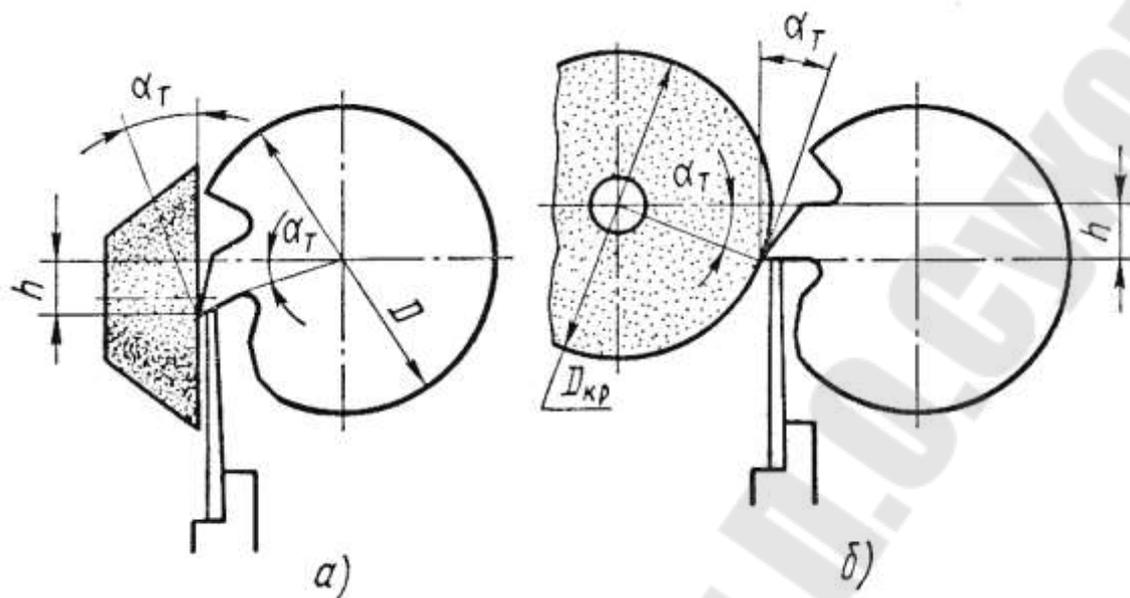


Рисунок 89 – Установка абразивного инструмента при заточке задней поверхности обрабатываемого инструмента: *а* – торцом чашки; *б* – периферией чашки

При заточке прямозубого инструмента упорку используют только для деления, закрепляя ее на столе станка. В процессе заточки она перемещается вместе с инструментом. Устанавливают упорку в любом месте по длине калибрующей части таким образом, чтобы ее опорное лезвие касалось передней поверхности затачиваемого зуба как можно ближе к режущей кромке (не далее 0,5 мм). Затачиваемый зуб прижимают к упорке вручную.

При заточке инструмента с винтовыми зубьями упорка служит как для деления, так и для придания инструменту винтового движения. Упорку закрепляют на заточной головке, и в процессе заточки инструмент перемещается относительно нее. Опорное лезвие упорки наклоняют так, чтобы оно составляло с осью инструмента угол  $\omega$  – угол наклона зубьев. Смещение  $h$  упорки устанавливают по средней точке ее опорного лезвия, которое может быть прямолинейным (длиной 3-5 мм) или криволинейным.

Задние поверхности зубьев на режущей части затачивают так же, как на калибрующей. Различие заключается в том, что верхняя часть стола поворачивается на угол заборного конуса  $\varphi$ . Смещение упорки рассчитывают по среднему диаметру режущей части.

**Заточка резьбонарезных инструментов.** Метчики, плашки, гребенки изнашиваются по задней поверхности режущей части и первым двум виткам калибрующей части. В связи с этим ручные и машинные метчики, для увеличения числа переточек, рекомендуется затачивать по задней и передней поверхностям режущей части, а метчики для глухих отверстий и гаечные – по передней поверхности. Количество переточек по задней поверхности ограничивается допустимой длиной калибрующей части (2 ÷ 3 витка), а количество

переточек по передней поверхности – допустимой толщиной зуба (около половины первоначальной толщины).

Затылование режущей части метчиков производят на универсально-заточном станке с применением специального приспособления (рис. 90). Значение заднего угла зависит от эксцентриситета  $e$  (рис. 91) и положения упорки. Метчик базируется в центрах и при заточке покачивается вокруг оси приспособления.

Передние поверхности метчиков затачивают в центрах торцовой поверхностью абразивного инструмента чашечной или тарельчатой формы, совпадающей с осевой плоскостью метчика при  $\gamma = 0^\circ$  или смещенной относительно оси метчика на величину  $h = 0,5D \sin \gamma$ , и может осуществляться с заданным усилием прижима к рабочей поверхности абразивного инструмента с применением делительных дисков или упорки, фиксирующей положение спинки зуба. Если режущая кромка метчика имеет угол  $\lambda$ , то метчик вместе с центровыми бабками и столом станка поворачивают на соответствующий угол.

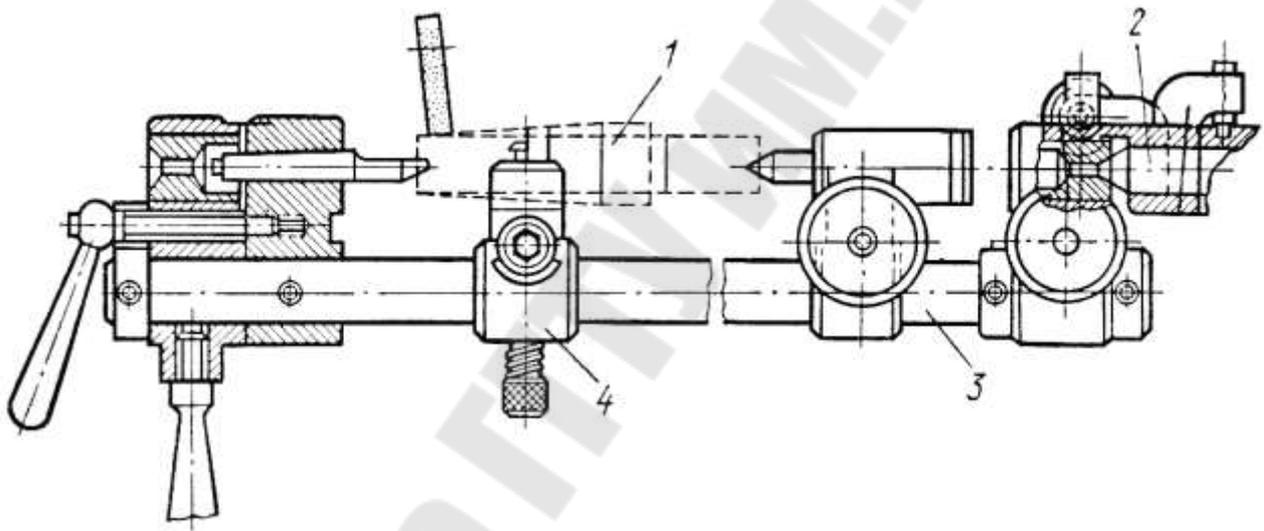


Рисунок 90 – Делительное приспособление для конической заточки задней поверхности режущей части метчика: 1 – метчик; 2 – центр станка; 3 – штанга; 4 – упорка

Заточка дисковых гребенок производится вместе с кулачком, установленным в специальном заточном приспособлении.

В приспособлениях (рис. 92) для заточки червячных фрез винтовое движение фрезы создается кинематически: поступательное движение стола преобразуется во вращательное реечной передачей. Шаг винтовых канавок настраивают, поворачивая копирную линейку на угол  $\delta$ .

При заточке прямозубых фрез, они устанавливаются в центрах.

Долбяки с прямыми зубьями затачиваются по передней поверхности способом круглого шлифования (рис. 93, а, б). Заточку выполняют на универсально-заточном станке с использованием приспособления для круглого шлифования.

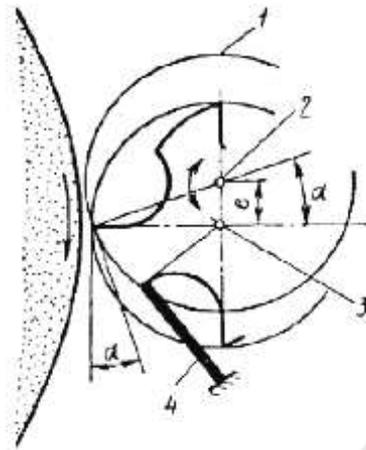


Рисунок 91 – Схема затылования: 1 – цилиндр затылования; 2 – ось качания в центрах станка; 3 – ось метчика; 4 – упорка

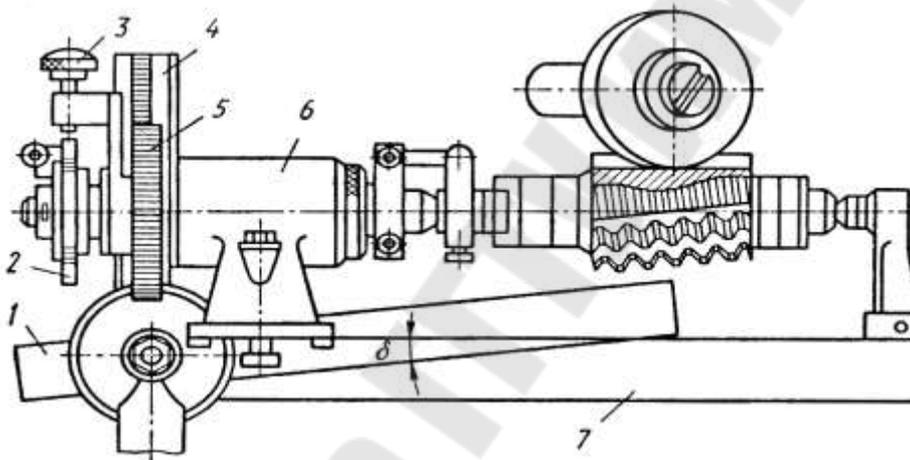


Рисунок 92 – Эскиз приспособления для заточки червячных фрез на универсально-заточном станке: 1 – копирная линейка; 2 – делительный диск; 3 – фиксатор; 4 - рейка; 5 – шестерня; 6 – бабка изделия; 7 – стол станка

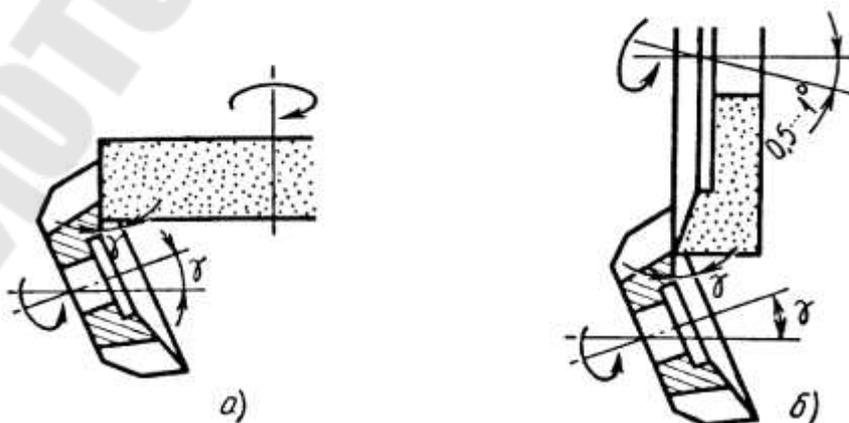


Рисунок 93 – Заточка прямозубых долбяков: а – периферией; б – торцом абразивного инструмента

При заточке косозубых долбяков (рис. 94) каждый зуб обрабатывают отдельно периферией абразивного инструмента прямого профиля способом плоского шлифования. В качестве делительного диска используют затачиваемый долбяк.

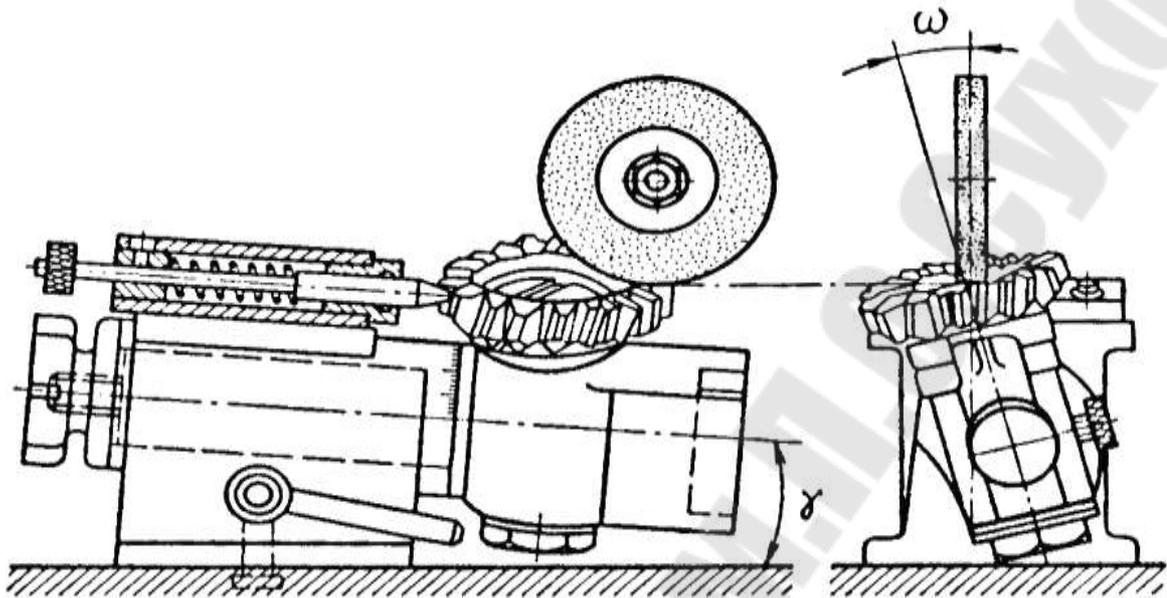


Рисунок 94 – Приспособление для заточки косозубых долбяков на универсально-заточном станке

Заточка передней поверхности внутренних протяжек осуществляется конической поверхностью абразивного инструмента тарельчатой формы. Для предотвращения повреждения режущей кромки протяжки поверхностью абразивного инструмента необходимо, чтобы радиус его кривизны был меньше радиуса кривизны передней поверхности протяжки во всех точках контакта:

$$D_{кр} \leq \frac{m D \sin (\beta - \gamma)}{\sin \gamma},$$

где  $m$  – коэффициент запаса (0,8 ÷ 0,9).

Круглые и шлицевые протяжки затачивают в центрах с использованием люнетов, расстояние между которыми не превышает  $8D$ . Вращение абразивного инструмента и протяжки должно быть встречным.

Плоские протяжки затачивают по передним и задним поверхностям зубьев торцом тарельчатого или чашечного абразивного инструмента при его возвратно-поступательном перемещении параллельно режущей кромке. Протяжку закрепляют в тисках или на магнитной плите. При заточке плоской протяжки по задней поверхности смещение на шаг обеспечивается использованием откидной упорки, закрепленной на неподвижной части станка и базирующейся по передней поверхности затачиваемого зуба.

## 14 СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ЗАТОЧКИ РАЗЛИЧНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

### 14.1. Специализированные станки для заточки резцов

*Полуавтомат модели 3Е624* служит для заточки твердосплавных и быстрорежущих токарных и строгальных резцов по задним поверхностям торцом алмазного или эльборового инструмента. С помощью дополнительных приспособлений возможна заточка резцов с высотой державки до 100 мм, а также заточка по передним поверхностям.

Для осуществления упругой заточки скорость гидравлической подачи на глубину шлифования устанавливается больше скорости съема металла. Станок работает с охлаждением; СОЖ подается в центр алмазного инструмента. Заточиваемый резец закрепляют на наклонном столе с помощью специальных приспособлений.

На станке можно работать как с ручным управлением, так и в автоматическом цикле. При работе с ручным управлением все движения кроме осцилляции должны производиться вручную. Для работы в автоматическом цикле необходимо: установить на пульте управления переключатели в положение, соответствующее автоматической работе; назначить необходимую выдержку времени при выхаживании, скорость подачи, усилие прижима абразивного инструмента к резцу и снимаемый припуск. Включение станка в работу в автоматическом цикле производится кнопкой «Цикл», при этом происходит гидравлический зажим резца и включается система охлаждения. По окончании зажима с помощью реле давления осуществляются осцилляция шлифовальной бабки и врезание. После снятия припуска срабатывает путевой выключатель, включающий реле времени выхаживания. По окончании выхаживания прекращаются осцилляция и подача охлаждающей жидкости, происходит разжим резца, шлифовальная бабка возвращается в исходное положение.

*Полуавтомат модели 3В624* имеет назначение, аналогичное полуавтомату модели 3Е624, однако заточка как твердосплавных, так и быстрорежущих резцов осуществляется торцом алмазного инструмента на металлической связке электроэрозионным методом. При использовании специальных приспособлений возможна заточка резцов сечением до 100 мм по задним и передним поверхностям, вышлифовка стружколомающих порошков, а также плоскостная заточка твердосплавных и быстрорежущих сверл  $\varnothing 5 \div 32$  мм.

*Станок модели 3622* (рис. 95) предназначен для алмазной и эльборовой заточки и доводки резцов вручную в незакрепленном или закрепленном состоянии. Движения продольной подачи и подачи на глубину сообщаются шлифовальной бабке. На наклонном столе станка могут устанавливаться специальные приспособления: для ориентации резца при ручной заточке; для зажима резца; для правки абразивного инструмента. При заточке задних поверхностей угол  $\alpha$  настраивают поворотом наклонного стола, а угол  $\varphi$  – поворотом при-

способления для ориентации или зажима резца.

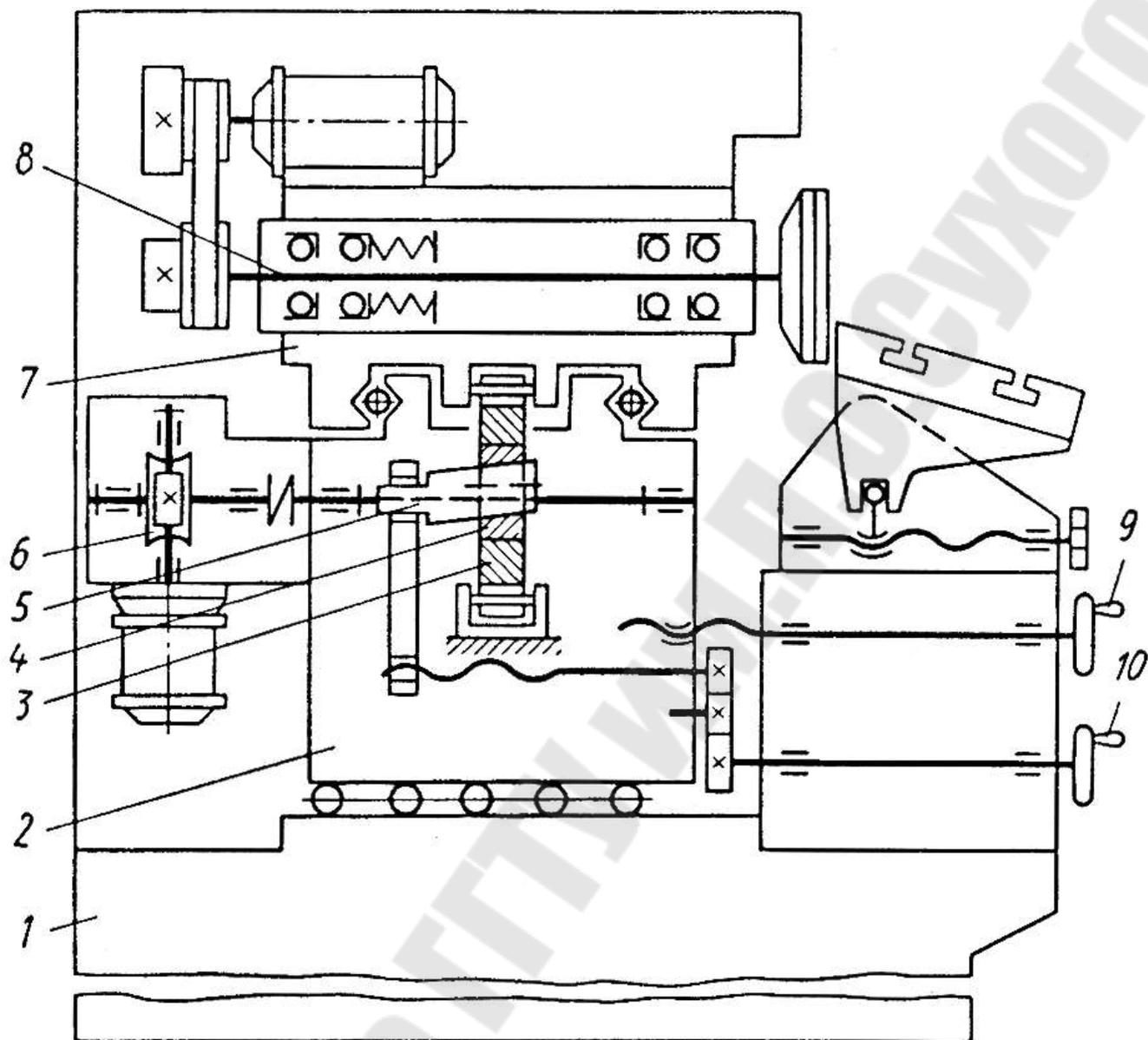


Рисунок 95 – Принципиальная схема станка модели 3622 для заточки резцов:  
1 – станина; 2 – каретка; 3 – кулиса; 4 – промежуточное кольцо; 5 – кулачок;  
6 – червячный редуктор; 7 – шлифовальная бабка; 8 – шлифовальный шпиндель; 9, 10 – маховики

#### 14.2. Специализированные станки для заточки сверл и зенкеров

*Станок модели ВК-80* настольного типа (рис. 96) предназначен для двухплоскостной заточки твердосплавных и быстрорежущих сверл  $\varnothing 0,4 \div 3$  мм. Сверла затачивают торцом абразивного инструмента с одной установки. Для настройки и контроля заточки пользуются микроскопом. Продольная подача осуществляется покачиванием шлифовальной бабки вручную. Заточку выполняют алмазными или эльборовыми инструментами без охлаждения.

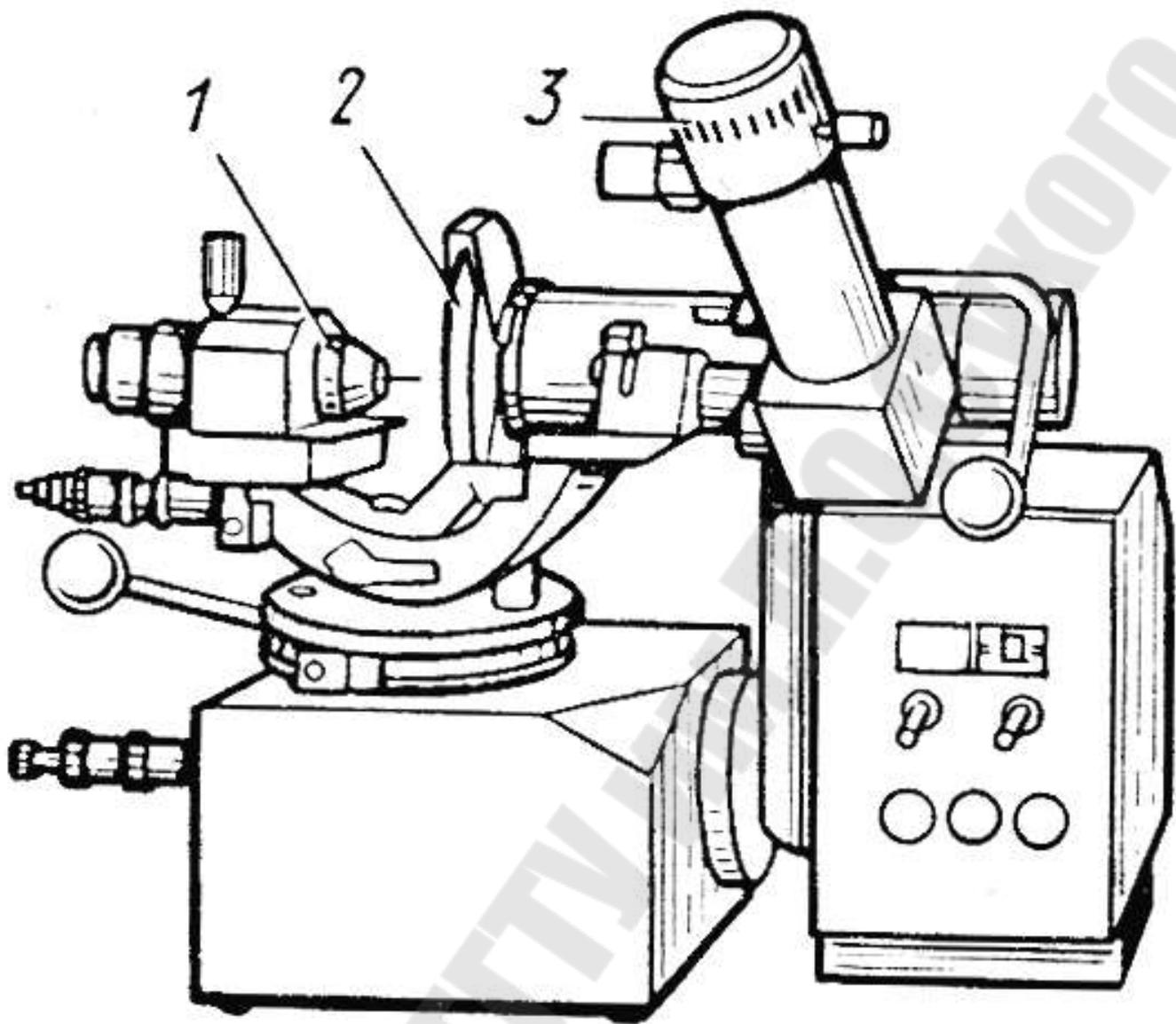


Рисунок 96 – Общий вид станка модели ВК-80:

1 – сверлодержатель; 2 – абразивный инструмент; 3 – микроскоп

*Полуавтомат модели 3Е651* (рис. 97) предназначен для двухплоскостной заточки твердосплавных и быстрорежущих сверл  $\varnothing 0,4 \div 6$  мм. Сверла затачивают способом глубинного шлифования торцовыми поверхностями двух абразивных инструментов: алмазных – при заточке твердосплавных сверл и эльборовых – при заточке быстрорежущих сверл. Перемещением шлифовальных бабок по поперечным направляющим устанавливается величина снимаемого припуска, достигается прохождение ребра пересечения плоскостей через ось сверла и компенсируется износ абразивного инструмента. При настройке станка необходимо установить угол сверла при вершине  $2\varphi$  поворотом бабки изделия и нормальные задние углы первой и второй плоскостей ( $\alpha_{1N}$  и  $\alpha_{2N}$ ) наклоном шпинделей, ось поворота которых проходит через вершину сверла.

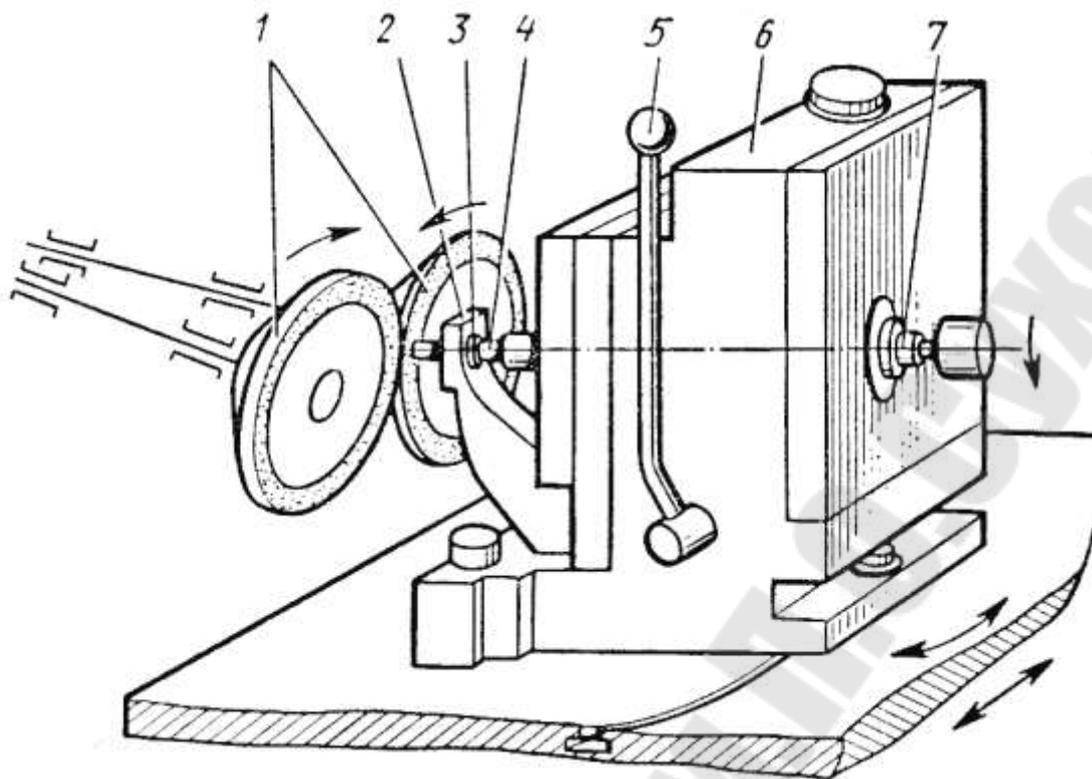


Рисунок 97 – Общий вид полуавтомата модели 3Е651:  
 1 – абразивные инструменты; 2 – стойка; 3 – втулка; 4 – сверло;  
 5 – рукоятка зажима; 6 – бабка изделия; 7 – цанговая оправка

**Полуавтомат модели 3Е653** предназначен для винтовой заточки спиральных сверл  $\text{Ø } 5 \div 40$  мм из быстрорежущей стали или оснащенных твердым сплавом. Кроме сверл на станке можно затачивать задние поверхности трех- и четырехзубых инструментов (зенкеров и метчиков), а также на отдельной позиции выполнять подточку поперечной кромки сверл. Сверла затачивают периферией абразивного, эльборового или алмазного инструмента способом многопроходного шлифования со скоростью 24 м/с при подаче СОЖ поливом. Поворотом основания бабки изделия устанавливают угол  $2\phi$ . Для настройки заднего угла используют шкалы затылования и осцилляции на бабке изделия. После ориентации инструмента на отдельной позиции оправку с инструментом устанавливают в патрон бабки изделия. Заточка сверл без заострения поперечной кромки, а также зенкеров и метчиков ведется с осцилляцией абразивного инструмента. Заточку сверл с заострением поперечной кромки, а также ступенчатых выполняют без осцилляции инструмента.

### 14.3. Специализированные станки для заточки фрез

**Полуавтомат модели 3Б667Ф2** (рис. 98) предназначен для поэлементной заточки торцовых фрез  $\text{Ø } 80 \div 630$  мм с ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава, и фрез из быстрорежущей стали. Заточка, выполняемая с охлаждением торцом алмазного инструмента, сочетается с электроэрозионной правкой. На полуавтомате пооперационно затачивают все прямолинейные режущие кромки – главные, вспомогательные и переходные.

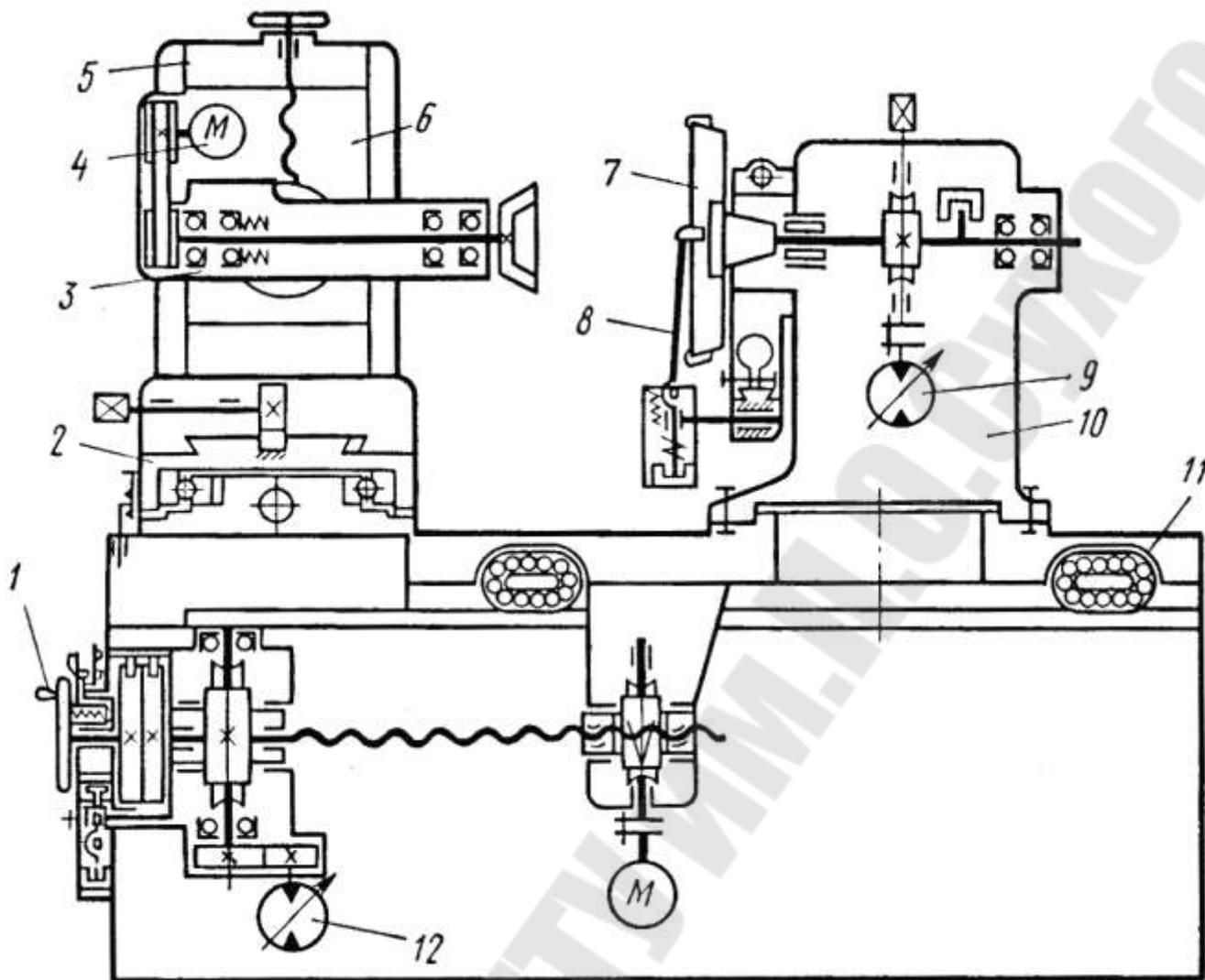


Рисунок 98 – Принципиальная схема полуавтомата модели 3Б667Ф2 для заточки торцовых фрез: 1 – маховичок; 2 – стол; 3 – шлифовальная бабка; 4 – электродвигатель; 5 – колонна; 6 – салазки; 7 – фреза; 8 – упорка; 9, 12 – гидродвигатели деления и подачи; 10 – бабка изделия; 11 – суппорт

Затачиваемую фрезу закрепляют на шпинделе бабки изделия, базируя непосредственно на шпинделе или через переходную оправку. Упорка выполнена покачивающейся и обладает возможностью продольного смещения, что позволяет с помощью бесконтактного выключателя подавать сигнал на продолжение цикла обработки по окончании деления. Шлифовальная бабка может поворачиваться на угол  $\pm 20^\circ$  в вертикальной плоскости для установки заднего угла.

**Заточной комплекс модели ВЗ-219К** (рис. 99), служащий для заточки задних поверхностей торцовых фрез  $\varnothing 80 \div 630$  мм, состоит из двух полуавтоматов 1 модели 3Б667Ф2, манипулятора 3 с ручным управлением, универсального схвата 2 и накопителя 4.

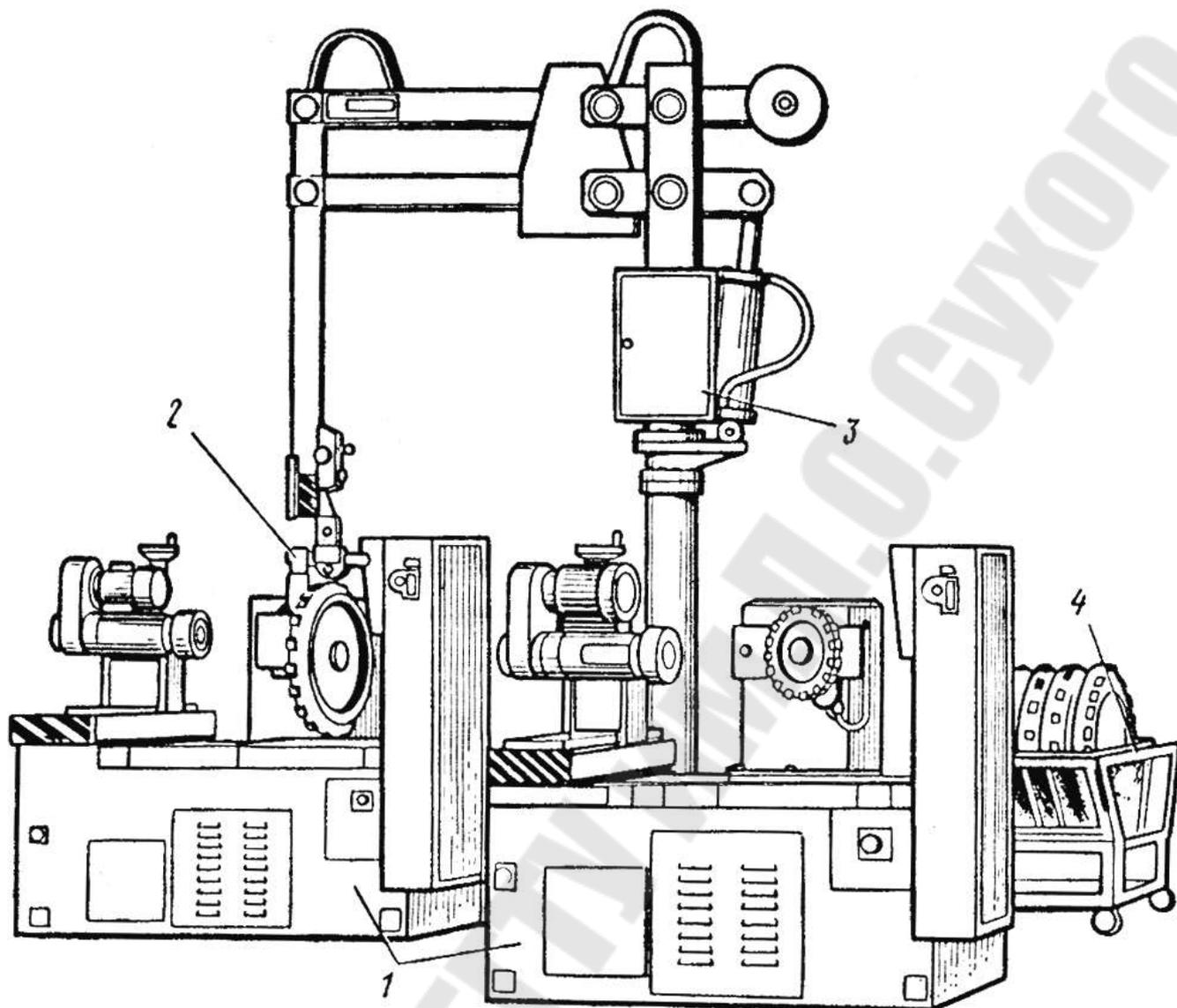


Рисунок 99 – Общий вид заточного комплекса ВЗ-219К для заточки торцовых фрез: 1 – полуавтомат модели ЗБ667Ф2; 2 – схват; 3 – манипулятор; 4 – накопитель

**Полуавтомат модели ВЗ-152Ф2** (рис. 100, а) предназначен для копирной контурной заточки задних поверхностей торцовых фрез  $\varnothing 100 \div 500$  мм с ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава (рис. 100, б). Заточку по пластине и державке выполняют под разными углами, что достигается смещением оси абразивного инструмента. Обработку пластины из твердого сплава производят периферией двухуглового инструмента из карбида кремния (63С 40–25 М2 7 К8) или алмазного инструмента (АСМ 40/28 100 % Б1). Для обработки стальной державки используют абразивные инструменты 25А 40–25 СМ1 7 К8. На станке можно осуществлять также круглое шлифование фрез по контуру. Станок оснащен специальным приспособлением для фрезерования копиров.

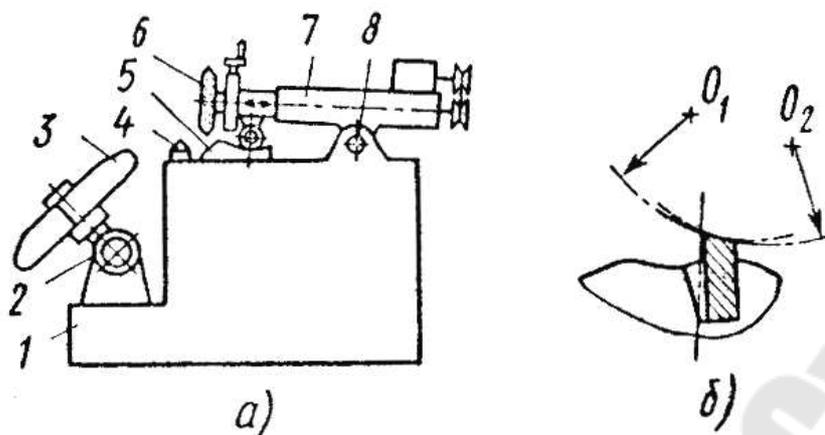


Рисунок 100 – Компоновка полуавтомата модели ВЗ-152Φ2 (а) и схема заточки задней поверхности торцевой фрезы (б): 1 – станина; 2 – ось наклона бабки изделия; 3 – фреза; 4 – алмаз; 5 – копир; 6 – абразивный инструмент; 7 – шлифовальная бабка; 8 – ось качания шлифовальной бабки;  $O_1$ ,  $O_2$  – положение оси абразивного инструмента при заточке по пластине и по державке

**Полуавтомат с ЧПУ модели ВЗ-205Φ3**, на котором затачивают передние и задние поверхности винтовых и торцовых зубьев концевых фрез  $\varnothing 14 \div 63$  мм, имеет защитный кожух для работы с обильным охлаждением. С целью определения фактических окружных и осевых шагов винтовых зубьев полуавтомат оснащен специальной упоркой с контактным датчиком. Устройство ЧПУ рассчитывает, запоминает и выводит на дисплей значения среднего осевого и каждого из окружных шагов винтовых зубьев, используемые затем в процессе заточки при задании осевого шага винтового движения и окружных шагов деления. Выбор типа инструмента и затачиваемой поверхности, ввод геометрической и технологической информации происходят в диалоговом режиме.

При настройке станка на заточку задней поверхности концевой фрезы с радиусным закруглением на торце или со сферическим торцом ось абразивного инструмента тороидальной формы устанавливается в горизонтальной плоскости, проходящей через ось фрезы, и разворачивается на угол  $45^\circ$ , что обеспечивает обработку задней поверхности фрезы по всему контуру. После введения оператором в устройство ЧПУ известной геометрической и технологической информации и определения осевого и окружных шагов винтовых зубьев фреза затачивается автоматически.

**Полуавтомат модели 3691** предназначен для заточки отрезных и прорезных фрез  $\varnothing 50 \div 315$  мм по передним и задним поверхностям главных и переходных кромок. Заточку передних и задних поверхностей главных кромок выполняют абразивным или эльборовым инструментом за один рабочий цикл. Задние поверхности переходных кромок затачивают также в автоматическом цикле, но пооперационно – отдельно правые и левые. При заточке тороидальный абразивный инструмент получает возвратно-поступательное движение в радиальном направлении, кинематически связанное с вращением пилы.

**Полуавтоматы модели 3Д692** (рис. 101) и **3Е692** служат для заточки дисковых сегментных пил  $\varnothing 275 \div 1430$  мм по передним и задним поверхностям главных и переходных кромок. Заточка передних и задних поверхностей главных кромок на прорезных и зачистных зубьях производится электрокорундовым или эльборовым инструментом за один рабочий цикл. Задние поверхности переходных кромок также затачиваются в автоматическом цикле, но требуют отдельной настройки положения абразивного инструмента и числа его ходов. Все три операции заточки – главных, правых переходных и левых переходных кромок – можно выполнить с одной установки пилы. При заточке торoidalный абразивный инструмент получает возвратно-поступательное движение в радиальном и осевом направлениях, кинематически связанное с непрерывным равномерным вращением пилы.

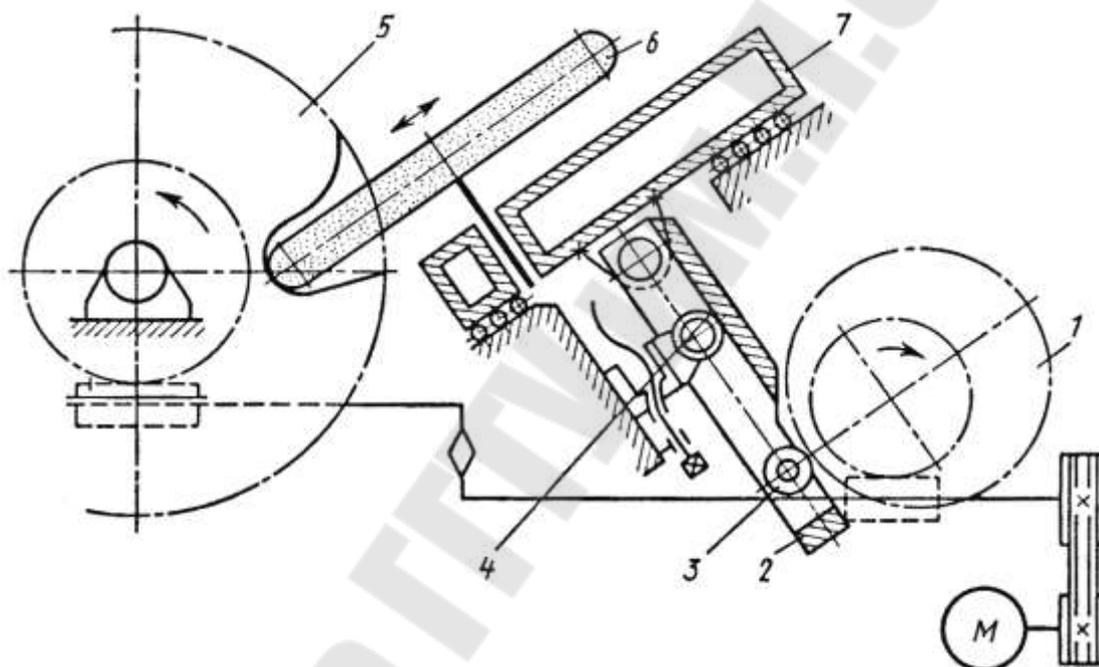


Рисунок 101 – Схема работы полуавтомата модели 3Д692 для заточки дисковых пил: 1 – сменный кулачок; 2 – качающийся рычаг; 3 – ролик рычага; 4 – смещаемый опорный ролик; 5 – затачиваемая пила; 6 – абразивный инструмент; 7 – каретка шлифовальной бабки

#### 14.4. Специализированные станки для заточки червячных фрез и долбяков

**Полуавтоматы моделей 3Л660А и 3Б662ГВ** предназначены для заточки червячных фрез из быстрорежущей стали и твердого сплава с прямыми канавками. Заточку выполняют способом глубинного шлифования торцом эльборового или алмазного инструмента с охлаждением. На станке модели 3А660А возможно многопроходное шлифование. Цикл обработки автоматизирован. На станках можно затачивать передние поверхности других многолезвийных инструментов с прямыми зубьями.

**Полуавтоматы моделей 3А662 и 3Б662ВФ2** предназначены для заточ-

ки хвостовых и насадных червячных фрез из быстрорежущей стали и твердого сплава с прямыми и винтовыми канавками. Заточку выполняют способом многопроходного шлифования конической поверхностью абразивного, эльборового или алмазного инструмента с охлаждением и всухую. Станки работают в автоматизированном цикле, включающем заточку с подачей и периодической правкой инструмента, выхаживание без подачи и остановку станка в конце обработки. Снимаемый припуск, периодичность правки, продолжительность выхаживания задаются счетчиками на пульте управления.

**Полуавтомат модели 3А662** (рис. 102) служит для заточки червячных фрез класса АА  $\varnothing 65 \div 200$  мм, имеющих модуль  $0,5 \div 14$  мм. Полуавтомат выполнен в горизонтальной компоновке с подвижными шлифовальными салазками, перемещающимися по направляющим станины относительно установленной в центрах затачиваемой фрезы.

При заточке червячных фрез с винтовыми канавками движение на шпиндель передается от рейки через реечную шестерню, дифференциал, гитару сменных колес, фиксатор и делительный диск. С помощью гитары сменных колес настраивают шаг винтовой стружечной канавки.

На пульте управления устанавливают: периодичность подачи (число зубьев, после обработки которых происходит круговая подача); количество подач, необходимое для снятия припуска; периодичность правки; продолжительность выхаживания. Механизм выборки люфтов регулируют для обеспечения равномерного съема металла при шлифовании в обоих направлениях. С целью заточки фрез с большим углом подъема винтовых стружечных канавок (более  $25^\circ$ ) и модулем до 8 мм в комплекте станка предусмотрена дополнительная шлифовальная бабка.

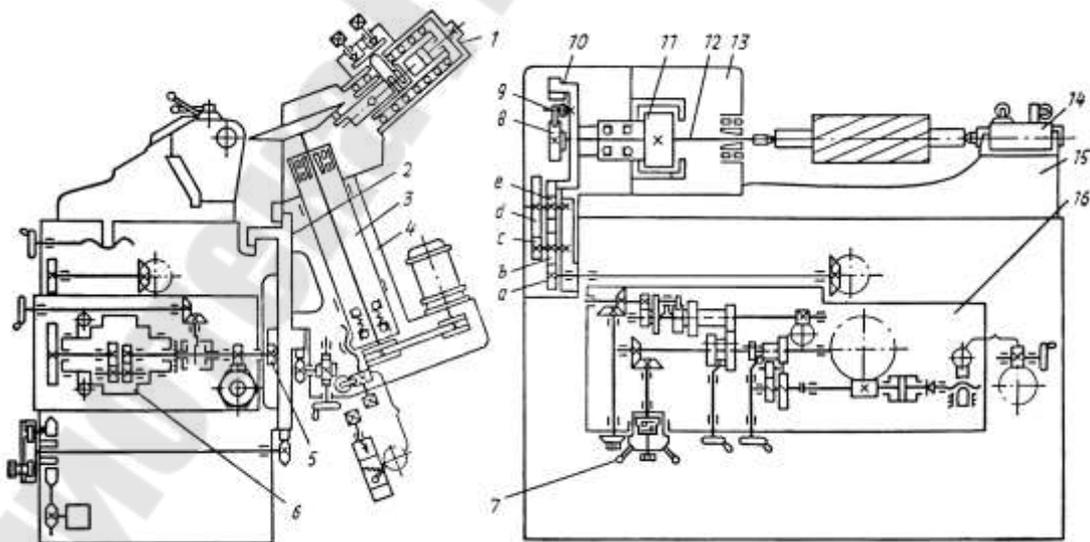


Рисунок 102 – Кинематическая схема полуавтомата модели 3А622 для заточки червячных фрез: 1 – механизм правки; 2 – шлифовальные салазки; 3 – шлифовальная головка; 4 – шлифовальная бабка; 5 – реечная шестерня; 6 – дифференциал; 7 – маховичок; 8 – делительный диск; 9 – фиксатор; 10 – шестерня; 11 – гидродвигатель; 12 – шпиндель изделия; 13 – бабка изделия; 14 – задняя бабка; 15 – поперечные салазки; 16 – механизм подачи и спиралеобразования

*Полуавтомат модели 3Б662ВФ2 с ЧПУ* имеет в качестве привода круговой подачи шаговый двигатель с управлением от системы ЧПУ, что обеспечивает обработку со съемом полного припуска с черновыми и чистовыми подачами за один оборот фрезы и значительно сокращает время обработки. Необходимые цикл заточки и режим съема припуска (общий припуск, величина и число черновых ходов, величина чистовой подачи, число выхаживающих ходов) устанавливаются оператором на декадных переключателях пульта управления.

*Полуавтомат модели ВЗ-203Ф2 с ЧПУ* предназначен для заточки передних поверхностей косозубых и прямозубых дисковых, чашечных и хвостовых долбяков классов АА, А и В. Обработку выполняют периферией абразивного, алмазного или эльборового инструмента прямого профиля. С помощью декадных переключателей программируются параметры обработки: число зубьев; подача и число черновых ходов; подача и число чистовых ходов; число ходов выхаживания.

#### 14.5. Специализированные станки для заточки метчиков и круглых плашек

*Станок модели 4М* (рис. 103) предназначен для заточки метчиков  $\varnothing 6 \div 52$  мм по задней поверхности режущей части и работает по методу радиального затылования.

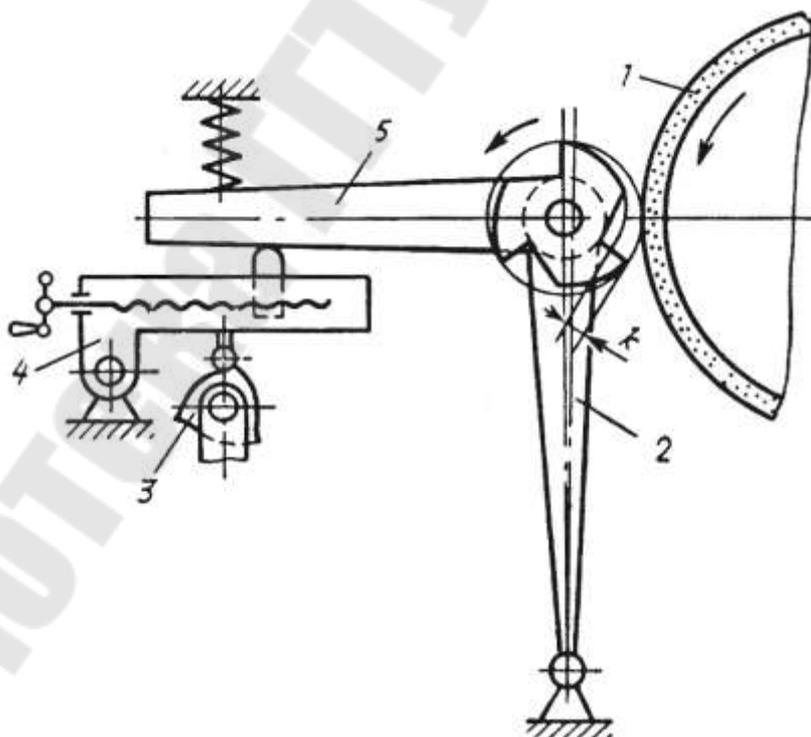


Рисунок 103 – Схема работы станка модели 4М для радиального затылования метчиков по задней поверхности режущей части: 1 – абразивный инструмент; 2 – каретка; 3 – кулачок затылования; 4 – кронштейн с переменным плечом; 5 – рычаг; К – размер затылования

**Полуавтомат модели 3В10М** (рис. 104) предназначен для за точки метчиков по передней поверхности торцом чашечного инструмента с охлаждением. Метчик устанавливают в центрах и закрепляют в специальном подводковом патроне. Деление при заточке инструмента производится с ориентацией зуба на упорку.

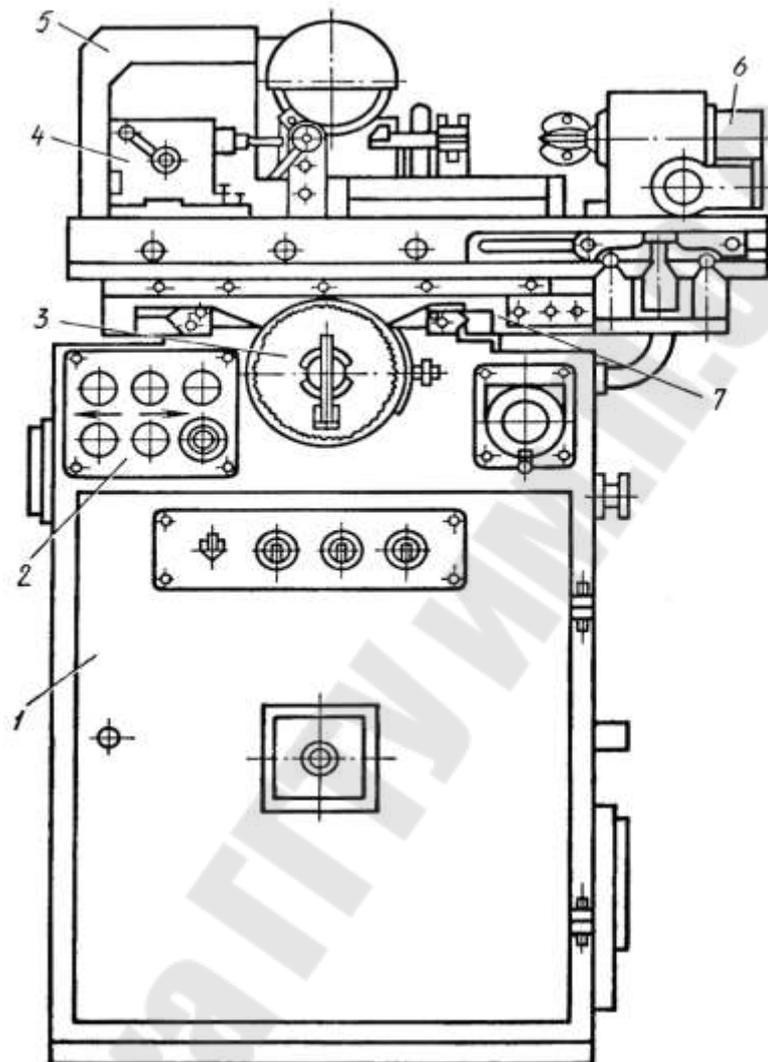


Рисунок 104 – Общий вид полуавтомата модели 3В10М для заточки метчиков по передней поверхности: 1 – станина; 2 – пульт управления; 3 – маховик поперечной подачи; 4 – задняя бабка; 5 – шлифовальная бабка; 6 – передняя бабка; 7 – стол

Полуавтоматический цикл работы станка состоит из возвратно-поступательного перемещения стола и деления на зуб через один или два двойных хода стола. Поперечная подача производится вручную на один оборот изделия перемещением стола. После заточки всех зубьев счетчик отключает станок.

**Станок модели МФ-27А** (рис. 105) предназначен для заточки плашек  $\varnothing 6 \div 52$  мм по передней поверхности. Ориентация плашки на столе и продольная подача инструмента осуществляются вручную.

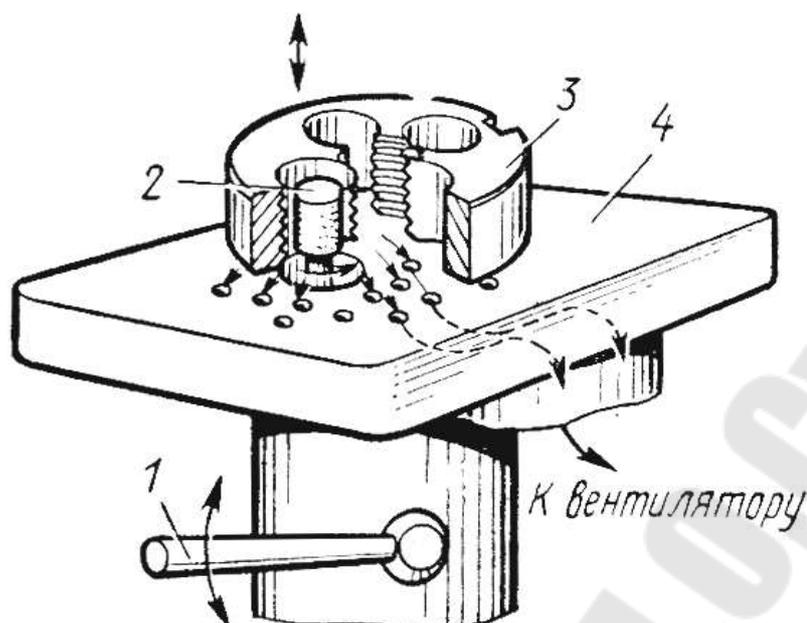


Рисунок 105 – Эскиз общего вида станка модели МФ-27А для заточки плашек:  
 1 – рычаг; 2 – абразивный инструмент; 3 – плашка; 4 – столик

#### 14.6. Специализированные станки для заточки протяжек

Таблица 3 – Станки для заточки протяжек

Модель	Назначение станка
3601	Предназначен для заточки круглых и плоских протяжек, изготовленных из быстрорежущей стали или твердого сплава, абразивными, алмазными или эльборовыми инструментами всухую и с охлаждением
3601-1	Отличается от станка модели 3601 меньшей длиной затачиваемой протяжки. На станках предусматривается шлифование выкружек и стружкоразделительных канавок
3601Б	Предназначен для заточки только плоских протяжек
ЗМ601Ф1	Имеет цифровую индикацию продольного или вертикального перемещения
3602	Отличается тем, что на нем можно обрабатывать протяжки больших размеров

На всех станках продольное перемещение протяжки осуществляется столом, несущим переднюю и заднюю бабки, магнитную плиту или другие приспособления для закрепления затачиваемой протяжки; вертикальное и поперечное перемещения осуществляются шлифовальной бабкой.

Шлифовальная головка может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол до  $90^\circ$ , что обеспечивает возможность шлифования передних поверхностей конусной поверхностью тарельчатого инструмента и задних поверхностей – торцом чашечного инструмента. Шлифовальные салазки могут поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол  $\pm 30^\circ$  с целью заточки козубых протяжек.

Передняя бабка предназначена для сообщения протяжке непрерывного

вращательного движения, а также для деления при шлифовании выкружек и нанесения стружкоразделительных канавок.

### 14.7. Многоцелевые заточные станки с ЧПУ

Важной особенностью заточных станков с ЧПУ является их универсальность: на одном и том же станке, заменяя программы обработки, можно вышлифовать и заточить по передним и задним поверхностям сверло, зенкер, развертку, концевую и дисковую фрезы, метчик, различный комбинированный инструмент (рис. 106, *a–д*).

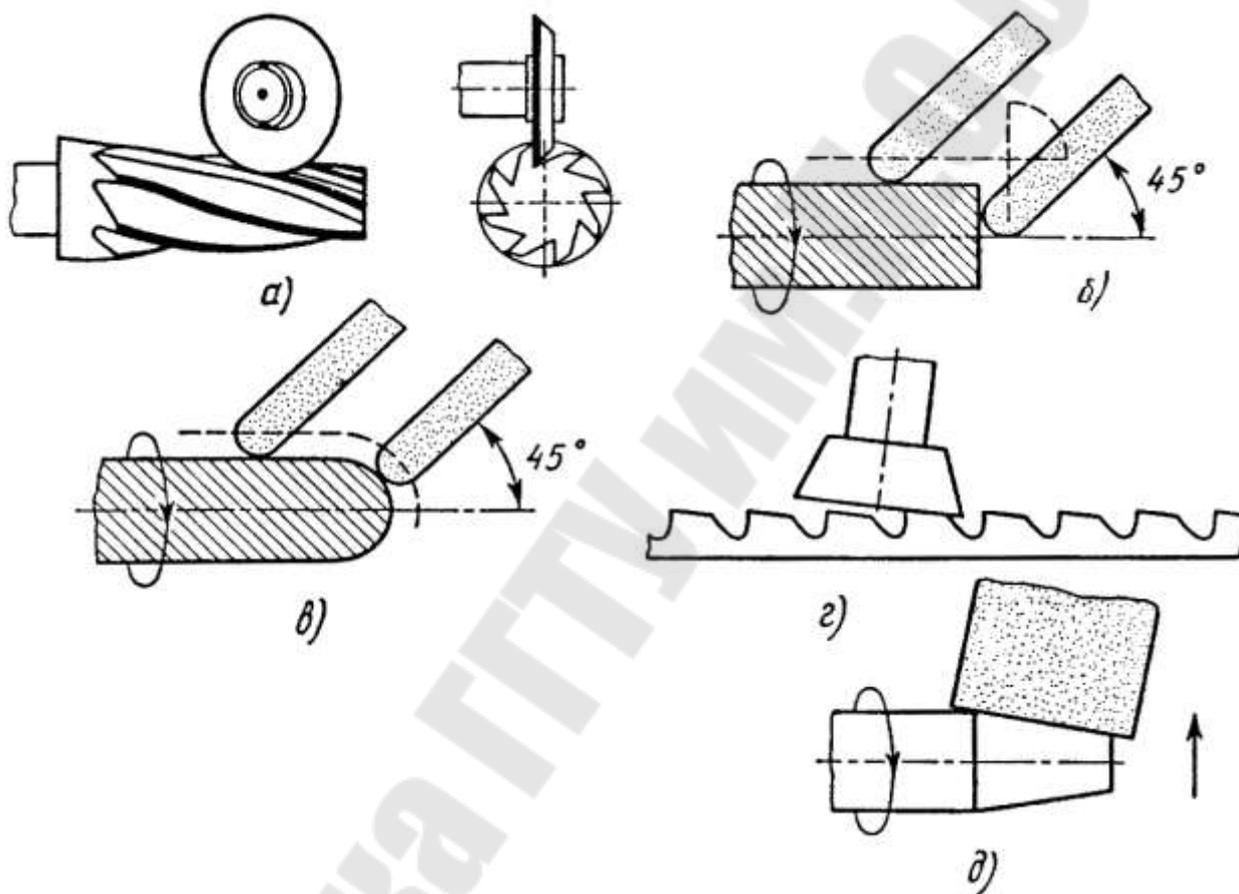


Рисунок 106 – Схемы заточки на заточном станке с ЧПУ многолезвийного инструмента: *a* – конической концевой фрезы по передней поверхности зуба тарельчатым инструментом; *б* – цилиндрической концевой фрезы по задним поверхностям винтового и торцового зубьев тороидальным инструментом; *в* – концевой фрезы со сферическим концом по задним поверхностям винтового и радиусного зубьев тороидальным инструментом; *г* – плоской протяжки по задней поверхности чашечным инструментом; *д* – метчика по задней поверхности режущей части инструментом прямого профиля (затылование заборного конуса)

Технологические возможности заточных станков с ЧПУ расширяются за счет установки на шлифовальной оправке двух-трех шлифовальных инструментов, последовательно вводимых в обработку с учетом их формы, размеров и расположения (рис. 107).

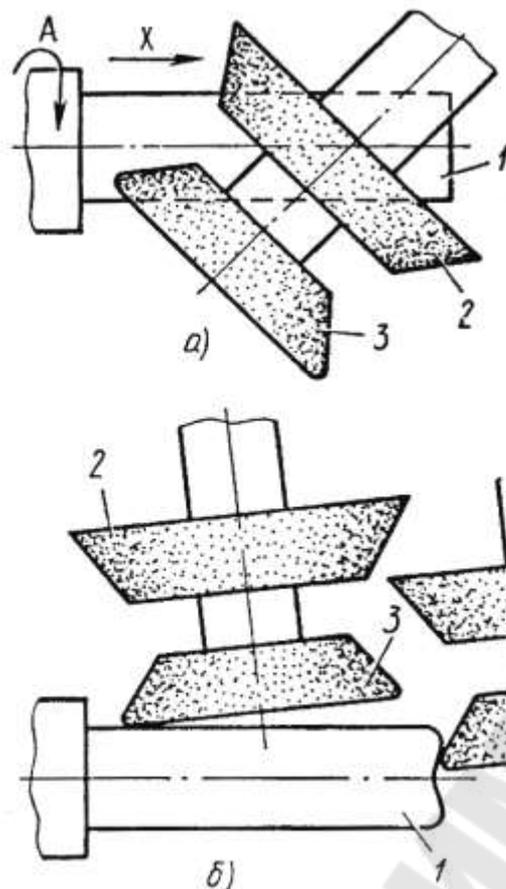


Рисунок 107 – Обработка концевой фрезы на заточном станке с ЧПУ:  
*a* – шлифовка винтовых канавок; *б* – заточка задних поверхностей винтовых и торцовых зубьев; 1 – заготовка концевой фрезы; 2 – абразивный инструмент для вышлифовки винтовых стружечных канавок; 3 – абразивный инструмент для заточки задних поверхностей; *A* – вращение вокруг оси инструмента;  
*X* – поступательное перемещение вдоль оси инструмента

Многоцелевые заточные станки с ЧПУ позволяют в условиях мелкосерийного и серийного инструментального производства вышлифовывать стружечные канавки и затачивать сложный прецизионный концевой инструмент с высокой концентрацией операций, выполняемых с одной установки. Для вышлифовки стружечных канавок и заточки большинства инструментов наиболее целесообразно использовать заточные станки с пятью управляемыми координатами (рис. 108), по трем из которых (*X*, *Y*, *Z*) осуществляются взаимно перпендикулярные поступательные перемещения, а по двум (*A*, *C*) – вращательные движения соответственно вокруг оси инструмента и вокруг вертикальной оси. Каждая из координат имеет отдельный привод (от шагового двигателя или двигателя постоянного тока), управляемый от системы ЧПУ. Несколько пониженные технологические возможности имеют 4-координатные (*X*, *Y*, *Z*, *A*) станки с ЧПУ (рис. 109). Применение многоцелевых 6–9-координатных заточных станков с ЧПУ можно рекомендовать в заточных отделениях гибких автоматизированных производств (ГАП) для заточки особо сложного режущего инструмента.

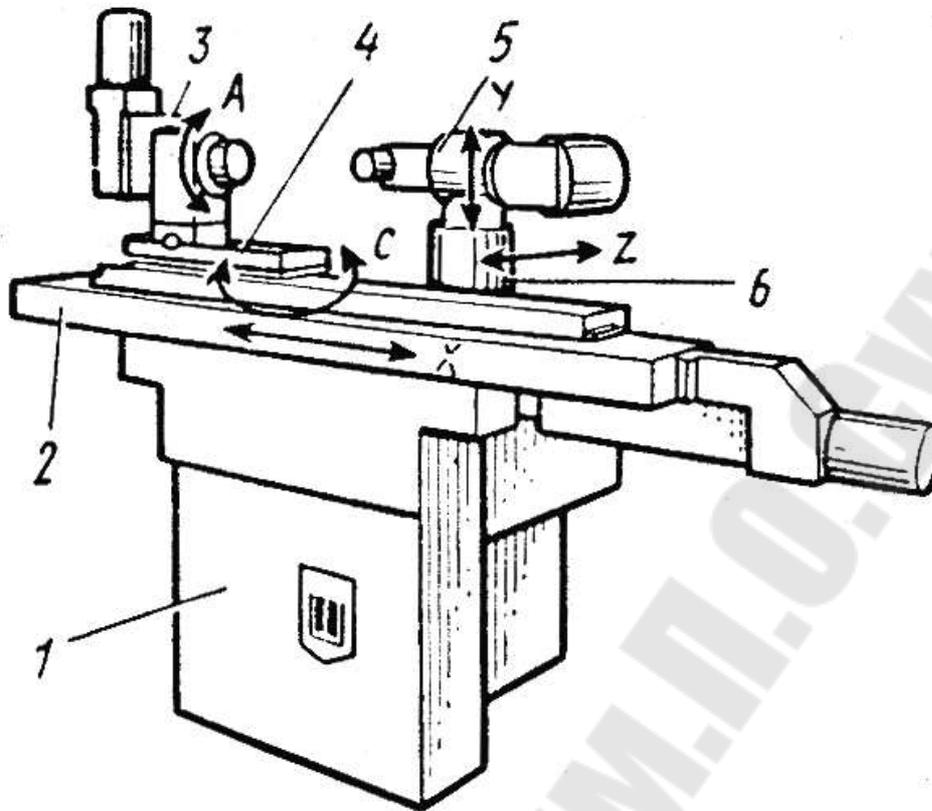


Рисунок 108 – Общий вид многоцелевого заточного 5-координатного станка с ЧПУ: 1 – станина; 2 – стол; 3 – бабка изделия; 4 – поворотное основание бабки изделия; 5 – шлифовальная бабка; 6 – колонна

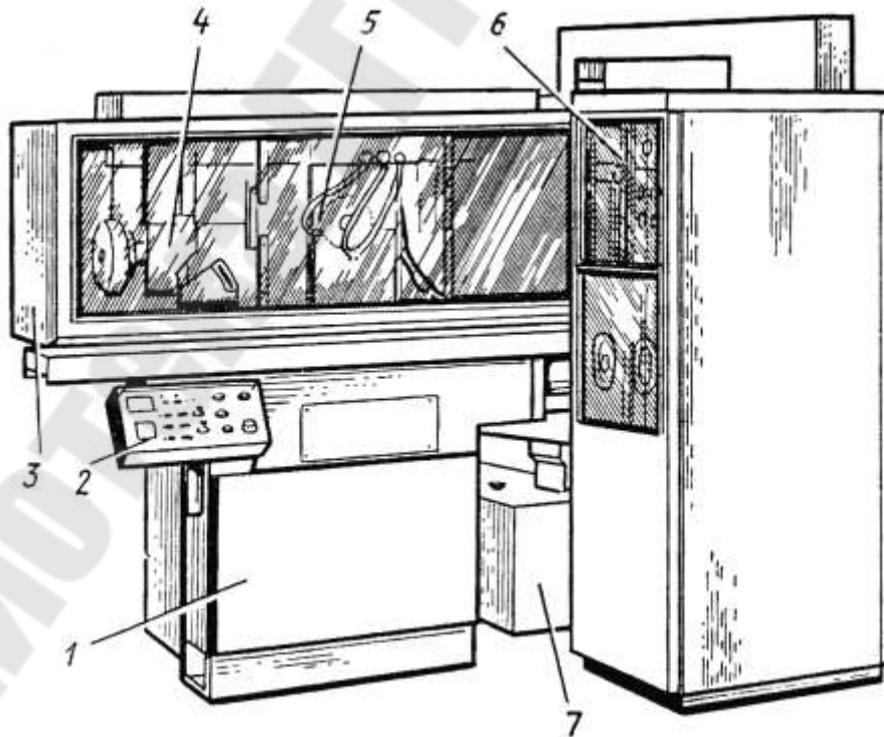


Рисунок 109 – Многоцелевой заточной 4-координатный станок с ЧПУ модели ВЗ-205ФЗ: 1 – станина; 2 – пульт управления; 3 – кожух; 4 – бабка изделия; 5 – шлифовальная бабка; 6 – устройство ЧПУ; 7 – бак СОЖ

## 14.8. Особенности процесса вышлифовки стружечных канавок

Вышлифовка стружечных канавок – это процесс профильного шлифования, при котором канавки инструмента полностью или поэлементно формируются фасонным абразивным инструментом на целой (не имеющей канавок) заготовке.

Стружечные канавки чаще всего располагаются на цилиндрической поверхности или торце режущего инструмента. Их формирование способом вышлифовки получило распространение преимущественно для концевой инструмента диаметром до 12 мм – сверл, концевых фрез, метчиков, разверток. Основными достоинствами процесса вышлифовки являются высокая точность геометрических параметров, хорошее качество рабочих поверхностей стружечных канавок, быстрая смена объекта обработки, короткий цикл производства.

*Спиральные сверла* вышлифовывают в диапазоне диаметров  $0,1 \div 0,2$  мм. Угол наклона винтовых стружечных канавок составляет  $10 \div 35^\circ$ , глубина –  $(0,35-0,45)D$ , ширина равна или несколько превышает ширину пера, подъем сердцевины сверла –  $1,4 \div 1,6$  мм на 100 мм длины. Ленточки сверла при вышлифовке выполняют высотой, равной  $(0,02-0,03)D$ , что значительно меньше, чем при фрезеровании или прокатке.

Профиль стружечных канавок сверла состоит из двух поверхностей (рис. 110) – передней 1 и переходной 2. Передняя поверхность канавки формируется радиусной частью инструмента ( $R$ ) при винтовом движении. Переходная поверхность образуется при винтовом движении угловой кромки  $L$  абразивного инструмента. Для повышения прочности и стойкости угловой кромки прилегающая к ней сторона абразивного инструмента оформляется в виде упрочняющего конуса с углом  $\beta$ .

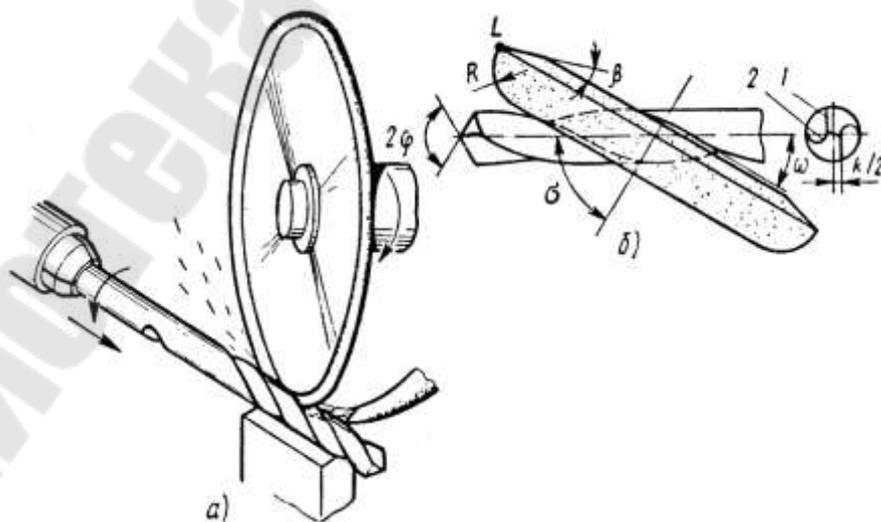


Рисунок 110 – Расположение спирального сверла и абразивного инструмента при вышлифовке винтовых стружечных канавок: *a* – внешний вид; *б* – схема:

*1* – передняя поверхность канавки; *2* – переходная поверхность;

*L* – угловая кромка инструмента

Концевые фрезы вышлифовывают в диапазоне диаметров  $2 \div 12$  мм; они имеют три-шесть винтовых стружечных канавок с углом ( $\omega = 30-45^\circ$  на цилиндрической поверхности и столько же – прямых канавок на торцевой поверхности. Глубина винтовых канавок составляет  $(0,2-0,3)D$ . Профиль винтовой стружечной канавки концевой фрезы (рис. 111) состоит из двух участков – передней поверхности и спинки. Спинка у концевой фрезы в отличие от сверла является частью канавки и образует выпуклую переходную поверхность (от передней поверхности к задней), которая может быть частью поверхности спинки или формироваться отдельно. Зубья обычно выполняют с равномерным окружным шагом.

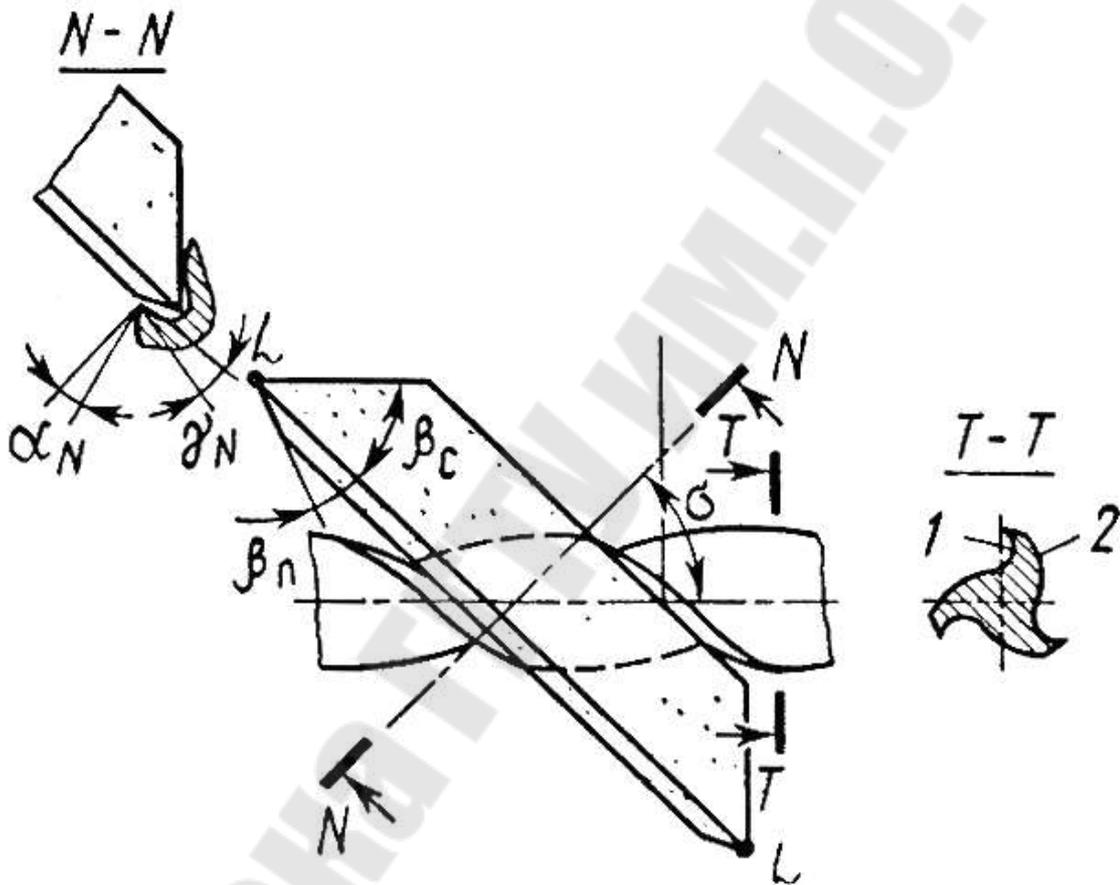


Рисунок 111 – Схема расположения концевой фрезы и абразивного инструмента при вышлифовке винтовых канавок: 1 – передняя поверхность; 2 – спинка

Передняя поверхность винтовых зубьев концевой фрезы, которая должна обеспечить выполнение двух основных требований – получения заданного положительного переднего угла в нормальной секущей плоскости ( $\gamma_N$ ) и плавного перехода к поверхности спинки для улучшения условий отвода стружки – чаще всего формируется окружностью  $L$  угловой кромки абразивного инструмента. Упрочняющий конус абразивного инструмента с углом  $\beta_P$ , обращенный к передней поверхности, может участвовать в съеме металла, но не должен формировать переднюю поверхность зуба фрезы.

Значение переднего угла в наибольшей степени зависит от соотношения

углов установки абразивного инструмента ( $\omega_y$ ) и наклона канавок ( $\omega$ ), а также относительного диаметра сердцевины фрезы ( $k/D$ ). Если  $(D_{кр}/D)\sin \omega \geq 5$ , для предварительных расчетов можно использовать следующую зависимость:

$$\operatorname{tg} \gamma_N \approx \frac{\left(1 - \frac{2k}{D} \cdot \frac{\operatorname{tg} \omega_y}{\operatorname{tg} \omega}\right) \cos \omega}{\frac{\operatorname{tg} \omega_y}{\operatorname{tg} \omega} \sqrt{1 - \left(\frac{2k}{D}\right)^2}},$$

где  $k$  – диаметр сердцевины фрезы;  $k = (D/2) - h$ , где  $h$  – высота зуба.

Профилирующий конус абразивного инструмента с углом  $\beta_c$  участвует в съеме припуска и формировании выпуклой поверхности спинки.

Угол установки абразивного инструмента  $\omega_y$  обычно равен  $\omega + (1-5^\circ)$ ; угол упрочняющего конуса со стороны передней поверхности  $\beta_{II} = 0-15^\circ$ ; диаметр алмазного или эльборового инструмента  $D_{кр}$  по технологическим соображениям выбирают в пределах 100–200 мм. Угол конуса инструмента со стороны спинки ( $\beta_c = 60-80^\circ$ ) рассчитывают по специальным зависимостям или подбирают экспериментально. Угол установки абразивного инструмента можно рассчитать, пользуясь приближенной формулой:

$$\operatorname{tg} \omega_y \approx \frac{\operatorname{tg} \omega}{\frac{\operatorname{tg} \gamma_N}{\cos \omega} \sqrt{1 - \left(\frac{2k}{D}\right)^2} + \frac{2k}{D}}.$$

*Метчики* вышлифовывают в диапазоне диаметров М0,35–М10. Профиль стружечной канавки состоит из трех участков – передней поверхности, радиусного сопряжения и переходной поверхности. Основными параметрами профиля канавки являются следующие: число канавок  $Z_{и} = 3-4$ ; диаметр сердцевины  $k = (0,38-0,45)D$ ; ширина пера  $p = (0,2-0,32)D$ ; передний угол  $\gamma = 10-12^\circ$ . При обработке прямых канавок их профиль соответствует профилю абразивного инструмента.

Для базирования инструмента используют неподвижные или подвижные относительно него базы (рис. 112,  $a-z$ ). Хвостовик базируется в неподвижной базе, выполненной обычно в виде цанги. Для базирования рабочей части применяют либо неподвижную (люнет или центр), либо подвижную базу (направляющую втулку). Базирование с использованием люнета и втулки отличается большей жесткостью, чем с использованием центра. Кроме того, люнет обеспечивает образование сердцевины за счет наклона оси изделия к направлению движения и удобный подвод СОЖ в зону обработки, а направляющая втулка увеличивает поверхность базирования. Длинные инструменты, базируемые в центрах, поддерживаются регулируемым люнетом. При обработке инструментов с диаметром рабочей части менее 3 мм рекомендуется: 1) конец хвостовика

зжимать в цанге; 2) часть хвостовика, примыкающую к рабочей части, базируют в направляющей втулке; 3) рабочую часть устанавливают на люнете. Особенно важно обеспечить соосность люнета и направляющей втулки.

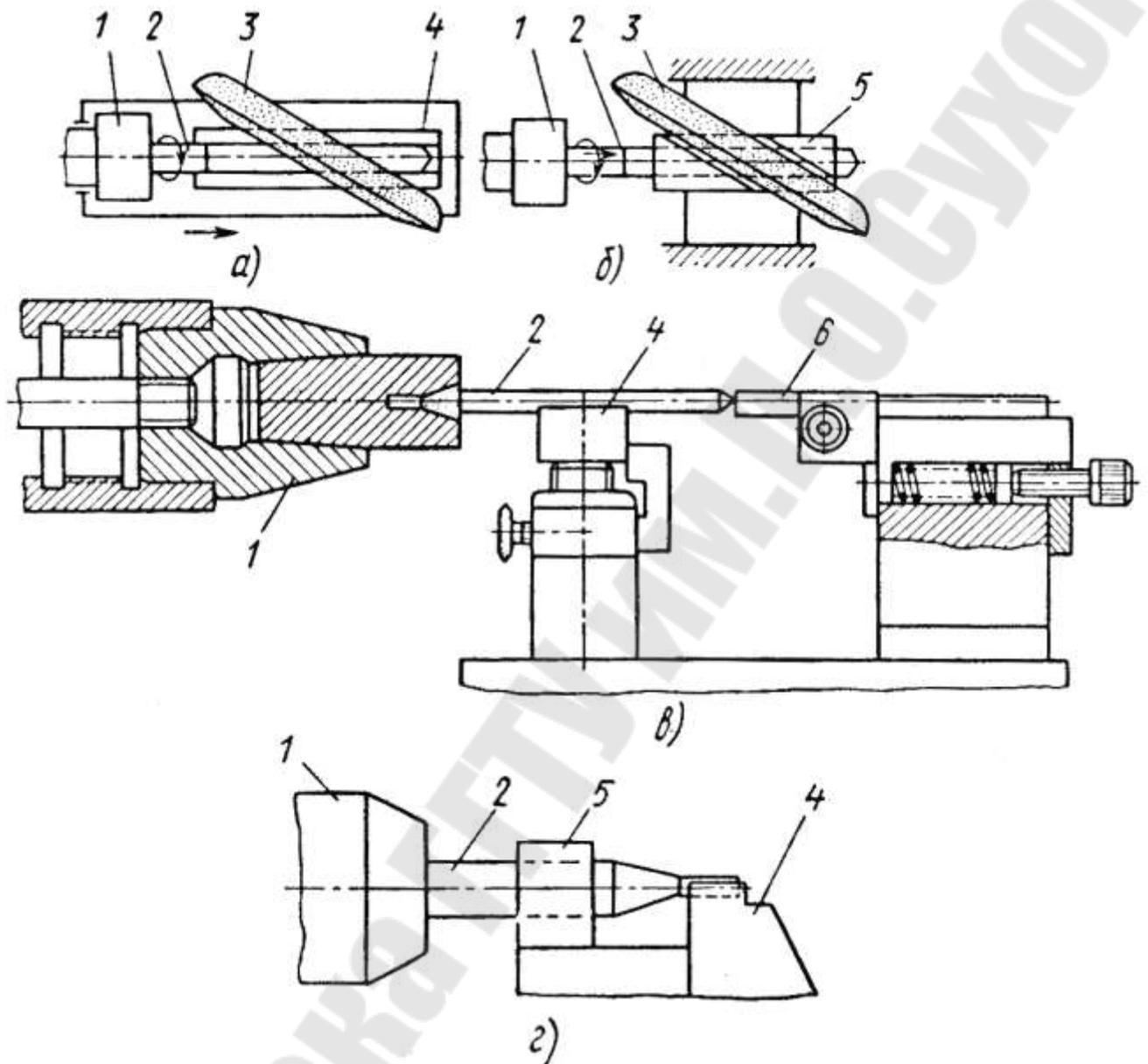


Рисунок 112 – Базирование рабочей части инструмента:

*а* – на люнете; *б* – в направляющей втулке; *в* – в центре с поддержкой в люнете; *г* – на люнете с базированием хвостовика в направляющей втулке:

*1* – патроны; *2* – инструмент; *3* – абразивный инструмент; *4* – люнет; *5* – направляющие втулки; *6* – задний центр

Профиль абразивного инструмента при вышлифовке канавок обрабатываемого инструмента образуется в основном дугами окружности и прямыми. Для правки абразивного инструмента на керамической или бакелитовой связке применяют алмазный карандаш (рис. 113, *а*, *б*) или алмазный ролик (рис. 113, *в*, *г*). Алмазные и эльборовые инструменты на металлической связке правят шлифованием инструментами из карбида кремния (63С 25–40, СМ1–М3, К) либо электроэрозионным способом. Правка ведется с воспроизведением

профиля по элементам (рис. 114, *a-z*) или полностью с помощью копира.

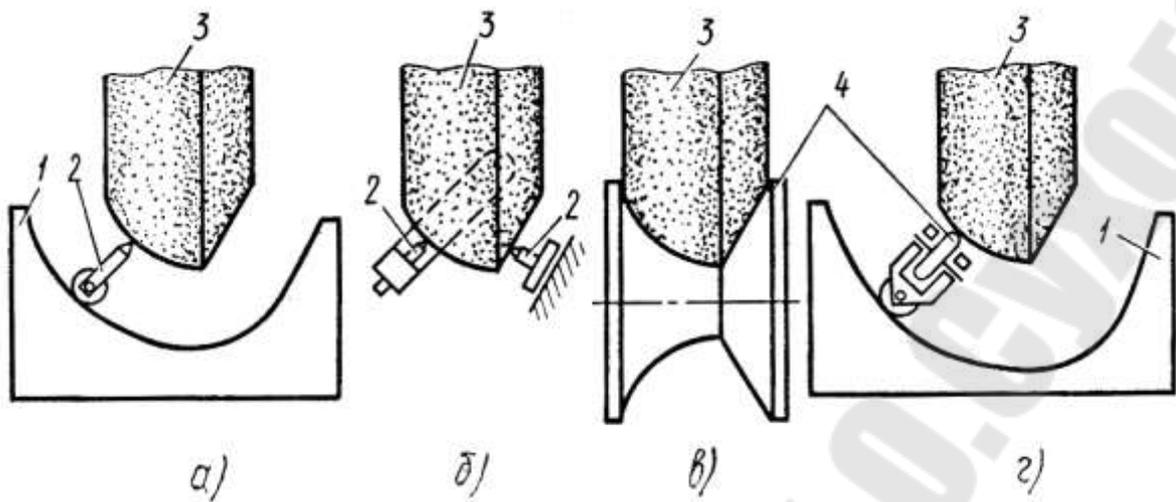


Рисунок 113 – Схемы правки абразивного инструмента:

*a* – одним алмазным карандашом по копиру; *б* – двумя алмазными карандашами; *в* – фасонным алмазным роликом методом врезания; *г* – алмазным роликом по копиру: 1 – копиры; 2 – алмазные карандаши; 3 – абразивные инструменты; 4 – алмазные ролики

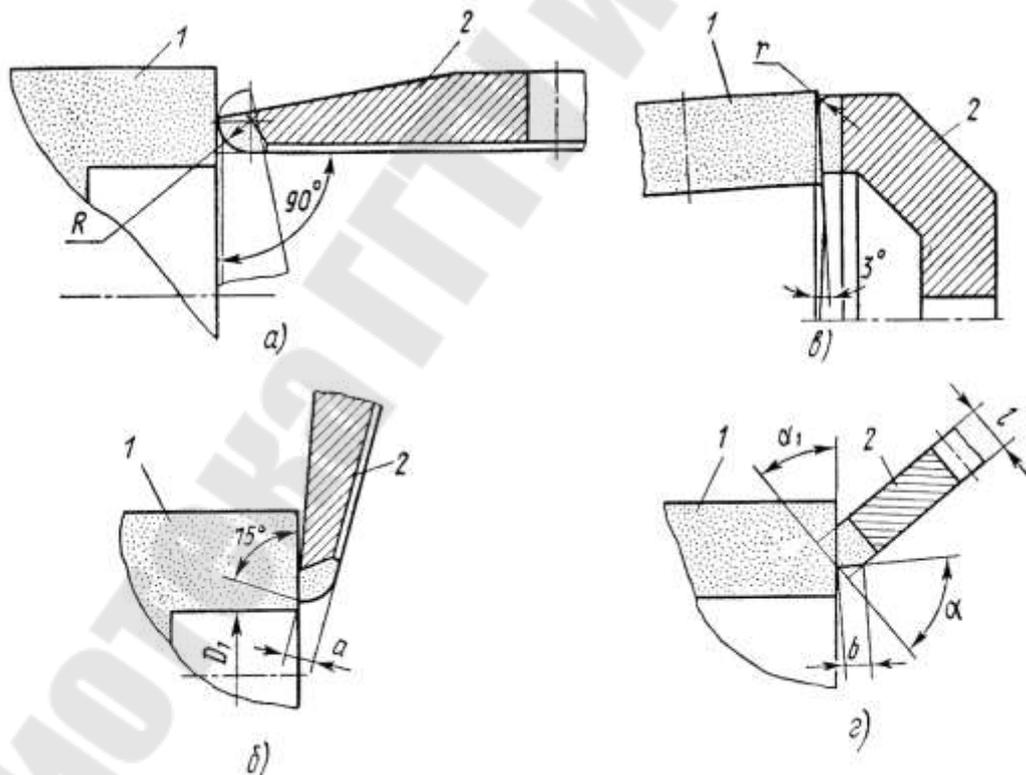


Рисунок 114 – Схемы правки методом шлифования алмазных и эльборовых инструментов при вышлифовке канавок сверл (*a, б*); метчиков и разверток с прямыми зубьями (*в*); фрез и разверток с винтовыми зубьями (*г*): 1 – правящие абразивные инструменты; 2 – алмазные инструменты

Вышлифовку стружечных канавок твердосплавного инструмента рекомендуется выполнять алмазными инструментами на металлической связке

глубинным способом. При использовании алмазных инструментов на органической связке чаще применяют многопроходное шлифование.

В крупносерийном производстве канавки вышлифовывают на специализированных станках: электрокорундовыми инструментами – при обработке быстрорежущего инструмента, алмазными инструментами – при обработке твердосплавного инструмента. СОЖ подается в зону обработки под давлением 0,8–2 МПа. В мелкосерийном производстве канавки режущего инструмента вышлифовывают на универсально-заточных станках с использованием специальных приспособлений, а также на заточных станках с ЧПУ. При этом используются алмазные (для твердосплавного инструмента) и эльборовые (для быстрорежущего инструмента) инструменты на металлической, металлоорганической или органической связке.

#### **14.9. Специализированные станки для вышлифовки стружечных канавок**

На *многооперационных однопозиционных станках* операции (обычно две) можно выполнять последовательно (рис. 115, *а, б*) или параллельно (рис. 115, *в, г*). В первом случае канавочный и спиночный абразивные инструменты чаще располагаются на одном или двух шпинделях и вступают в работу поочередно, во втором случае они располагаются на разных шпинделях. Производительность параллельной вышлифовки в 1,5 ÷ 1,8 раза превышает производительность последовательной, однако значительное увеличение тепловыделения в зоне обработки требует более интенсивной подачи СОЖ. Кроме того, уменьшаются опорные базы поддерживающей втулки.

*Станки с кинематическим делением* (рис. 116) широко применяют при вышлифовке канавок благодаря простоте конструктивных решений, отсутствию реверсирования шпинделя изделия и прерывания кинематических цепей во время деления. С помощью гитары сменных колес передаточное отношение между кулачком и шпинделем изделия выбирают таким, чтобы на каждый оборот кулачка приходилось  $K/z_{ин}$  оборота изделия, где  $K$  – любое целое число, не имеющее общих множителей с числом зубьев инструмента. Угол наклона винтовых канавок инструмента определяют, используя формулу  $\text{tg } \omega = (\pi D i q) / L$ , где  $D$  – диаметр инструмента, мм;  $i = K/z_{ин}$  – передаточное отношение между кулачком продольного хода и изделием;  $q = \Theta_{п} / 360$  – коэффициент, характеризующий конструкцию кулачка ( $\Theta_{п}$  – центральный угол кулачка, занятый участком прямого хода, град);  $L$  – длина продольного хода, мм ( $L \geq l_0 + \Delta$ ), где  $l_0$  – длина стружечных канавок инструмента, мм;  $\Delta \approx 0,2l_0$  – перебега, необходимый для отвода и подвода абразивного инструмента, мм).

Расположение заготовки и абразивного инструмента при вышлифовке канавок сверла на станке с кинематическим делением показано на рис. 117.

Очень перспективным для вышлифовки стружечных канавок и заточки инструмента является использование заточных станков с ЧПУ, позволяющее в условиях мелкосерийного производства освоить выпуск прецизионного инструмента с высокой концентрацией операций.

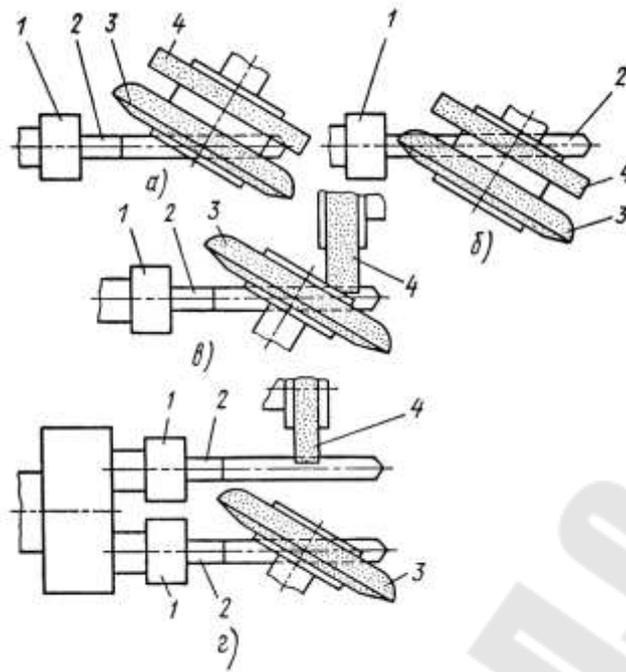


Рисунок 115 – Схемы вышлифовки канавок и спинок сверла на многооперационном станке: *а, б* – однопозиционном с последовательным проведением операций на канавке и спинке; *в* – однопозиционном с параллельным проведением операций; *г* – многопозиционном с параллельным проведением операций:  
*1* – патроны; *2* – сверла; *3* – канавочные абразивные инструменты;  
*4* – спиночные абразивные инструменты

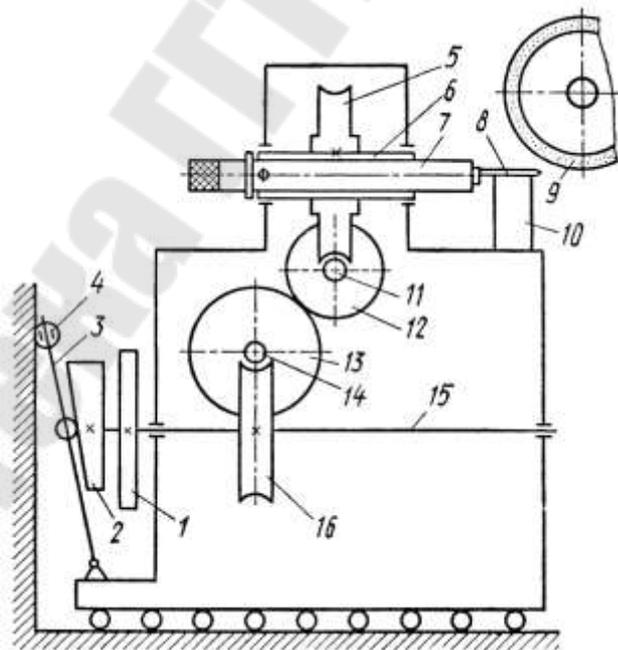


Рисунок 116 – Схема станка с кинематическим делением: *1* – кулачок отвода-подвода изделия; *2* – кулачок продольной подачи; *3* – рычаг с переменным плечом; *4* – опорный подвижный ролик; *5, 11 и 14, 16* – червячные пары; *6* – шпиндель изделия; *7* – цанговая оправка-спутник; *8* – изделие; *9* – абразивный инструмент; *10* – люнет; *12, 13* – гитара сменных зубчатых колес; *15* – распределительный вал

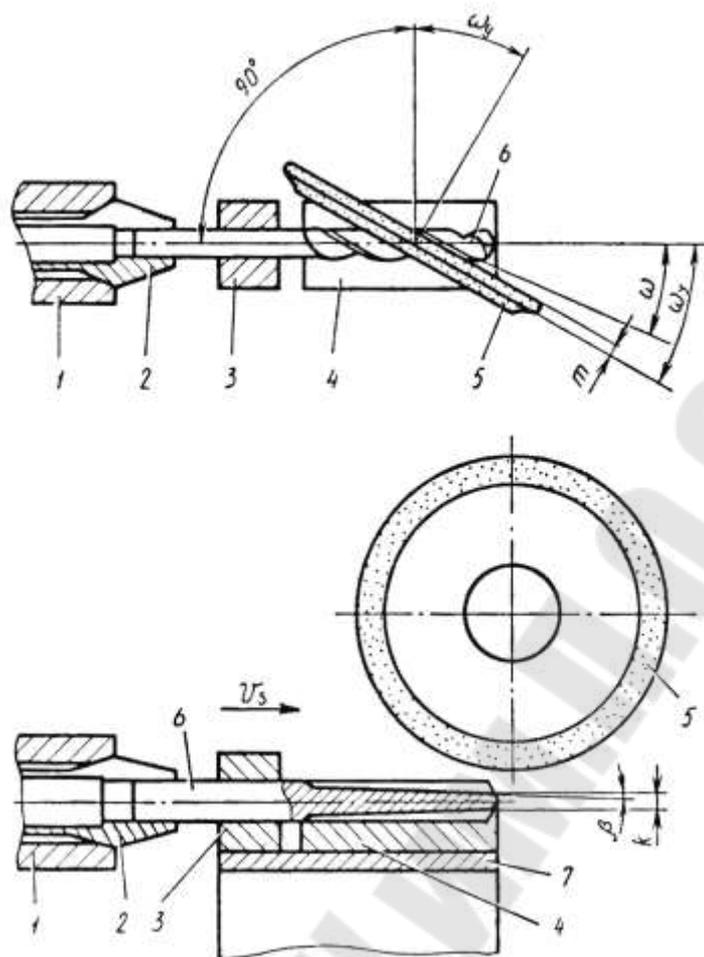


Рисунок 117 – Расположение заготовки и абразивного инструмента при вышлифовке канавок инструмента: 1 – цанговая оправка; 2 – цанга; 3 – очко; 4 – люнет; 5 – абразивный инструмент; 6 – обрабатываемый инструмент; 7 – регулировочная прокладка;  $\omega$  – угол наклона канавок;  $\omega_y$  – угол установки абразивного инструмента;  $k$ ,  $\beta$  – диаметр и угол подъема сердцевины

#### 14.10. Копировальный станок для профильной заточки фасонных фрез

В инструментальном производстве для фрезерования канавок сверл, метчиков и другого режущего инструмента применяются профильные дисковые фрезы.

В случае применения острозаточенных фрез, которые дают лучшую шероховатость поверхности и обладают большей стойкостью по сравнению с затылованными, заточку их производят на специальных станках по копиру с масштабом 1 : 1.

При заточке фрез малых размеров этот способ не обеспечивает требуемой точности. Ошибки в установке копира и его быстрый износ также отражаются на точности заточки.

Необходимое перемещение фрезы относительно абразивного инструмента осуществляется сложением двух вращательных движений: одного – независимого от привода, и второго – зависящего от копира, связанного с фрезой.



$$i = \frac{a c}{b d} = \frac{y + \delta y}{\delta y} = k + 1.$$

В рассматриваемом станке  $k = 20$ , поэтому соотношение плеч рычажной системы должно удовлетворять условию:

$$\frac{a c}{b d} = 1$$

Погрешность, которая обусловлена дополнительным перемещением, вследствие неравенства отрезков  $m$  и  $n$  при повороте рычага 9, очень мала, и ею пренебрегают.

Профиль копира строится таким же способом, как профиль кулачка для кулачкового механизма с рычажным толкателем.

Абразивный инструмент приводится во вращение от электродвигателя  $N = 0,35$  кВт,  $n = 3000$  об./мин через ременную передачу.

На станке имеется приспособление для алмазной правки абразивного инструмента.

Подача всего копирующего механизма на глубину шлифования производится перемещением стола с помощью маховичка 11.

#### 14.11. Профилешлифовальные станки

В инструментальном производстве значительное место занимает изготовление профильного инструмента – штампов, профильных резцов, шаблонов и лекал, профильных деталей мерительного инструмента и др. При производстве таких изделий широко применялись малопроизводительные ручные процессы, что не давало возможности удовлетворить всевозрастающие потребности промышленности. Обработка сложных профилей инструмента на координатно-расточных и на плоскошлифовальных станках получила широкое распространение.

Для механизации в инструментальном производстве различных лекальных работ были созданы профилешлифовальные станки. К числу станков этого типа относятся описанные ниже оптический профилешлифовальный станок и профилешлифовальный станок с двумя пантографами.

**Оптический профилешлифовальный станок модели 395** (рис. 119) имеет следующие основные узлы: координатный столик, шлифовальную головку и оптическую систему.

Координатный столик  $A$  служит для закрепления на нем обрабатываемой детали. Он имеет вертикальное и два взаимно перпендикулярных перемещения в горизонтальной плоскости, которые могут сообщаться соответствующим салазкам с помощью точных ходовых винтов. Для перемещения продольных салазок 18 служит рукоятка 19, для перемещения нижних поперечных салазок 20 – рукоятка 21. После установки в требуемых положениях верхние и нижние салазки закрепляются поворотом рукояток, находящихся на их боковой стороне.

Обрабатываемая деталь устанавливается на рабочем столе 17, который смонтирован на верхних продольных салазках.

Координатный столик расположен под объективом 13 оптического устройства, представляющего собой проектор (типа ИЗП-25). Оптическая система служит для проектирования увеличенного изображения профиля обрабатываемой детали на экран 14. Эталон-копиром является увеличенный чертеж профиля шлифуемой детали, выполненный в масштабе 50 : 1, который закрепляется между двумя экранными стеклами. Около объектива имеются верхние осветители 15 и 16, которые позволяют получать четкое увеличенное изображение обрабатываемой детали на экране.

Для точного перемещения обрабатываемой детали относительно объектива оптической системы применяются наборы мерных плиток и индикаторы.

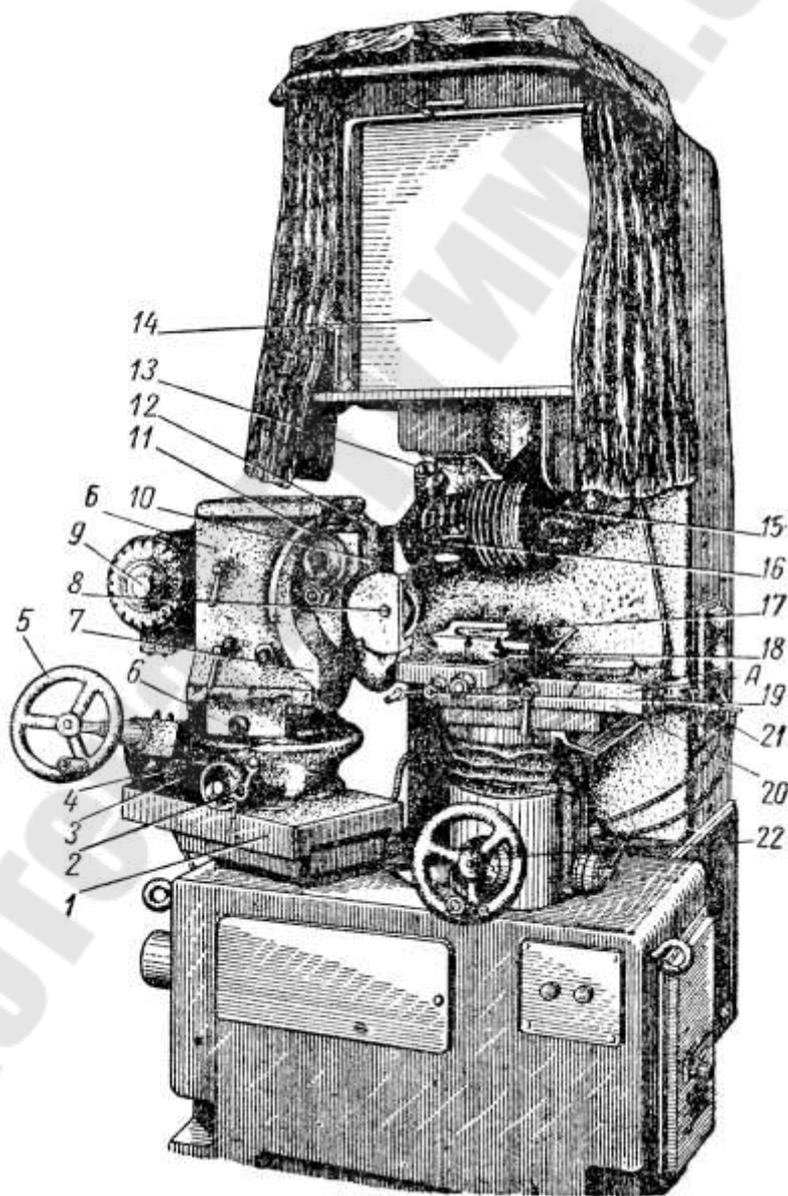


Рисунок 119 – Общий вид профишлифовального станка модели 395

Вертикальное перемещение узла координатного столика производится по круглой направляющей от маховичка 22 через пару конических колес, гай-

ку и вертикальный винт.

Шлифовальная головка *Б*, несущая шпиндель 8 абразивного инструмента, позволяет производить все установочные и рабочие перемещения. Шпиндель 8 смонтирован в вертикальных салазках 10 и совершает возвратно-поступательные движения с числом двойных ходов 46 или 86 в минуту. Длина хода салазок – от 0 до 50 мм. Пусковой рычаг 11 служит для включения этих движений, а также для переключения частоты двойных ходов. Установка абразивного инструмента по высоте относительно профиля обрабатываемой детали производится перемещением салазок с помощью винта 12.

Абразивный инструмент может устанавливаться под углом как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях, для этого служат круговые салазки 6 и 7 со шкалами и нониусами. Угловые перемещения абразивного инструмента необходимы для получения задних углов резцов и других изделий, шлифуемых на описываемом станке. Горизонтальный поворотный диск 4 шлифовальной головки имеет дуговую шкалу, позволяющую устанавливать в необходимом положении абразивный инструмент. Возможность перемещений шлифовальной головки в горизонтальной плоскости обеспечена тем, что головка смонтирована на верхних продольных салазках 3, которые перемещаются по нижним поперечным салазкам 1. Перемещения осуществляются при помощи рукояток 2 и 5. В установленных положениях салазки закрепляются посредством рукояток стопорными механизмами.

Принципиальная схема станка представлена на рисунке 120.

Используя имеющиеся перемещения шлифовальной головки, можно обрабатывать фасонные профили деталей.

На боковой стенке круговых салазок 10 (рис.119) устанавливается приспособление для правки абразивного инструмента. Шпиндель шлифовальной головки получает вращение от электродвигателя 9, установленного на задней стенке станины. Число оборотов шпинделя – 3500 в минуту.

Станок модели 395 позволяет шлифовать различные профили у сырых и закаленных деталей плоской и круглой формы с точностью  $0,01 \div 0,02$  мм.

Обрабатываемая площадь детали ограничивается полем зрения объектива и равна  $10 \times 10$  мм; это соответствует площади экрана  $500 \times 500$  мм.

Если требуется производить обработку деталей с большей площадью, то она производится с перестановками детали относительно неподвижного объектива проектора. Перемещение детали в этом случае осуществляется салазками координатного столика. Наибольшие перемещения стола: продольное – 60 мм, поперечное – 150 мм, вертикальное – 100 мм. При обработке деталей с большими габаритами требуется дополнительное перемещение детали относительно стола.

**Профилешлифовальный станок модели Ш-228** служит для обработки профилей калибров, шаблонов, призматических и дисковых резцов, а также составных матриц штампов.

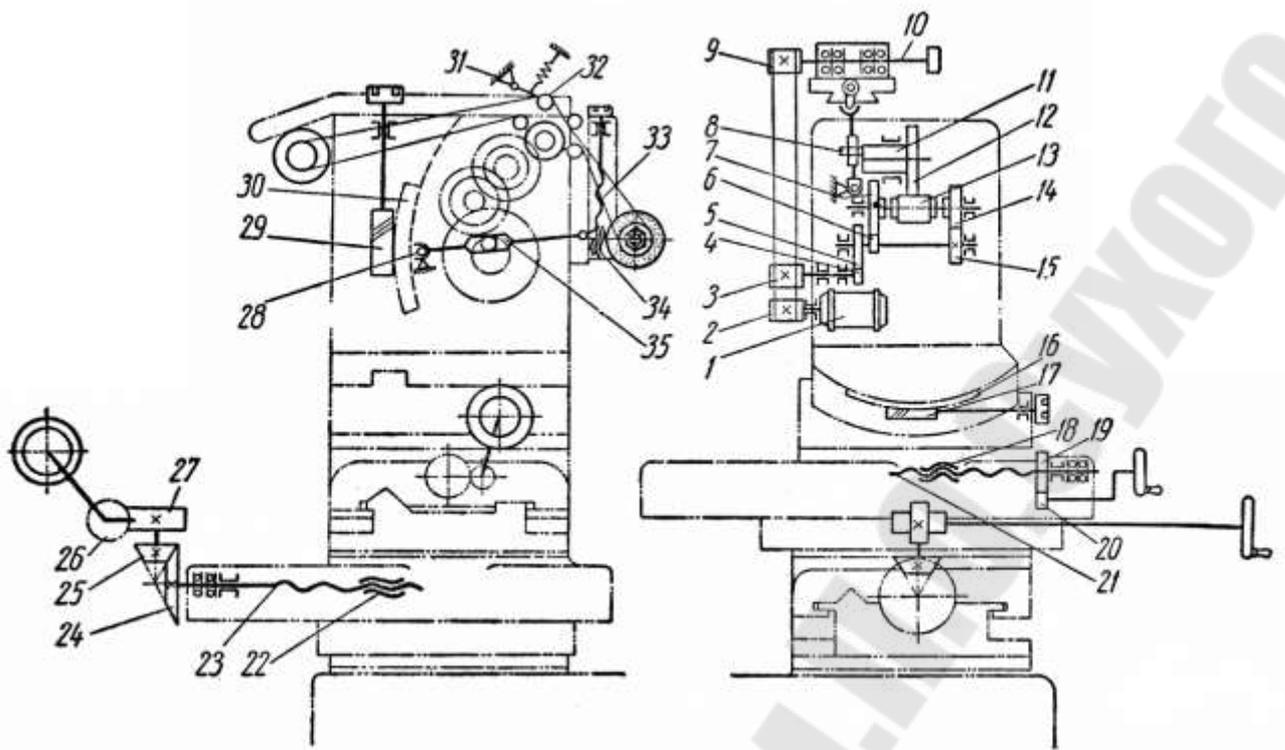


Рисунок 120 – Принципиальная схема станка модели 395:

1 – электродвигатель; 2, 3, 9 – шкивы; 4, 5, 6, 7, 12, 13 – зубчатые колеса передачи медленного возвратно-поступательного движения вертикальных салазок (46 дв. ход./мин); 4, 5, 12, 13, 14, 15 – зубчатые колеса быстрого возвратно-поступательного движения вертикальных салазок (86 дв. ход./мин); 10 – шпиндель шлифовальной головки; 11 – втулка зубчатого колеса 12, внутри которой эксцентрично расположен кривошипный палец 8; 13 – зубчатое колесо со сцепной муфтой; 16, 17 – зубчатый сектор и червяк поворота шлифовальной головки для получения боковых углов; 18, 19, 20, 21 – гайка, зубчатые колеса и винт ручного перемещения верхних поворотных салазок; 22, 23, 24, 25, 26, 27 – зубчатые колеса, винт и гайка ручного перемещения нижних салазок; 29, 30 – червяк и сектор поворота шлифовальной головки для получения заднего угла; 31 – шарнирная опора натяжного ролика 32; 35 – качающаяся кулиса с неподвижной опорой 28 и опорой 34, связанной с гайкой вертикального винта 33 салазок абразивного инструмента

Конструкция профилешлифовального станка модели Ш-228 (рис. 121) основана на применении пантографов (рис. 124).

Координация положения инструмента и копировального пальца в копирующе-фрезерных станках осуществляется одним пантографом. В профилешлифовальном станке, в связи с применением в качестве инструмента дискового абразивного инструмента, применяются два пантографа – основной *A* и вспомогательный *B* (рис. 121 и 122, *a*).

Основной пантограф обеспечивает точную координацию положений режущей точки абразивного инструмента и рабочей точки копировального пальца. Он имеет вертикальную ось поворота *VII*, кото

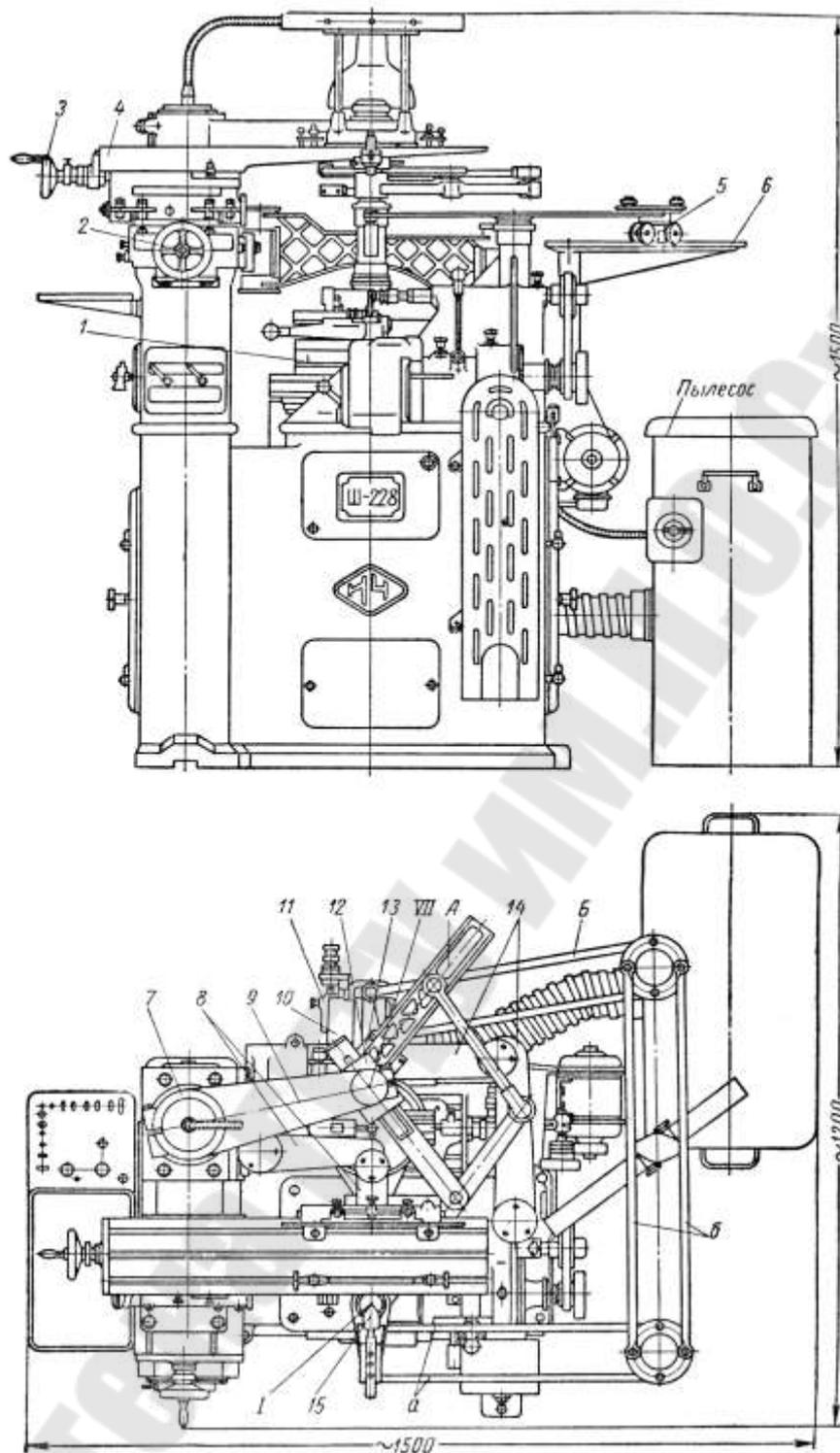


Рисунок 121 – Общий вид профилешлифовального станка модели Ш-228

рая смонтирована в кронштейне 9; кронштейн закрепляется на стойке 7. Копировальный палец 15 закреплен на длинном плече основного пантографа *A* и поддерживается хоботом 8. Копировальный палец поворачивается вокруг оси *I* которая проходит через его вершину. Для точной координации положения рабочей точки копировального пальца с режущей точкой абразивного инструмента последняя должна находиться на оси *V* (рис. 122, *a*), расположенной на коротком плече основного пантографа. С целью создания жесткой системы корпус шлифовальной головки 11 монтируется на шарикоподшипниках в хоботе 14. Ось поворота *V* всегда должна проходить через вершину профиля

абразивного инструмента.

В конструкции станка предусмотрена возможность совмещения вершины абразивного инструмента с осью  $V$  при всех изменениях его диаметра, для чего шпиндель вместе с ползушкой  $10$  может перемещаться. Наибольшее перемещение – 40 мм; точность перемещения по лимбу – 0,01 мм. Наибольший угол поворота шлифовальной головки в горизонтальной плоскости  $\pm 90^\circ$ . Масштаб копирования регулируется в пределах от 1 : 1 до 1 : 20 путем перемещения ползушек  $12$  и  $13$ , для чего на линейках пантографа имеются соответствующие деления.

Вспомогательный пантограф  $B$  обеспечивает точную угловую координацию копира и абразивного инструмента, чем достигается правильное относительное расположение их осей симметрии. Для этого вспомогательный пантограф плечом  $a$  соединен с осью  $I$  кронштейна  $8$ , на котором закреплен копирующий палец  $15$ , а другим плечом – с осью вращения  $V$  шлифовальной головки. Для предохранения от провисания вспомогательный пантограф имеет подвижную каретку  $5$  с роликами, которая поддерживает плечо  $b$  пантографа и опирается на специальный кронштейн  $6$ .

Шпиндель абразивного инструмента приводится от электродвигателя мощностью  $N = 0,6$  кВт при  $n = 2800$  об./мин через ременную передачу со сменным шкивом на валу электродвигателя; это позволяет иметь 3560 и 2950 об./мин шпинделя.

Конструкция шлифовального шпинделя показана на рис. 123. В ползушке  $5$  корпуса шлифовальной головки закрепляется ось  $I$ , на которой посажена бронзовая втулка  $2$ . На втулке монтируется шкив  $3$  с абразивным инструментом. Конструкция подшипника шпинделя предусматривает возможность выбора зазоров в осевом и радиальном направлениях.

Для точного копирования профиля шаблона необходимо, чтобы: 1) профиль абразивного инструмента соответствовал профилю копирующего пальца; 2) вершина режущей кромки абразивного инструмента совпадала с осью поворота  $V$  корпуса головки (рис. 122,  $a$ ).

Смещение абразивного инструмента по оси производится подбором соответствующей толщины шайб  $4$  (рис. 123). В процессе работы абразивный инструмент изнашивается, что ведет к искажению профиля обрабатываемой детали.

Поэтому предусмотрено приспособление для правки инструмента, которое закрепляется на поворотном столе  $1$  изделия (рис. 121) и при необходимости подводится к абразивному инструменту для его правки с помощью копира, установленного на столе  $4$ . Правка абразивного инструмента производится: 1) при установке нового круга; 2) при изменении масштаба копирования; 3) периодически при обработке детали и особенно при окончательном шлифовании.

Копиры могут быть изготовлены из листовой стали толщиной  $1 \div 2$  мм, а при небольших партиях деталей – из целлулоида.

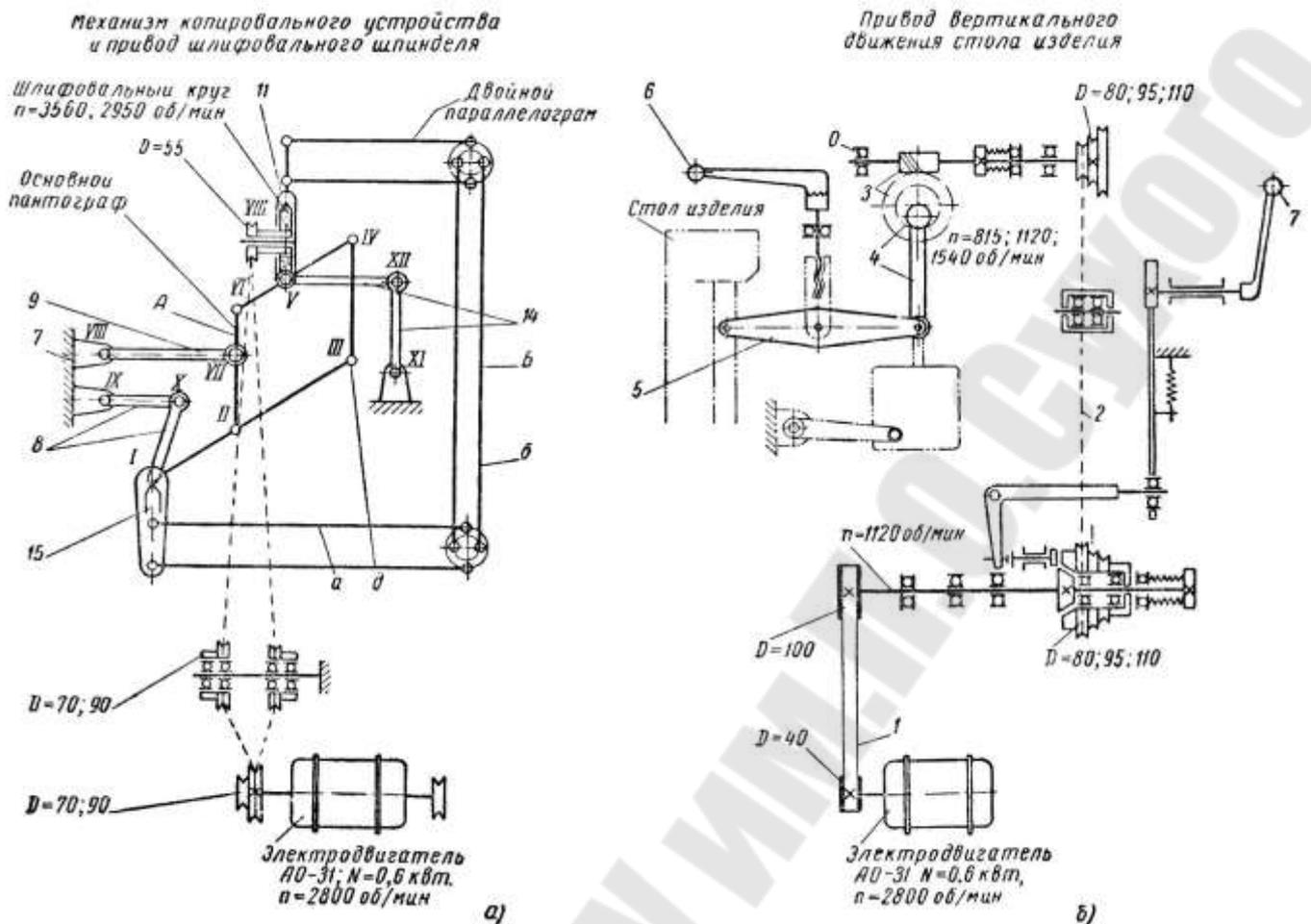


Рисунок 122 – Принципиальная схема профилешлифовального станка модели Ш-228

Стол 4 с копиром может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях, а также поворачиваться вокруг горизонтальной оси.

Перемещения стола производятся от маховичков 2, 3 (рис. 121) и отсчитываются по шкалам с нониусом с точностью 0,01 мм. Наибольший угол поворота стола 35°. Обрабатываемые детали закрепляются на столе 1 с помощью приспособлений, например, поворотного стола, приспособления для обработки изделия по замкнутому контуру, универсального столика для обработки плоских фасонных резцов и др.

Точность продольных перемещений стола 0,01 мм. При шлифовании стол изделия совершает вертикальное возвратно-поступательное движение с частотой 47,5; 56 или 77 дв. ход./мин и может обеспечивать обработку поверхностей шириной до 52 мм. Возвратно-поступательное перемещение осуществляется от электродвигателя мощностью  $N = 0,6$  кВт при  $n = 2800$  об./мин через две ременные передачи 1 и 2 (рис. 122, б), червячную пару 3, кривошипно-шатунный механизм 4 и коромысло 5. Рукоятка 6 служит для ручного подъема стола. С помощью рукоятки 7 производится включение возвратно-поступательного движения стола изделия.

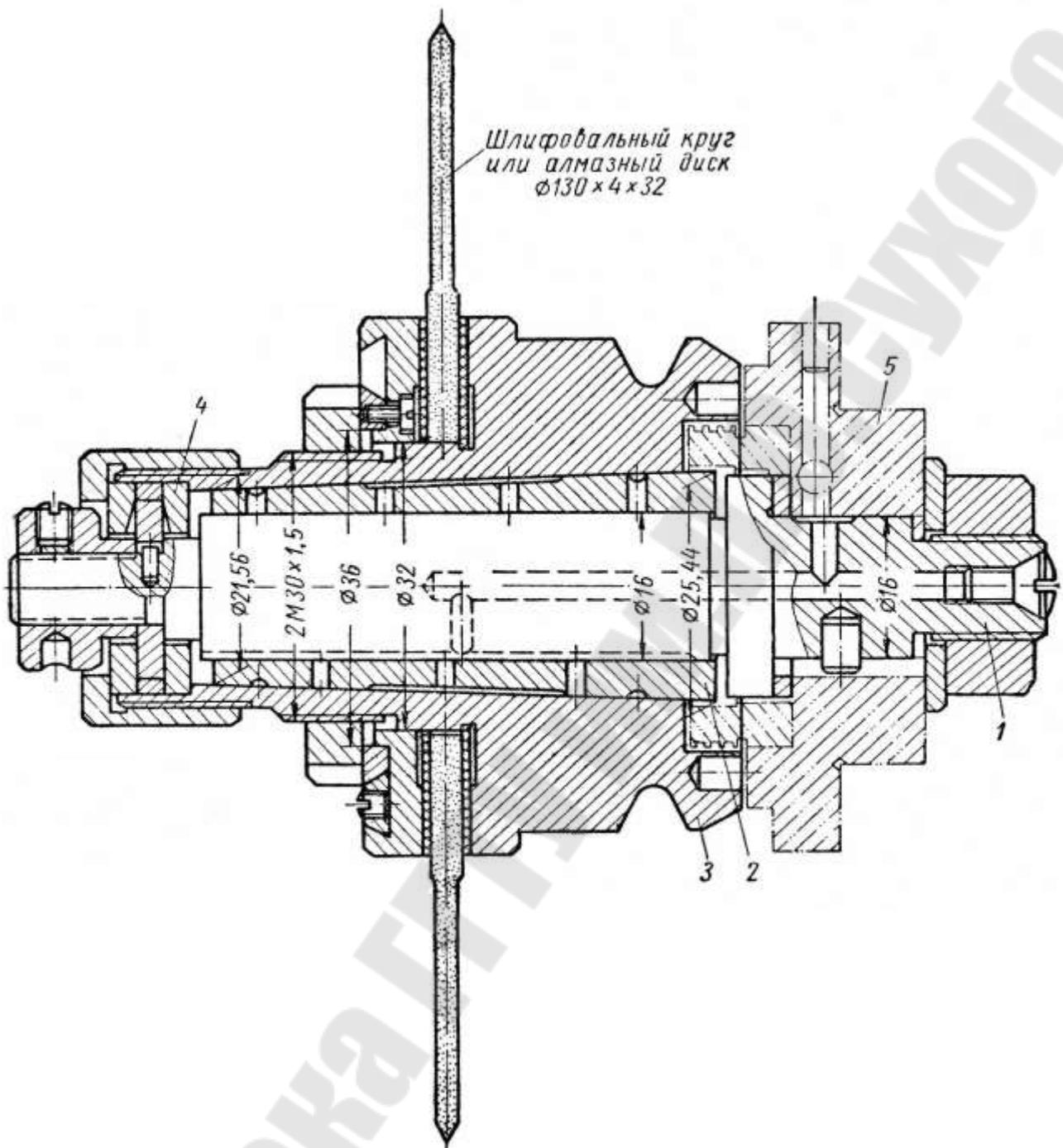


Рисунок 123 – Эскиз шлифовального шпинделя станка модели Ш-228

## 15 КОПИРОВАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫЕ И ГРАВИРОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Для фрезерования профилей шаблонов и лекал, а также гравирования надписей и цифр на поверхности инструмента в инструментальном производстве наряду с другим оборудованием применяют копировально-фрезерные станки, работа которых основана на передаче изображения от копира изделию с помощью пантографа. Эти станки отличаются простотой конструкции, имеют ручное управление и в инструментальном производстве используются особенно часто для легких фрезерных работ.

Наиболее часто применяемые пантографы показаны на рис. 124.

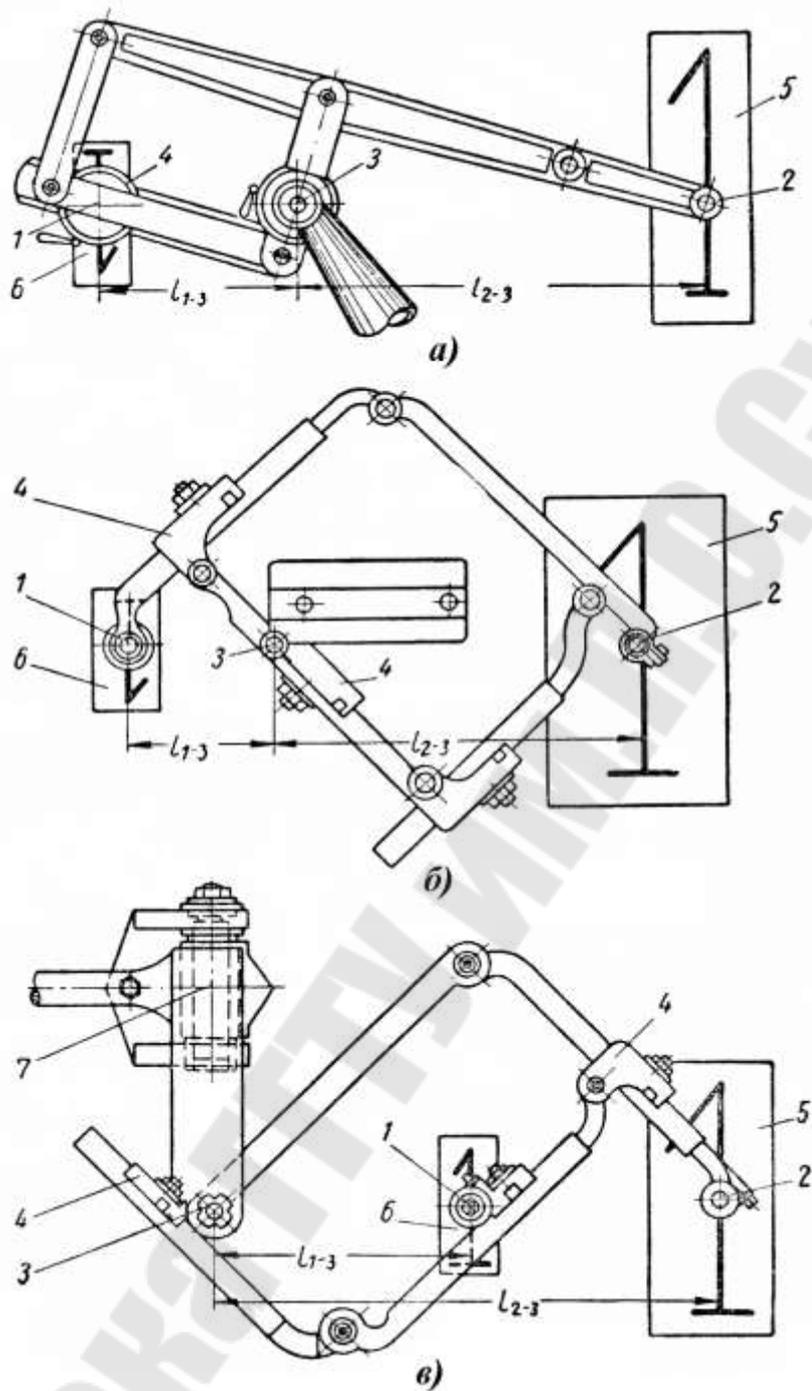


Рисунок 124 – Эскизы пантографов

Пантограф представляет собой шарнирный плоский параллелограмм. Он имеет направляющий палец, расположенный по оси 2 и скользящий по шаблону, шпиндель 1 и ось вращения 3.

При перемещении пальца 2 по шаблону 5 шпиндель описывает геометрически подобную фигуру на изделии 6. Масштаб копирования  $K$  зависит от соотношения плеч пантографа:

$$K = \frac{l_{1-3}}{l_{2-3}},$$

где  $l_{1-3}$  – расстояние между осью режущего инструмента и осью вращения

пантографа;  $i_{2-3}$  – расстояние между осью копирующего пальца и осью вращения пантографа.

Изменение масштаба копирования достигается перемещением ползушек 4 по плечам пантографа. Для установки наиболее распространенных масштабов на линейке имеются соответствующие отметки. При установке других масштабов величины перемещения ползушек определяются с помощью таблиц и устанавливаются по точным линейкам.

Для правильной работы пантографа необходимо, чтобы его ось вращения, ось пальца и ось инструмента лежали в одной плоскости.

Наиболее простая конструкция пантографа изображена на рис. 124, а. Этот пантограф дает изображения, повернутые на  $180^\circ$ ; его ось вращения 3 может быть совмещена с осью режущего инструмента 1, что позволяет получать масштабы копирования от 1 : 1 до 1 :  $\infty$ . На практике применяемые масштабы ограничиваются пределами от 1 : 1 до 1 : 50.

В пантографе, изображенном на рис. 124, б, оси 1 и 3 не могут быть совмещены; вследствие этого масштабы копирования ограничены пределами от 1 : 1 до 1 : 10. Изображения на изделии получаются также повернутыми относительно копира на  $180^\circ$ .

В пантографе по схеме рис. 124, в, в отличие от предыдущих, ось режущего инструмента расположена между осью вращения пантографа и осью копирующего пальца. Это дает возможность получать прямые изображения на изделии в масштабе приблизительно от 1 : 1,5 до 1 : 10.

Конструкция этого пантографа позволяет производить также объемное копирование, для чего параллелограмм может поворачиваться вокруг оси 7 (рис. 124, в).

#### ***Копировально-фрезерном станке с пантографом модели 6461***

на (рис. 125) можно производить разнообразные копируемые работы по плоским копирам, в том числе и гравирование, а также обрабатывать

штампы, матрицы, прессформы и различные рельефные детали путем объемного копирования. Станок может быть использован так же, как простой фрезерный без пантографа.

На станине 1 крепится стойка б, которая несет ось поворота 7 пантографа. Явление подрезания при объемном копировании в этом станке устраняется тем, что отсутствует горизонтальная ось поворота. Взамен этого предусмотрен рычаг 11, который связывает вертикальные перемещения фрезерного и копирующего шпинделей. Шпиндель 5 фрезерной головки и шпиндель 15 копирующего пальца (щупа) свободно посажены в расточках пантографа 8. Рычаг 11 направляется тремя радиальными подшипниками качения в стойке б станка, что дает возможность этому рычагу свободно покачиваться вокруг вертикальной и горизонтальной осей и вместе с тем перемещаться в продольном направлении. Такая конструкция позволяет постоянно сохранять перпендикулярное к столам положение шпинделей при объемном копировании.

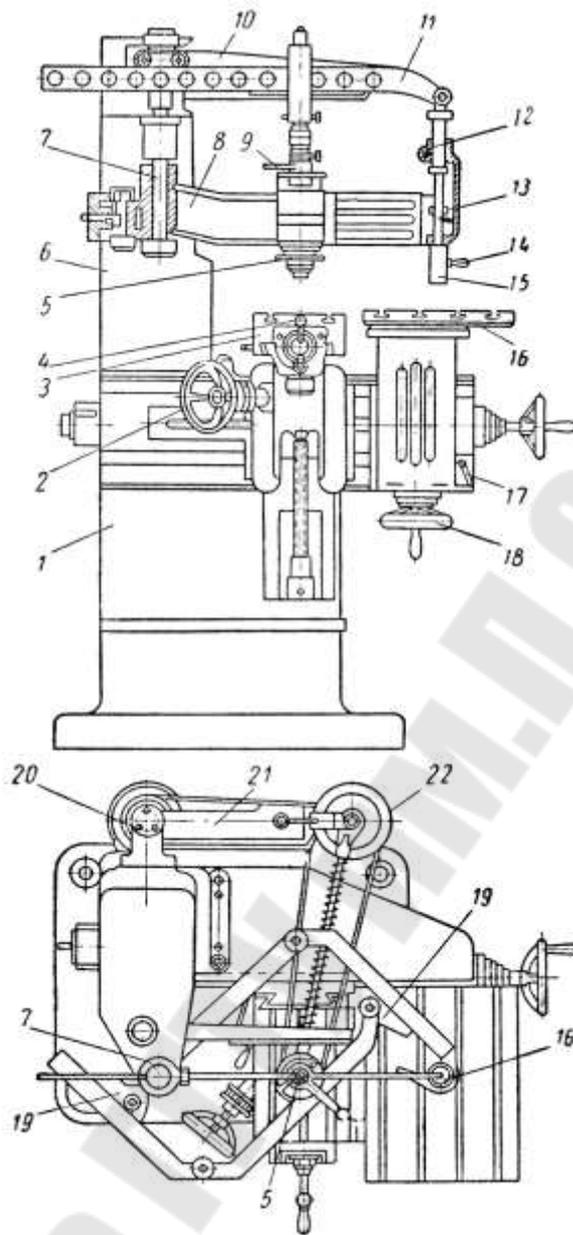


Рисунок 125 – Общий вид копировально-фрезерного станка модели 6461:  
 1 – станина; 2 – маховичок вертикального перемещения стола изделия 3; 3 – стол изделия (рабочий стол); 4 – маховичок продольного перемещения стола изделия 3; 5 – фрезерный шпиндель; 6 – стойка; 7 – ось поворота пантографа; 8 – пантограф; 9 – рукоятка быстрого подъема шпинделя; 10 – рычаг плоского копирования (применяется при обработке профиля на сложной поверхности но плоскому шаблону; при этом снимается верхний рычаг 11 и устройство, соединяющее его со шпинделем); 11 – рычаг, используемый при объемном копировании; 12 – клемма для зажима втулки щупа при плоском копировании; 13 – кольцо-ограничитель вертикального перемещения копировального пальца; 14 – ручка для обвода копировального пальца по контуру копира; 15 – шпиндель копировального пальца; 16 – стол копира; 17 – рукоятка для закрепления стола копира; 18 – маховичок вертикального перемещения стола копира; 19 – передвигаемые кронштейны для установки масштаба копирования; 20 – трехступенчатый шкив приводного электродвигателя; 21 – качающийся рычаг промежуточного шкива; 22 – промежуточный шкив

При контурной обработке копировальный шпиндель 15 закрепляется в пантографе клеммой 12; при этом рычаг 11 вместе с устройством, соединяющим его со шпинделем, снимается.

На рычаге 10 устанавливается колодка, по которой скользит шип фрезерного шпинделя 5.

Шпиндель приводится от электродвигателя мощностью  $N = 0,4$  кВт с  $n = 1480$  об/мин, на валу которого закреплен трехступенчатый шкив 20.

Со шкива вращение передается пятиступенчатому промежуточному шкиву 22, ось которого закреплена в качающемся рычаге 21, и далее – на двухступенчатый шкив фрезерного шпинделя 5. Такое устройство позволяет иметь шесть различных частот вращения шпинделя в пределах  $1750 \div 9600$  об/мин. Максимальные частоты позволяют работать на станке модели 6461 абразивным инструментом.

**Полуавтомат модели 9В-3 для клеймения плашек** предназначен для клеймения круглых плашек с наружным диаметром от 16 до 65 мм и толщиной от 5 до 25 мм.

Продольный разрез станка приведен на рис. 126. В нижней части станины на качающейся плите установлен электродвигатель мощностью  $N = 22$  кВт с  $n = 1440$  об/мин. Со шкива двигателя клиновые ремни передают вращение на червячный вал редуктора.

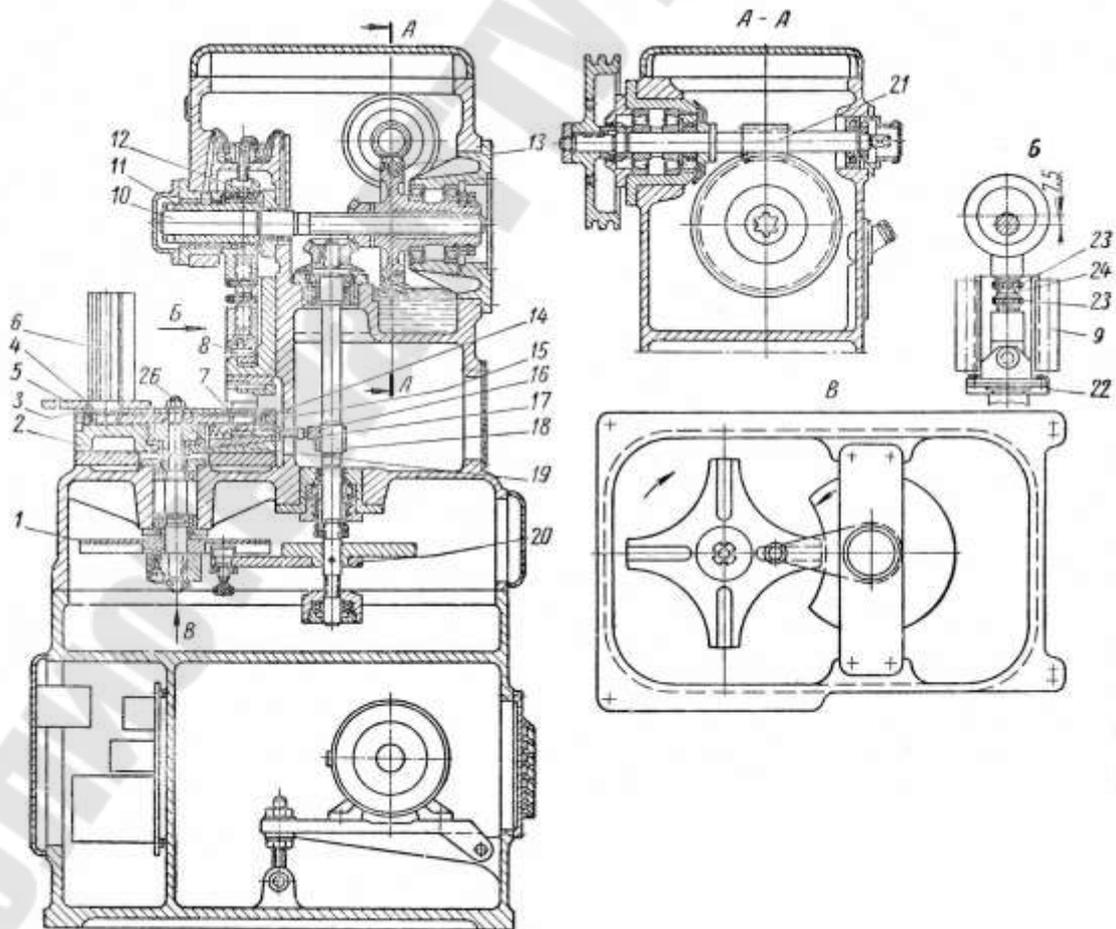


Рисунок 126 – Эскиз полуавтомата модели 9В-3 для клеймения плашек

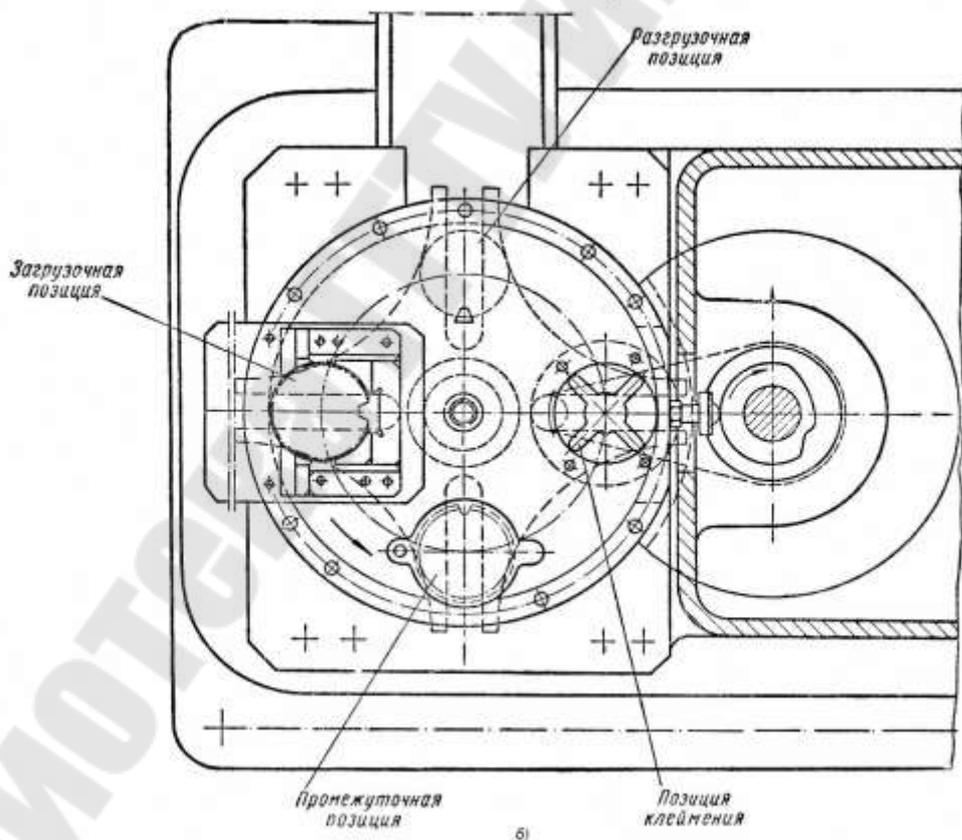
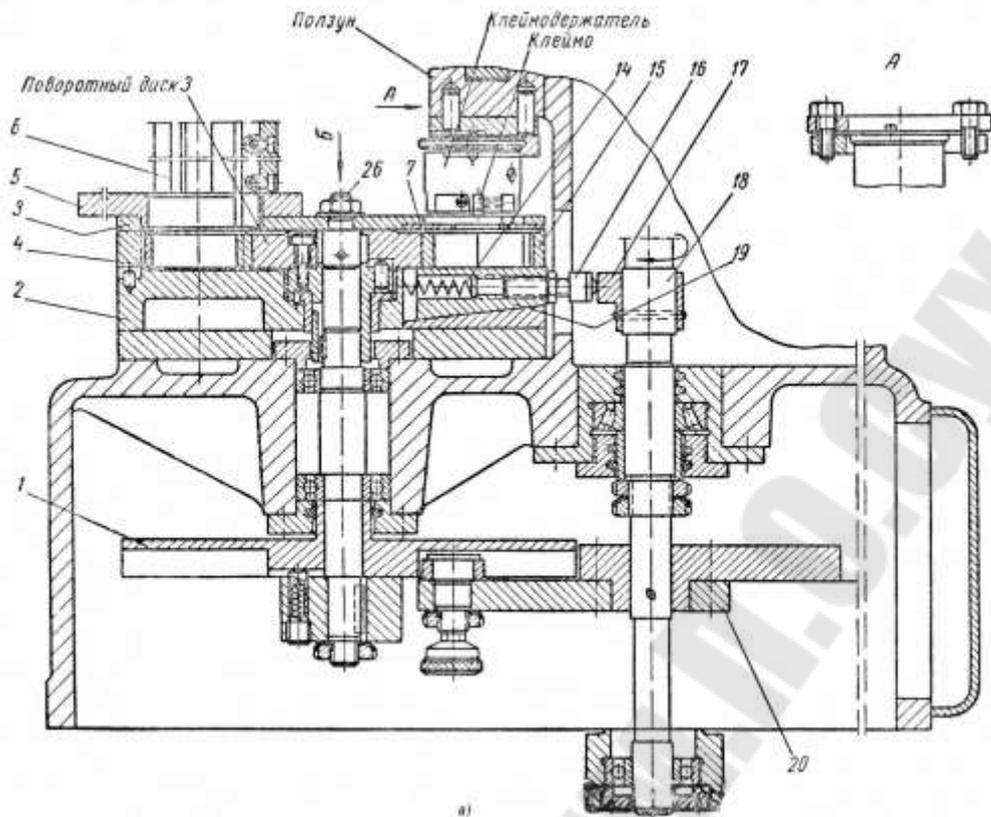


Рисунок 126 – Продолжение (начало см. на с. 172)

Двухзаходный червяк 21 сцеплен с червячным зубчатым колесом 13 ( $z = 53$ ), которое закреплено на шлицевом валу 10. На конце этого вала посажена эксцентриковая втулка 11 с эксцентриситетом  $e = 7,5$  мм, а на втулке 11 – шатун 12, соединенный шарниром 8 с ползуном 9. Длина хода

ползуна равна  $2e = 15 \text{ мм} = \text{const}$ . Длина шатуна, а следовательно, и первоначальное положение ползуна регулируются винтом 24 и гайками 23.

Ползун совершает 30 двойных ходов в минуту; изменение числа ходов производится заменой шкивов клиноременной передачи.

В ползуне 9 закрепляется державка клейм. На рис. 127 показана державка клейм для плашек диаметром 16 и 20 мм. Верхний цилиндрический бурт корпуса 2 державки служит для крепления к ползуну с помощью съемного прижимного кольца 22 (рис. 126). В верхний торец корпуса запрессован цилиндрический установочный штифт 3 (рис. 127). К нижней плоскости корпуса державки с помощью направляющего цилиндрического выступа и трех винтов 5 прикрепляется упор 1, в котором профрезерованы пазы для крепления клейм с помощью винтов 4. Корпус 2 державки и упор 1 – сменные; они устанавливаются в зависимости от наружного диаметра и количества стружечных отверстий в плашке.

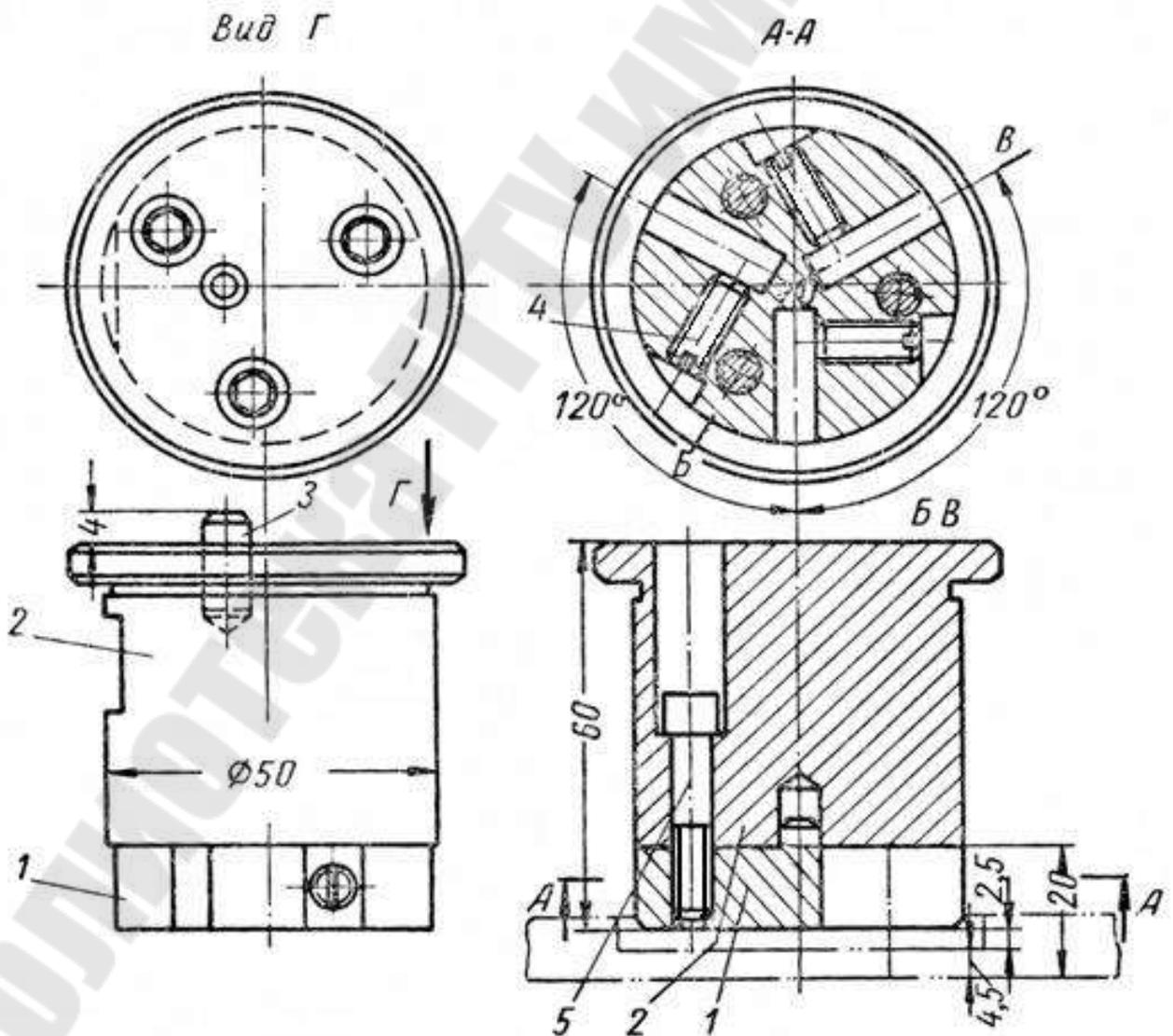


Рисунок 127 – Державка клейм для плашек  
(к полуавтомату модели 9В-3)

На станине станка устанавливается основание 2 (рис. 126) механизма подачи. Поворотный диск 4, крышка 7 и кольцо 15 – сменные и устанавливаются в зависимости от наружного диаметра, толщины и числа перьев плашки.

Магазин 6 и детали 3, 5, 7, 26 составляют узел наладки; он собирается в зависимости от размера плашек. Из магазина 6 плашки поступают под действием собственного веса через отверстие поворотного диска 4 на площадку основания 2 и путем периодических поворотов диска подаются в позицию клеймения. Диск 4 периодически поворачивается с помощью мальтийского креста 1, в пазы которого заходит ролик водила 20, закрепленного на вертикальном приводном валу 18. Вал 18 получает вращение от вала 10 червячного колеса через пару конических колес с передаточным отношением 1 : 1. На валу 18 закреплен кулачок 17, который в момент поворота диска 4 нажимает на головку винта 16, сжимает пружину 14, перемещает клин 19 и освобождает плашку. Поворот диска 4 переносит плашку в разгрузочную позицию, и она падает в отводящий желоб.

## 16 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Перед инструментальным производством нашей республики стоит огромная ответственная задача: обеспечить выполнение по ускорению научно-технического прогресса и увеличение выпуска продукции машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности.

Конкретные задачи инструментального производства: изменить структуру изготавливаемого инструмента, увеличить удельный вес прогрессивных высокопроизводительных конструкций повышенной точности, в том числе из твердых сплавов, синтетических сверхтвердых композиционных материалов, минералокерамики и безвольфрамовых твердых сплавов, инструментов с различными износостойкими покрытиями и инструмента с механическим креплением неперетачиваемых пластин и др.

Для удовлетворения потребности машиностроения, металлообработки и других отраслей в металлорежущем инструменте необходимо, во-первых, увеличить темпы его выпуска и, во-вторых, значительно повысить его качество и, наконец, улучшить его эксплуатацию. Повышение качества металлорежущих инструментов является основным средством, способствующим наиболее полному удовлетворению потребностей в режущем инструменте.

Качество металлорежущего инструмента зависит от его конструкции, материала и технологии производства. Основополагающими технологическими направлениями развития инструментального производства являются: приближение формы заготовки к форме готового изделия за счет применения специального профиля проката, биметаллических заготовок, использования методов пластического деформирования и порошковой металлургии; автоматизации технологических процессов, применения автоматизированных загрузочных устройств, манипуляторов, роботов, специальных станков, автоматических линий и станков с ЧПУ; концентрации и совмещения операций; применения высокоэффективной оснастки и групповой технологии; использования новых высокоэффективных СОЖ с подводами их непосредственно в зону резания, широкого использования глубинного шлифования и затачивания; применения синтетических сверхтвердых абразивных материалов, новейших методов термической и термохимической обработки, износостойких покрытий, расширения области применения электрофизических и электрохимических методов обработки.

Перспективным является комплексное развитие инструментального производства на базе углубления отраслевой и межотраслевой специализации. Расширение масштабов выпуска инструмента, концентрация его производства, создает предпосылки для освоения качественно новых прогрессивных технологических процессов.

Разработка технологических процессов производства металлорежущего инструмента базируется на общих принципах и закономерностях технологии машиностроения. Наряду с этим, в технологии производства металлорежущих инструментов, имеются специфические особенности, связанные:

- 1) с применением дорогостоящих и дефицитных инструментальных материалов;
- 2) с обработкой заготовок высокой твердости и прочности; с обработкой сложных поверхностей;
- 3) с высокими требованиями к точности размеров, геометрической форме и шероховатости поверхности;
- 4) с особенно высокими требованиями к физико-механическим свойствам материала готового металлорежущего инструмента.

Применение быстрорежущих сталей и твердых сплавов, содержащих присадки дефицитных и дорогостоящих элементов вызывает необходимость максимальной их экономии. С этой целью широко распространено изготовление составного и сборного инструмента. Неразъемное соединение разнородных материалов осуществляют различными способами сварки, пайки, склеивания и др.

При изготовлении инструмента с механическим креплением режущих пластин к державке или корпусу инструмента с неперетачиваемыми пластинами из твердого сплава и композиционных материалов применяют некоторые специфические технологические приемы. Широко внедряется обработка методами горячей и холодной пластической деформации, снижающая расход инструментальных материалов.

Обработка заготовок из разнородных материалов с неразъемным соединением вызывает необходимость производить последовательно или одновременно обработку различных материалов за один проход или операцию.

Низкая обрабатываемость быстрорежущей стали, твердых сплавов и композиционных материалов требует применения специальных методов и режимов обработки.

Для инструментов характерны фасонно-зубчатая форма поперечного сечения рабочей части, фасонные винтовые поверхности в продольном направлении, поверхности специальных форм (образующие режущие кромки), затылованные поверхности, поверхности, образованные спиралью Архимеда, логарифмической спиралью, эвольвентами и другими кривыми. Наличие таких поверхностей и в особенности их сочетание в одном инструменте определяют в основном необходимость применения специальных станков: затыловочных, специальных зубошлифовальных, резьбошлифовальных, заточных станков для заточки зуборезных инструментов, сверл, протяжек метчиков, плашек и др.

Для обработки сложных фасонных поверхностей в инструментальном производстве широко применяют операции точного профильного шлифования на универсальных и специальных профилешлифовальных станках, редко применяемых в производстве деталей машин.

Точность изготовления формообразующих элементов мерных режущих инструментов должна быть на один или два класса выше точности размеров обрабатываемых ими поверхностей. Примерами такого инструмента могут служить развертки, протяжки, метчики, зуборезные и профильные инструменты и др. Это определяет, в свою очередь, требования к точности станков и

приборов инструментального производства и в ряде случаев создание термоконстантных условий производства и контроля. Для инструментов характерно большее число острых и тонких режущих кромок, обладающих высокой твердостью. Это определяет требования к элементам автоматизации станков.

Качество инструментов определяется не только точностью геометрических форм и шероховатостью поверхностей, но и их физико-механическими свойствами. Надлежащее качество инструментов обеспечивается применением специальных методов контроля исходных материалов, методами и режимами механической, термической и термохимической обработки и построениями технологического процесса изготовления инструмента.

## **17 СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Важнейшим направлением совершенствования производства инструмента является унификация и стандартизация, а также специализация его изготовления. Специализация производства инструментов повышает эффективность применения специализированного оборудования, специальной оснастки, поточных и автоматических линий. По данным инструментальной промышленности, число специализированных станков, используемых в мелкосерийном производстве, составляет около 5—6 %, а в массовом — 35—40 % всех используемых станков. Средняя себестоимость изготовления различных видов инструментов при мелкосерийном производстве в 2,5—8 раз выше, чем в массовом. Разница эта тем значительнее, чем более оснащено массовое производство специализированными станками. Так, удельный вес специализированных станков в массовом производстве сверл составляет 60 % и себестоимость их по сравнению с неспециализированным мелкосерийным производством в 8 раз ниже.

Автоматизацию производства инструмента и повышение его технического уровня можно вести по двум направлениям: повышение степени автоматизации универсальных станков и оснащение их комплектами специальных приспособлений, создание и использование специализированных и специальных станков и автоматических линий на их основе.

Эффективность от применения специализированных станков может быть получена за счёт: концентрации и совмещения операций; автоматизации и совмещения во времени таких элементов цикла обработки, как деление, подвод и выход инструмента и другие; применения многостаночного обслуживания.

Наиболее эффективно применение специальных станков на основных формообразующих операциях, таких, как токарная обработка, образование стружечных канавок, обработка лапок, квадратов, пазов и т. п. Автоматизация шлифовально-заточных операций обеспечивает не только повышение производительности, но и высокое качество инструмента.

Для обеспечения массового выпуска инструмента нашей промышленностью было создано более 250 типов специальных станков, из них

более половины автоматов и полуавтоматов для изготовления сверл, метчиков, круглых плашек, фрез и другого инструмента. Создано более 100 автоматических линий для изготовления метчиков, сверл круглых плашек, ножей и корпусов сборных инструментов и др.

Одним из основных направлений автоматизации в инструментальном производстве является использование станков с числовым программным управлением. Станок с ЧПУ сочетает в себе производительность станков автоматов с гибкостью универсального оборудования. Программа обработки детали записывается на программноноситель и реализуется с помощью системы числового программного управления станком. При этом точность задания размеров зависит, только от разрешающей способности системы ЧПУ и станка. Фасонные поверхности обрабатываются по программе без применения копиров. Применение станков с ЧПУ создает предпосылки для создания комплексных автоматизированных систем проектирования и производства металлорежущего инструмента. При рациональном использовании станков с ЧПУ экономия на трудовых затратах достигает 25—80 %; один станок с ЧПУ заменяет от трех до восьми обычных станков с ручным управлением; увеличивается доля машинного времени и повышается производительность труда на 50 %, возможно многостаночное обслуживание.

В настоящее время станки с ЧПУ применяют для токарной обработки, шлифования протяжек по наружному диаметру и их заточки, затылования фрез, не прошедших термическую обработку, шлифования их после термической обработки, резьбошлифования, фасонного шлифования, электроискровой обработки проволочным электродом и др., фрезерования мест под неперетачиваемые пластинки в державках резцов, при фрезеровании сложных поверхностей.

## 18 ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Исходными данными для проектирования технологического процесса являются: рабочие чертежи инструмента, с техническими условиями на приемку готового инструмента и программа выпуска; типовые технологические процессы, технологическая характеристика оборудования; нормативы и справочная литература (по режимам резания, расчету припусков и др.).

При разработке технологического процесса изготовления металлорежущего инструмента должны быть решены следующие основные задачи: соблюдение технических требований к точности, качеству поверхности инструмента и её физико-механическим свойствам, достижение заданной производительности технологического процесса и его эффективности.

Точность изготовления инструмента в основном обеспечивается выбором методов и последовательности обработки, технологических баз обработки, оборудования, приспособлений и режимов резания, методов и средств контроля. Физико-механические свойства инструмента обеспечиваются правильным выбором материала инструмента, термической и термохимической обработкой, режимами механической обработки.

Достижение заданной производительности технологического процесса и его эффективность обеспечиваются выбором оптимальных схем операций и режимов обработки, применением высокопроизводительных станков, инструмента второго порядка, приспособлений с учетом программы выпуска инструмента.

Проектирование технологических процессов состоит из взаимосвязанных и выполняемых в определенной последовательности этапов. В общем случае рекомендуется следующий порядок разработки технологических процессов:

- 1 — анализ чертежа и плановых заданий;
- 2 — определение такта выпуска, типа производства и его организационной формы;
- 3 — выбор метода получения заготовки на основании технико-экономической оценки различных вариантов;
- 4 — выбор технологических баз, оценка точности базирования и закрепления детали;
- 5 — выбор метода обработки поверхностей, оценка качества поверхностей и точностных характеристик методов;
- 6 — выбор варианта технологического маршрута последовательности операций по минимуму приведенных затрат;
- 7 — разработка технологических операций: а — установление рациональной последовательности переходов; б — выбор модели оборудования и определение его загрузки; в — выбор оснастки; г — расчет припусков и окончательное оформление чертежа заготовки; д — расчет режимов резания; е — расчет норм времени; ж — определение разряда работы; з — определение технико-экономической эффективности технологического процесса;
- 8 — выбор средств механизации и автоматизации элементов технологи-

ческого процесса и средств внутрицехового транспортирования;

9 — разработка и оформление технологической документации в соответствии с ЕСТД и оформление технического задания на заказ новых средств технологического оснащения.

## **19 ТИПИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Номенклатура изготавливаемого инструмента в инструментальных цехах и на инструментальных заводах достигает нескольких десятков тысяч типоразмеров. Изготовление одинаковых или близких по конфигурации и размерам инструментов на инструментальных заводах и в цехах по отличным друг от друга технологическим процессам приводит к тому, что трудоемкость их существенно различается.

Разработка и обоснование общих принципов проектирования типовых технологических процессов на базе технологической классификации инструментов позволяет сократить разнообразие технологических процессов и появляется возможность разработки оптимальных технологических процессов для различных условий производства.

Под унификацией (типизацией) технологических процессов понимают создание технологических процессов, охватывающих изготовление всех инструментов данного класса и служащих базой для разработки в различных производственных условиях оптимального технологического процесса изготовления любого инструмента внутри данного класса. Применение типовых технологических процессов сокращает технологическую документацию, способствует применению нормализованной инструментальной оснастки и специализированного оборудования для производства режущего инструмента.

Унификация технологических процессов основана на классификации инструментов и на общих принципах разработки технологических процессов. Классификация представляет собой разделение инструментов на классы, имеющие общие технологические признаки.

Классы подразделяют на типы инструментов, близкие по своей конфигурации и размерам. Изготовление типового инструмента осуществляется на однородном оборудовании с применением однотипных приспособлений.

Все металлорежущие инструменты по технологическим признакам можно разбить на четыре класса: 1 — круглые стержневые; 2 — насадные; 3 — дисковые; 4 — плоские.

Характерным признаком круглого стержневого инструмента является форма рабочей части в виде круглого стержня и цилиндрический или конический хвостовик. Круглый стержневой инструмент подразделяют на: цельный, сварной, сборный, с напаянными твердосплавными пластинами, твердосплавный цельный, специальный.

К насадному инструменту относят инструменты с цилиндрическим или коническим отверстием. Насадные инструменты подразделяют на цельные, сборные, напаянные и цельные твердосплавные и специальные,

К дисковым инструментам относят инструменты с цилиндрическим или коническим отверстием, длина которых меньше половины диаметра. Дисковые инструменты подразделяют на цельные, напайные, сборные, цельные твердосплавные.

К плоским относят следующие инструменты: стержневые и призматические резцы, ножи для сборного инструмента, зуборезные и резьбонарезные гребенки, расточные блоки, накатные плашки, плоские протяжки и др. Характерным признаком этого класса инструмента является оформление его по широким или узким плоскостям. Плоский инструмент подразделяют на цельные, паяные, специальные, сборные.

Для определения оптимальных рядов при проектировании специализированного оборудования предложено дополнительное разделение инструмента на типоразмеры.

Технологическая классификация инструментов должна служить основой научного совершенствования системы технологической подготовки и организации инструментального производства для повышения производительности труда, увеличения объема выпуска, повышения качества инструмента и снижения его себестоимости. На ее основе должны быть решены следующие задачи.

1. Унификация технологических процессов изготовления инструментов с использованием последних достижений науки и техники.

2. Создание автоматизированной системы разработки технологических процессов изготовления инструментов.

3. Увеличение размеров партии инструментов одного класса и близких групп, как для мелкосерийного, так и для крупносерийного многономенклатурного производства и создание на этой основе реальных возможностей для механизации и автоматизация производственных процессов.

4. Проектирование, изготовление и использование специальных станков инструментального производства.

5. Целенаправленная модернизация и автоматизация действующего оборудования.

6. Унификация технологической оснастки.

7. Специализация инструментального производства путем расширения сети инструментальных заводов и инструментальных цехов, специализированных на производстве инструмента определенных классов и групп.

8. Выбор оптимальных вариантов производственной структуры участков, цеха, завода.

9. Создание единых нормативных и плановых показателей.

## 20 ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

При разработке типовой технологии и алгоритма автоматизированного проектирования общую задачу делят на уровни.

На первом уровне определяют принципиальную схему технологического процесса, которая характеризуется составом и последовательностью циклов обработки инструмента. Внутри циклов можно выделить этапы. Этап — это часть технологического процесса, включающая однородную по характеру и точности обработку поверхности в целом. При этом этапы механической обработки могут, разделяться этапами термической и другого вида обработки.

Основными циклами производства металлорежущего инструмента являются: заготовительные операции; формообразующие операции; термическая обработка; чистовая обработка; операции, повышающие износостойкость инструмента, и операции антикоррозионной обработки и упаковки.

Заготовительные операции: правка и калибровка прутков; разделка прутков на заготовки; ковка и объемная штамповка штучных заготовок; подготовка под сварку; термическая обработка после ковки и сварки. Трудоемкость этого этапа составляет 10—25% общей трудоемкости.

Основные формообразующие операции механической обработки и пластического деформирования. На этом этапе инструменту придается форма, близкая к окончательной, при удалении основной части припуска, достигающей 40 – 70 % первоначального объема заготовки. Трудоемкость основных формообразующих операций составляет 25—50 % общей трудоемкости изготовления инструмента. В этот этап входят токарная обработка формы, обработка плоскостей плоского инструмента, фрезерование стружечных канавок, пазов под ножи сборного инструмента и гнезд под пайку пластин твердого сплава и др. На этом же этапе осуществляют фрезерование, долбление и протягивание элементов крепления инструментов. К этому этапу относится также формообразование методом пластического деформирования.

Основная термическая обработка. Трудоемкость этого цикла не превышает 10 % общей трудоемкости. Несмотря на это термообработка — одна из важнейших по своему влиянию на качество инструментов операция, когда создаются такие основные характеристики инструментов, как твердость, прочность, красностойкость, т. е. обеспечивается необходимая режущая способность инструмента. От термической обработки во многом зависит успех выполнения операций шлифования и затачивания, так как в процессе термообработки искажается форма инструментов и возникает обезуглероженный слой, т. е. факторы, определяющие припуски на последующие шлифовально-заточные операции. Кроме того, величина деформаций в результате термообработки обуславливает неточность базирования при выполнении шлифовально-заточных операций.

Чистовая обработка. Шлифовально-заточные операции можно подразделить на шлифовальные операции, сходные с аналогичными операциями общемашиностроительного назначения, специальные шлифовальные операции и

заточные операции, свойственные, только инструментальному производству.

Для повышения износостойкости инструмента рекомендуется включать в технологический процесс дополнительную термообработку и нанесение износостойкого покрытия.

В некоторых случаях может видоизменяться содержание циклов или их последовательность. Применение метода вышлифовки канавок изменяет порядок выполнения циклов. Термическую обработку при этом проводят до обработки канавок. При обработке монолитного твердосплавного инструмента из спеченной заготовки этап формообразования исключается.

В соответствии с основными этапами строят производственный процесс, определяют структуру цехов и участков, систему транспортирования и подачи заготовок и изделий, систему учета производства инструмента.

Второй уровень — проектирование маршрутного технологического процесса, включающего определение состава и последовательности операций, выбор баз и группы оборудования, на котором выполняется каждая операция.

Третий уровень — проектирование технологических операций. Детализацию технологического процесса доводят до определения состава и последовательности переходов в операции, выбора режущего, вспомогательного и измерительного инструмента, расчета режимов резания и норм времени.

Четвертый уровень характерен для операций, выполняемых на станках с программным управлением, для которых необходимо довести степень детализации до определения отдельных элементарных составляющих траектории режущего инструмента второго порядка и обрабатываемого инструмента, а также для команд управления оборудованием в кодах системы программного управления.

Ниже приведена общая последовательность изготовления режущего инструмента.

1. Получение заготовки, включая заготовительные операции отрезки,ковки, литья, штамповки, сварки.
2. Отжиг после горячей обработки.
3. Обработка технологических баз.
4. Обработка заготовки инструмента для придания ей формы, близкой к окончательной, обработка посадочных мест и элементов крепления.
5. Обработка стружечных канавок, обработка мест под пластинки или ножи для инструмента с приваренными или припаянными пластинками и сборного инструмента.
6. Обработка затылка.
7. Обработка отверстий для подвода охлаждающей жидкости.
8. Термическая обработка.
9. Исправление или обработка технологических баз.
10. Проверка и исправление посадочных мест у сборного инструмента.
11. Сборка.
12. Затачивание передней поверхности.
13. Шлифование профиля.

14. Шлифование задней поверхности.
15. Затачивание задней поверхности.
16. Обработка стружкоразделительных и стружкозавивательных канавок.
17. Доводка передней и задней поверхностей.
18. Улучшение поверхностного слоя инструмента.

Технологический процесс изготовления режущих инструментов включает все указанные операции или часть их в зависимости от конструкции изготавливаемого инструмента, принятого метода обработки и выбранного оборудования.

Для призматического однолезвийного инструмента (резцов, ножей сборного инструмента) некоторые операции исключают и технологический процесс строят в такой последовательности:

1. Заготовительные операции.
2. Обработка профиля.
3. Обработка передней и задней поверхностей.
4. Обработка мест под пластинки (для инструмента с пластинками из твердого сплава).
5. Термическая обработка (для инструмента с пластинками из твердого сплава — пайка и очистка от припоя).
6. Окончательная обработка профиля (включая образование рифлений).
7. Затачивание и доводка передней и задней поверхностей.

Типовая технология может быть разработана для всего технологического процесса, его циклов или отдельных операций.

Например, сварные заготовки обрабатывают по следующей типовой схеме:

1. Отрезка части из быстрорежущей стали.
2. Отрезка части из углеродистой стали.
3. Подрезка торца и протачивание шейки на рабочей или хвостовой части под сварку для создания одинаковых диаметров свариваемых частей.
4. Очистка.
5. Сварка встык.
6. Отжиг.
7. Обтачивание сварного шва.
- 8 и 9. Подрезка торцов рабочей и хвостовой частей.
10. Центрование.
11. Правка заготовки.
12. Обтачивание рабочей и хвостовой частей.
13. Шлифование хвостовика.
14. Фрезерование лапки.
15. Фрезерование стружечных канавок.
16. Термическая обработка.
17. Исправление центровых отверстий.
18. Шлифование по наружной поверхности.
19. Затачивание.

20. Улучшение поверхностного слоя.

Токарную обработку насадного (втулочного) инструмента проводят по следующей типовой схеме.

1. Токарная обработка в патроне: подрезание торца, центрирование, сверление, рассверливание, растачивание, развертывание отверстия, обтачивание до кулачков, после поворота заготовки — протачивание наружной поверхности оставшейся части до кулачков и подрезание второго торца.

В зависимости от характера производства операцию выполняют: на токарном или револьверном станке или на четырех- или шестишпиндельном полуавтомате. При использовании специальных станков обтачивание может быть совмещено с рассверливанием отверстия. Развертывание может быть заменено протягиванием.

2. Токарное чистовое обтачивание и подрезание торца на оправке. При обработке дискового инструмента второй торец шлифуют на плоскошлифовальном станке с базированием по торцу. Обтачивание наружной поверхности производят на оправке с буртиком или нескольких заготовок одновременно.

Обработку цельного твердосплавного инструмента производят по следующей типовой схеме: 1 — прессование и спекание заготовки либо обработка и спекание пластифицированной заготовки; 2 — алмазное шлифование базовых поверхностей; 3 — алмазное шлифование наружной поверхности инструмента; 4 — алмазная вышлифовка канавок; 5 — затачивание.

## **21 ВЫБОР И ОБРАБОТКА БАЗ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Точность размеров и взаимное положение обрабатываемых поверхностей заготовки зависят от погрешности ее установки на станке. Поверхности, оси или точки, относительно которых, определяется положение других поверхностей или осей, называют базами, а придание заготовке требуемого положения относительно выбранной системы координат называют базированием.

Технологическими называют базы, используемые для определения положения заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта. Измерительными называют базы, используемые для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения. Конструкторскими называют базы, используемые для определения положения детали в изделии.

При установке заготовки базой должна служить та поверхность заготовки, относительно которой на рабочем чертеже детали скоординирована обрабатываемая поверхность. Точность, форма и размеры базы должны обеспечить хорошую устойчивость и жесткость заготовки на установочных элементах приспособления, что достигается соответствующими размерами и качеством базовых поверхностей.

При выборе технологических баз для обработки заготовок следует использовать принцип совмещения баз, т. е. в качестве технологической базы использовать поверхность, являющуюся измерительной базой. Лучшие результаты достигаются при совмещении технологической, измерительной и

конструкторской баз.

При построении маршрута обработки следует соблюдать принцип постоянства баз. На всех основных технологических операциях использовать в качестве технологических одни и те же поверхности заготовки. Принципы совмещения и постоянства баз совпадают в тех случаях, когда размеры проставлены от одной достаточно устойчивой измерительной базы. Если измерительные базы переменны и недостаточных размеров, осуществляют второй принцип — выбирают соответствующую постоянную базу.

Когда постоянство технологической базы не может быть обеспечено, в качестве новой технологической базы выбирают обязательно обработанные и желательно более точные поверхности. Когда технологическая базовая поверхность не является измерительной, возникает ошибка базирования. В этом случае рассчитывают размерную цепь и, если необходимо, ужесточают допуски на размеры между базовыми поверхностями.

При вынужденной смене баз следует переходить от менее точной базы к более точной. Базы для окончательной обработки должны иметь наибольшую точность размеров и геометрической формы, а также наименьшую шероховатость поверхности. Они не должны деформироваться под действием сил зажима и резания.

Первичную базу из-за ее малой точности используют только один раз. Базовые поверхности должны быть по возможности гладкими, не иметь штамповочных и литейных уклонов. На первой операции целесообразно принимать в качестве базы поверхность с наименьшим припуском на обработку. При этом базу надо выбирать с учетом обеспечения лучших условий обработки поверхностей, принимаемых в дальнейшем в качестве базовых. На всех последующих после первой операциях деталь базируют поверхностями, прошедшими обработку.

В качестве технологической базы у инструментов могут быть использованы конструкторские базы, специально обработанные поверхности, а также поверхности, обработанные с повышенной точностью. Характерным примером таких поверхностей являются центровые отверстия, которые используют при обработке наружных поверхностей инструмента стержневого типа. Широкое применение центровых отверстий обусловлено тем, что наилучшая концентричность поверхностей вращения обеспечивается при обработке за одну установку. В качестве вспомогательных баз при шлифовании отверстий в червячных фрезах применяют конические буртики. В некоторых случаях для повышения точности базирования базовые поверхности обрабатывают с повышенной точностью и уменьшенной шероховатостью.

Технологическими базами инструмента стержневого типа являются центровые отверстия или наружные центры. Установка детали в центрах с хомутиком является достаточно точной, так как лишает ее шести степеней свободы. При обработке длинного инструмента, чтобы исключить прогиб, используют дополнительные цилиндрические поверхности детали, которыми она опирается на подвижные или неподвижные люнеты.

Центровые отверстия с углом  $60^\circ$  получают при обработке наборами центровочных сверл и зенковок (шесть наборов) с предохранительным или без предохранительного конуса. Режущий инструмент пониженной точности и малых диаметров изготавливают с центровыми отверстиями без предохранительного конуса; инструмент повышенной точности — с центровыми отверстиями с предохранительным конусом.

В крупносерийном и массовом производстве центрование осуществляется на двусторонних центровальных или фрезерно-центровальных станках. Обработка на последних ведется в два перехода — подрезание торцов заготовки по заданной длине, а затем центрование. Применяют также отрезные автоматы и полуавтоматы с последующей передачей заготовки на центровальные станки.

Короткие заготовки центруют на центровальных станках с зажатием в призмах. Для обработки торцов и одновременного центрования заготовок диаметром 10—50 мм используют комбинированный инструментальный блок, состоящий из центровочного сверла и пластин для подрезки и обтачивания. Длинные заготовки (преимущественно протяжки, специальные развертки и т. п.) центруют на токарных станках с зажатием одного конца в патроне и поддержанием другого конца в люнете. Для точного центрования заготовок из холодноотянутого прутка или заготовок, предварительно обработанных по наружной поверхности, используют специальные станки с цанговым зажимом и направляющей втулкой.

После термической обработки центровые отверстия могут иметь деформацию, забоины, окалину и пр. Центровые отверстия исправляют на вертикально-сверлильных станках с помощью твердосплавного зенкера, на центрошлифовальных или специальных станках шлифовальным кругом.

При изготовлении разверток, протяжек и других режущих инструментов повышенной точности центровые отверстия после термической обработки подвергают доводке с помощью чугунного притира и абразивной пасты.

Технологической задачей при обработке насадного (втулочного) инструмента является обеспечение concentричности наружных поверхностей относительно посадочного отверстия и перпендикулярности торцовых поверхностей. Основными базами являются отверстие и торец. Основной называют конструкторскую базу, принадлежащую данной детали и используемую для определения ее положения в изделии.

Conцентричность наружных поверхностей относительно отверстия и перпендикулярность торцовых поверхностей к оси отверстия может быть обеспечена обработкой: 1. всех поверхностей за две операции с базированием при окончательной обработке отверстия по наружной поверхности; 2. всех поверхностей за две операции с базированием при окончательной обработке наружной поверхности по отверстию; 3. наружных поверхностей, отверстия и торцов за одну установку.

Базирование по обработанному отверстию имеет следующие преимущества по сравнению с базированием по обработанной наружной поверхности: при обработке на жесткой или разжимной оправке погрешность установки

значительно меньше, чем при обработке в патроне с креплением заготовки по наружной поверхности; при использовании оправки возможна обработка одновременно нескольких заготовок.

Внутренние и наружные поверхности можно обрабатывать с одной установки при изготовлении инструмента из прутка. При изготовлении насадного инструмента из штучной заготовки при одной установке могут быть обработаны отверстие и торец и часть наружной поверхности до кулачков, и после переустановки заготовки, принимая за базу обработанную часть наружной поверхности, обрабатывают второй торец и необработанную часть наружной поверхности. При обработке дискового инструмента на первых операциях рекомендуется обрабатывать торец и отверстие с одной установки в самоцентрирующем патроне и при возможности часть наружной поверхности. Вторым торцом шлифуют на плоскошлифовальном станке при базировании на обработанном торце или обрабатывают на токарном станке с базированием по обработанному торцу и по частично обработанной наружной поверхности.

Отверстия в заготовках для насадного инструмента обрабатывают растачиванием и развертыванием отверстия или протягиванием его. После термической обработки перед окончательной чистовой обработкой технологические базы должны быть исправлены. Для этого отверстия и торцы инструмента вновь обрабатывают.

Для инструментов с буртиками лучшие результаты получаются при совместном шлифовании отверстия и торца на внутришлифовальном станке, что обеспечивает перпендикулярность торца к оси отверстия. Вторым торцом шлифуют на плоскошлифовальном станке. При отсутствии приспособления для подрезания торца или при большой торцовой поверхности сначала на плоскошлифовальном станке шлифуют один и другой торец, а потом, используя торец как опорную базу, шлифуют отверстие. Если торцы инструментов должны быть доведены, то доводку производят перед шлифованием отверстия.

Отверстия подвергают хонингованию или притирке. Притирку производят на сверлильном или доводочном станке чугунным разжимным притиром и абразивным микропорошком.

В тех случаях, когда после термообработки профиль фасонного инструмента не подвергается шлифованию, для уменьшения биения производят притирку нешлифованного отверстия.

У режущих инструментов с зубьями при шлифовании отверстия в качестве технологических баз принимают наружные поверхности зубьев и торец, установку производят в самоцентрирующих трехкулачковых или цанговых патронах. Затылованные инструменты можно закреплять в приспособлениях с центрированием по затылкам зубьев с помощью трех роликов.

Чистовую обработку по наружному диаметру насадного инструмента с отношением длины к диаметру больше 1,5:2 можно производить на цилиндрических оправках при малом зазоре между отверстием и оправкой. Для исключения или уменьшения погрешностей установки заготовку напрессовывают на цилиндрические или конические оправки с малой конусностью. Для обработки

инструмента обычной точности применяют оправки с конусностью 1/2500 – 7500, для высокой точности применяют оправки с конусностью 1/10000 – 1/14000. Необходимо учитывать, что на конических оправках с большой конусностью может иметь место биение торца.

При изготовлении прецизионного инструмента рекомендуется применять набор оправок с разностью диаметров 0,002 мм и насаживать инструмент на оправку по скользящей посадке. Дисковый инструмент обрабатывают на оправках с буртом, диаметр которого равен 1,5—2 диаметра отверстия.

Для исключения или уменьшения перекосов при закреплении обрабатываемого инструмента на точных оправках рекомендуется шлифовать резьбу на оправке и шлифовать торцы гаек, навинченные на оправке. Торцы промежуточных колец или втулок должны быть строго параллельными.

Сборно-комбинированные инструменты, имеющие два посадочных места — одно для соединения со шпинделем станка и другое для посадки сопряженного с ним инструмента, можно обрабатывать по двум вариантам.

По первому варианту вначале обрабатывают хвостовик с базированием в центрах. В этом случае используют в качестве базы центровое отверстие, обработанное в хвостовике, и центровую фаску в посадочном отверстии или в посадочное отверстие должна быть установлена пробка с центровым отверстием. Затем, используя в качестве базы обработанную хвостовую часть, на внутришлифовальном станке шлифуют посадочное отверстие. Для обеспечения высокой точности рекомендуется втулку под хвостовик, установленную в шпиндель станка или патрон, протшлифовать на месте.

По второму варианту первоначально на внутришлифовальном станке шлифуют коническое отверстие. При этом базирование производят по хвостовику зажатием в патроне станка. Правильность установки может быть проверена индикатором по внутреннему отверстию. После шлифования внутреннего посадочного конуса его принимают за базу, и наружный конус шлифуют на консольной конической оправке или на конической оправке в центрах.

Призматические детали базируют по плоским поверхностям. Полное базирование призматических деталей производят по трем взаимно перпендикулярным плоскостям, при этом деталь лишается шести степеней свободы.

## **22 ВЫБОР МЕТОДА И МАРШРУТА ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Выбор, метода обработки зависит от конфигурации детали, ее габаритных размеров, точности и качества обрабатываемых поверхностей, вида заготовки. Первоначально определяют метод окончательной обработки, обеспечивающий соблюдения требований чертежа по каждой поверхности и затем, если в этом есть необходимость, определяют промежуточные. Решение задачи выбора метода и конкретного вида обработки облегчается при использовании справочных таблиц экономической точности обработки, приведенных в справочной литературе.

Составление маршрута последовательности обработки. После выбора ме-

тогда обработки каждой поверхности составляют маршрут обработки инструмента. Составление маршрута — сложная задача с большим числом возможных вариантов решений, его цель — дать общий план обработки инструмента, наметить содержание операций технологического процесса и выбрать тип оборудования. При определении маршрута обработки рекомендуется использовать типовые решения и учитывать, что весь технологический процесс изготовления режущих инструментов надо разделить на этапы, а также придерживаться типовой последовательности обработки инструмента.

При механической обработке сначала обрабатывают поверхности, принятые за технологические базы, затем остальные поверхности в последовательности обратной их точности: чем точнее должна быть обработана поверхность, тем позже ее обрабатывают. После обработки базовых поверхностей следует обрабатывать поверхности, придающие заготовке внешнюю форму. Затем обрабатывают стружечные канавки, пазы сборного инструмента, места под пластинки и вспомогательные поверхности. Заканчивают обработку той поверхностью, которая наиболее точная и имеет наибольшее значение при эксплуатации инструмента. Последовательность обработки зависит от системы установки размеров. В совокупности взаимосвязанных поверхностей должна быть обработана в первую очередь та поверхность, относительно которой на чертеже закоординировано большее число других поверхностей.

При назначении последовательности обработки поверхностей следует придерживаться правил базирования: совмещения и единства баз. Последовательность операций должна соответствовать координации поверхностей на чертеже детали и учитывать технические требования на взаимное расположение поверхностей.

Для повышения точности обработки маршрут обработки делят на черновую, чистовую и отделочную обработку. При черновой обработке снимают основную величину припуска. После термической обработки для устранения возможных короблений часто приходится предусматривать правку заготовки. После термической обработки исправляют или обрабатывают технологические базы и производят окончательную обработку стружечных канавок, наружных поверхностей, затачивание и упрочнение инструмента. Предварительное содержание операций устанавливают объединением тех переходов на данной стадии обработки, которые могут быть выполнены на одном станке. В поточном производстве при делении процесса на операции стремятся к тому, чтобы их длительность была равна или кратна темпу. Темп — равномерно повторяющийся промежуток времени, затрачиваемого в процессе производства на выпуск единицы продукции. При составлении маршрута обработки заготовки по отдельным операциям устанавливают также тип станков. На последующих этапах разработки технологического процесса принятые решения уточняют и определяют основные размеры и характеристики станков, а также их конкретные марки и модели. Перечень и содержание операций, оборудование и оснастку заносят в маршрутную карту.

## **23 ПОСТРОЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

В серийном, и массовом производстве разрабатывают операционный технологический процесс: при разработке операции уточняют ее содержание, устанавливают последовательность и возможность совмещения переходов во времени, окончательно выбирают оборудование, инструмент, приспособления, назначают режимы резания, определяют норму времени, устанавливают настроечные размеры и составляют схему наладки.

Разработка операции задача многовариантная. При разработке технологической операции стремятся к уменьшению штучного времени. При поточном методе работы штучное время увязывают с темпом, обеспечивая заданную производительность поточной линии. Норма времени сокращается за счет уменьшения ее составляющих и совмещением по времени выполнения нескольких переходов. Основное время сокращается при применении 25 высокопроизводительных инструментов, обеспечении оптимальных режимов резания и уменьшении припусков на обработку.

По числу устанавливаемых для обработки заготовок схемы станочных операций делят на одно- и многоместные, а по числу применяемых инструментов — на одно- и многоинструментальной.

На станках применяют различные способы работы: последовательный, когда обработку поверхностей заготовки производят последовательно; параллельный, когда поверхности обрабатывают несколькими инструментами одновременно (на многорезцовом станке и др.); параллельно-последовательный, при котором изделие обрабатывается несколькими инструментами в каждом переходе, но сами переходы осуществляются последовательно. В массовом производстве применяют наиболее производительные схемы — многоместную, многоинструментальную параллельную обработку, в серийном — одноместную, одноинструментальную последовательную обработку. На практике возможны различные сочетания схем. Технологические операции на автоматических линиях строят по параллельным и параллельно-последовательным схемам.

На выбор схемы операции влияют форма, габаритные размеры и масса изделия. Совмещение переходов определяется возможностью расположения режущих инструментов на станке и жесткостью системы СПИД. Недостаточная жесткость заготовки часто является причиной отказа от параллельного выполнения переходов. Обработку поверхности с высокими требованиями к ее точности и шероховатости выделяют в особую операцию, применяя одноместные одноинструментальные последовательные, а часто и однопроходные схемы.

Методы обработки и выбор схемы операций зависят от объема выпускаемой продукции, а порядок намечаемых переходов определяется окончательно при расчете припусков на обработку с учетом вида заготовки. Оптимальный вариант операций определяется технико-экономическим расчетом, сравнением нескольких вариантов. Критерием оптимальности является минимум приведенных затрат на единицу продукции.

Операционную карту механической обработки оформляют по ГОСТу. На каждый переход механической обработки рекомендуется составлять операционный эскиз, а при многоинструментальной и многоместной обработке – схему наладка с указанием настроечных размеров.

## **24 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Оптимальный вариант технологического процесса выбирают путем сравнения себестоимости различных вариантов. Себестоимость определяется суммой затрат на основные материалы и полуфабрикаты, заработной платы производственных рабочих наладчиков с начислением по социальному страхованию и отпускам, расходов по эксплуатации станочного оборудования, расходов по эксплуатации режущего инструмента и универсальных приспособлений, амортизации универсального оборудования, содержания зданий и сооружений, освещения и отопления, амортизации специальных станков и приспособлений.

Сравнительный анализ следует вести пооперационно по технологической себестоимости, в которую включают не все затраты, связанные с процессом обработки, а только те, которые меняются с изменением процесса обработки. В тех случаях, когда годовая программа производства задана, экономический анализ сравнимых операций или процессов сводится к сопоставлению приведенных величин каждого из вариантов. Показателем экономической эффективности является минимум приведенных затрат. Приведенные затраты по каждому варианту представляют собой сумму текущих затрат, капитальных затрат, приведенных к одинаковой размерности в соответствии с нормативным коэффициентом эффективности. Наиболее экономичен тот вариант, который имеет наименьшую величину приведенных затрат.

Когда для осуществления того или иного варианта технологического процесса требуются капиталовложения, должна быть определена их экономическая эффективность. Экономическая эффективность капитальных затрат тем выше, чем меньше срок окупаемости. Срок окупаемости капитальных затрат представляет собой период времени, по истечении которого годовая экономия от снижения себестоимости обработки инструмента по принятому варианту станет равной первоначальным затратам на его осуществление.

Мероприятие считается экономически целесообразно, когда коэффициент эффективности капитальных затрат больше, чем нормативный коэффициент эффективности (для машиностроения он равен 0,2).

## **25 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ**

Припуск должен быть таким, чтобы при его снятии были устранены погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, полученные на предшествующих технологических переходах, а также погрешности установки обра-

батываемой заготовки, возникающие на выполняемом переходе.

Величина припусков на обработку определяется: размерами и формой обрабатываемого инструмента; методом и точностью получения заготовки; построением технологического процесса; техническими требованиями к обрабатываемому инструменту. Форма и размеры обрабатываемого инструмента влияют на величину припуска, так как с увеличением размеров и усложнением формы увеличивается допуск на заготовку и уменьшается точность базирования.

Состояние поставляемого материала (кованый, штампованный, горячекатаный, холоднотянутый, шлифованный и пр.) влияет на величину припуска. Припуск должен обеспечивать снятие местных дефектов, получившихся в процессековки или прокатки в виде вмятин, трещин, окалины и обезуглероженного слоя, весьма значительного на поверхности кованой и прокатанной заготовки из инструментальной стали.

Метод получения заготовок оказывает значительное влияние на величину припуска на обработку, так как при разных методах получения заготовки точность геометрических размеров и качество поверхности различны.

При получении заготовок с помощью сварки необходимо учитывать отклонение от прямолинейности и смещение свариваемых частей заготовок. После правки заготовки допускается отклонение от прямолинейности 0,3—1,5 мм в зависимости от ее диаметра и длины.

Технические условия на изготовление инструмента также влияют на величину припуска. Для инструмента высокой степени точности применяют многократную последовательную обработку поверхностей, вследствие чего общий припуск получается значительно большим, чем при одно-, двухкратной обработке поверхностей.

Применяют опытно-статистический метод определения припусков на обработку. При этом методе общие и промежуточные припуски определяют по таблицам, которые составлены на основе обобщения и систематизации данных, полученных на передовых заводах. Справочные материалы по расчету припусков даны по типам инструментов в зависимости от размеров элементарных поверхностей, обрабатываемого материала и способов обработки. Припуски, определенные по таблицам, являются завышенными. Более точным является расчетный метод определения припусков на механическую обработку.

## **26 МАТЕРИАЛ ЗАГОТОВОК В ТЕХНОЛОГИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В инструментальном производстве применяют следующие основные материалы:

1. Инструментальные стали (быстрорежущие, легированные, углеродистые) и дисперсионно-твердеющие сплавы.
2. Твердые спеченные сплавы.
3. Минералокерамика.

4. Алмазы природные и искусственные.

5. Синтетические режущие материалы.

На выбор материала влияют: тип инструмента, его назначение, размеры и условия работы; технология изготовления инструмента.

К инструментальным сталям предъявляют определённые требования, из которых основное значение имеют: режущая способность, красностойкость (теплостойкость), износостойкость в холодном состоянии, механические свойства, обрабатываемость в холодном и горячем состоянии. Марки сталей выбираются по специальным справочникам. Обрабатываемость зависит в основном от химического состава, твердости, механических свойств, микроструктуры и размеров зерна, теплопроводности. На обрабатываемость резанием в первую очередь влияют твердость и механическая прочность материала, от которых в основном зависит скорость резания.

Заготовки из быстрорежущей стали поставляют в отожженном состоянии. Твердость сталей умеренной теплостойкости в состоянии поставки НВ 207—255, твердость сталей повышенной теплостойкости НВ 269—293. Структура поставляемой стали в отожженном состоянии представляет собой мелкозернистый перлит с избыточными карбидами. Завышенная твердость может быть снижена отжигом. Быстрорежущую сталь проверяют на макроструктуру, карбидную неоднородность, обезуглероженность, теплостойкость, трещинообразование. Карбидная неоднородность характеризуется местным скоплением карбидов в структуре, что резко снижает качество и механические свойства быстрорежущей стали. Инструмент, изготовленный из стали с повышенной карбидной неоднородностью, склонен к трещинообразованию при термической обработке, выкрашиванию и поломке в процессе эксплуатации. Карбидную неоднородность проверяют на продольном микрошлифе и сопоставляют с эталонами. По ГОСТу установлена восьмибалльная шкала карбидной неоднородности. Режущий инструмент рекомендуется изготавливать с карбидной неоднородностью не выше 6-го балла, а червячные фрезы, долбяки, протяжки, шевера и резьбонарезной инструмент только в пределах 1—3-го баллов.

Структуру быстрорежущей стали с мелкими равномерно распределенными карбидами можно получить лишь при многократной перековке или прокатке стали. Карбидная неоднородность уменьшается с увеличением числа проковок и уменьшением размеров сечения заготовки. Обрабатываемость материала необходимо рассматривать и в отношении таких факторов, как качество обрабатываемой поверхности при резьбонарезании, затыловании, зубообразовании в том случае, если эти операции являются окончательными. Не меньшее значение имеет обрабатываемость и для шлифовальных операций, в особенности таких, которые связаны с формированием профилирующих элементов инструмента.

При выборе марки стали для режущих инструментов необходимо принимать во внимание также и обрабатываемость в горячем состоянии, т.е. при ковке, штамповке, сварке, профильном прокате и завивке. Не меньшую роль играют также и условия термической обработки.

Наиболее важными факторами, определяющими выбор метода для изготовления требуемой заготовки, являются форма сечения, размер и состояние поставляемой стали.

Инструментальная сталь, применяемая для изготовления режущего инструмента, может поставляться в виде прутков круглого, прямоугольного и квадратного, сечения, листов, поковок, отливок, специальных прессованных профилей и биметаллических прутков.

По способу изготовления на металлургических заводах прутковую сталь подразделяют на кованую, горячекатаную, холоднотянутую, нешлифованную и шлифованную (серебрянку). Прутки из кованой стали имеют наибольшие отклонения по диаметру и их применяют для производства режущих инструментов крупных размеров с большими припусками на обработку.

Прутки из горячекатаной стали имеют несколько меньшие, но все же значительные отклонения по диаметру или по ширине и толщине; для прутков из быстрорежущих и легированных сталей отклонения односторонние, положительные, а для прутков из конструкционных углеродистых сталей — двусторонние (плюс и минус). Из-за неправильной геометрической формы прутки из горячекатаной стали слабо зажимают в цанговых патронах и их трудно обрабатывать на автоматах. Поэтому горячекатаную сталь применяют главным образом в единичном и серийном производстве, где обычно используют универсальное оборудование.

Прутки из холоднотянутой стали характеризуются хорошим состоянием поверхности, а также малыми отклонениями от номинального размера сечения, их обычно используют на токарных и отрезных автоматах и полуавтоматах. В отличие от прутков из горячекатаной стали припуски на последующую обработку заготовок из прутков холоднотянутой стали значительно меньше.

Прутки из шлифованной холоднотянутой стали имеют еще более жесткие допуски по диаметру. Сталь серебрянку изготавливают по 8—9-му квалитетам. Большим преимуществом этой стали является отсутствие на ее поверхности обезуглероженного слоя. Допуски на диаметр прутка из серебрянки 8-го квалитета принимают отрицательными и величины их для диапазона диаметров, наиболее употребительных при изготовлении режущего инструмента (8—30 мм), находятся в пределах 0,03 – 0,045 мм.

Допуски на сортамент стали серебрянки предусматривают минимально возможные припуски на обработку. Это исключает некоторые предварительные операции, необходимые при использовании прутков из горячекатаной стали, значительно упрощает технологический процесс изготовления режущего инструмента и сокращает расход инструментальной стали. Несмотря на указанные преимущества изготовление режущего инструмента из серебрянки ввиду ее высокой стоимости целесообразно только в условиях крупносерийного и массового производства и при изготовлении малогабаритного инструмента.

Заготовки в виде поковок характеризуются большими отклонениями от номинальных размеров и соответственно допусками на изготовление и при-

пусками на последующую обработку. Поковки целесообразно применять для изготовления крупногабаритного режущего инструмента, например дисковых трехсторонних, торцовых и зуборезных фрез, долбя ков и т. д.

В условиях крупносерийного производства поковки изготавливают в штампах, обеспечивающих получение деталей более сложных форм.

Изготовление заготовок способамиковки-штамповки преследует цель не только получения их размеров и форм, приближающихся к размерам и форме готового изделия, но и улучшения структуры металла, обеспечивающей большую стойкость режущего инструмента. Применяют также прессование, ротационное обжатие и другие способы. В условиях мелкосерийного производства поковки изготавливают в подкладных штампах, простых по устройству и дешевых в изготовлении.

С точки зрения лучшего использования металла большие преимущества имеют заготовки в виде отливок, специальных прессованных профилей и биметаллических прутков, приближающихся к форме готового инструмента.

Правильный выбор сортамента и марки инструментальной стали в состоянии поставки для изготовления заготовок режущего инструмента имеет большое значение, так как обеспечивает, во-первых, значительное сокращение отходов производства, что приводит к экономии дефицитного инструментального материала, и, во-вторых, целесообразное использование имеющегося в наличии оборудования, влияющего на снижение продолжительности производственного цикла. В конечном итоге, это повышает производительность труда и снижает себестоимость режущего инструмента.

Стержневой инструмент диаметром более 10 мм рекомендуется изготавливать из сварной заготовки. При этом только рабочую часть изготавливают из быстрорежущей стали. В качестве исходной заготовки из быстрорежущей стали диаметром до 50 мм и для хвостовой части из конструкционной стали применяют горячекатаный прокат. Для заготовок диаметром больше 50 мм, когда карбидная неоднородность стали свыше 4—5-го балла, часть заготовки из быстрорежущей стали изготавливают из поковки.

Стержневой инструмент диаметром менее 10—12 мм изготавливают цельным из горячекатаного проката. В крупносерийном производстве при изготовлении малогабаритного инструмента диаметром менее 12 мм, обрабатываемого на автоматах, рекомендуется применять заготовку из стали серебрянки.

Насадной цельный инструмент (фрезы цилиндрические, зенкера, развертки, метчики и др.) диаметром до 50 мм изготавливают из штучной заготовки, полученной из горячекатаного проката. Инструмент диаметром более 50 мм и резьбовые фрезы, шевера, червячные фрезы, долбяки изготавливают из поковки с карбидной неоднородностью по 3-му баллу.

В крупносерийном производстве заготовки дискового инструмента (долбяков, шеверов, трехсторонних фрез) рекомендуется штамповать. Для заготовок дискового инструмента с большим отношением диаметра к толщине и степени деформации при осадке заготовки более 75 % рекомендуется применять изотермическую штамповку.

В условиях крупносерийного и массового производства рекомендуется применять заготовки концевой инструмента (концевых фрез, зенкеров и др.), полученные прессованием, и заготовки (разверток, зенкеров, сверл, метчиков, концевых фрез), полученные гидродинамическим выдавливанием.

Перспективными являются заготовки, полученные из специальных профилей и биметаллических прутков, а также заготовки, полученные методом порошковой металлургии. Заготовки для корпусов сборных инструментов из конструкционной стали изготавливают из горячекатаного проката, а при отсутствии соответствующего размера — из поковки. В серийном производстве применяют штампованные заготовки корпусов сборных фрез в подкладных или стационарных штампах в зависимости от величины серии выпуска.

Острый дефицит вольфрама как в нашей стране, так и за рубежом, обусловил необходимость создания новых маловольфрамовых и безвольфрамовых инструментальных материалов. Быстрорежущие стали составляют наибольший удельный вес среди инструментальных материалов, применяемых при изготовлении режущего инструмента. В настоящее время основной быстрорежущей сталью при производстве режущего инструмента является сталь марки Р6М5.

В настоящее время разработаны и применяются маловольфрамовые быстрорежущие стали Р2М5 и А11РЗМЗФЗ, предназначенные для замены в определенных условиях обработки стали марки Р6М5.

Для расширения области замены вольфрамсодержащих сталей, а также повышения производительности обработки, маловольфрамовые стали легируют дополнительными элементами, такими, как кобальт, ванадий и др. В настоящее время разработаны и применяют специальные стали, которые позволяют расширить область замены стали Р6М5, а также в ряде случаев повысить скорость резания. Однако эти стали обладают худшей технологичностью, поэтому их более рационально применять для инструментов простой конфигурации. Рекомендуется при их шлифовании и заточке применять эльборовые шлифовальные круги.

Существенное повышение производительности обработки материалов резанием достигается при использовании режущего инструмента из твердых сплавов. Однако твердый сплав содержит значительно большее количество вольфрама по сравнению с быстрорежущей сталью, что приводит к повышению расхода дефицитного вольфрама, поэтому использование безвольфрамовых твердых сплавов приобретает особое значение. К безвольфрамовым твердым сплавам относятся сплавы на основе карбида титана и карбонитридов титана с никель-молибденовой связкой. В настоящее время разработаны и применяют безвольфрамовые сплавы КНТ-16 и ТН-20 и др. Сплав КНТ-16 рекомендуется применять при черновом точении, а сплав ТН-20 при непрерывной полустойковой обработке углеродистых и низколегированных сталей. Сплав КНТ-16 применяют для торцовых фрез, работающих с подачами не более 0,12 мм на зуб.

В связи с трудностями пайки безвольфрамовые твердые сплавы наиболее

целесообразно применять в виде неперетачиваемых пластин с механическим креплением.

При необходимости пайки безвольфрамовых твердых сплавов рекомендуется применять припой и флюс, нагрев производить с применением машинного генератора со скоростью нагрева  $15^{\circ}\text{C}$  в 1 с. Шлифование безвольфрамовых твердых сплавов рекомендуется производить электрохимическим, а заточку — электроалмазным способами.

В промышленности находит все большее применение монокристаллический инструмент. Для изготовления инструмента применяют заготовки, полученные методом спекания и пластифицированные. Заготовки в виде стержней или дисков изготавливают по методам спекания. Заготовки такого типа обрабатывают только шлифованием алмазными кругами. Обработка кругами из карбида кремния не рекомендуется. Так как сложный инструмент шлифовать трудно, для его изготовления применяют заготовки, которым до спекания придают требуемую форму механической обработкой.

В настоящее время выпускаются спрессованные цилиндрические или призматические неспеченные заготовки из пластифицированного твердого сплава. Пластификатором служит парафин. Пластифицированным заготовкам придается соответствующая форма механической обработкой обычным твердосплавным инструментом с увеличенными передними и задними углами при скорости резания 50 - 150 м/мин с небольшими подачами. Заготовки при спекании дают значительную усадку.

При построении технологического процесса изготовления инструмента из пластифицированных заготовок поверхности, являющиеся базовыми до спекания, используют как базовые после спекания.

Разработан также способ изготовления фасонных твердосплавных инструментов методом прессования. При этом методе фасонную заготовку изготавливают из пластифицированного сплава путем прессования в стальных прессформах. Методом прессования изготавливают дисковые модульные, прорезные и канавочные фрезы, винтовые пластинки и сверла.

Технология изготовления монокристаллических твердосплавных инструментов состоит из следующих операций; приготовление пластификатора; замешивание порошка твердого сплава с пластификатором; прессование заготовок; предварительное и окончательное, спекание по режиму, зависящему от марки твердого сплава.

Разработан способ изготовления монокристаллического твердосплавного инструмента методом прессования с продавливанием через матрицу. Твердосплавную порошкообразную смесь с пластификатором прессуют в брикеты, которые помещают в специальный контейнер с твердосплавной матрицей и затем продавливают через нее. Эти заготовки подвергают спеканию в водородной среде. Таким способом изготавливают мелкие твердосплавные сверла, зенкеры, развертки и др. После спекания заготовки шлифуют и затачивают.

В качестве инструментальных сверхтвердых материалов применяют синтетические поликристаллы алмаза (СПА), синтетические поликристаллы нит-

рида бора (СПНБ) и композиты. Поликристаллы изготавливают преимущественно двумя способами синтезом исходных материалов и спеканием порошков. СПА марок АСБ5, АСБ6 получают прямым синтезом из графита. Поликристаллы алмаза марки СВС получают спеканием алмазных порошков. СПА рекомендуется применять для резцов при обработке твердых сплавов, цветных металлов и их сплавов, титановых сплавов, керамики, стеклопластики.

Поликристаллы на основе нитрида бора (эльбор-Р, белбор и др.) получают синтезом из гексагонального и других модификаций нитрида бора. Эльбор-Р выпускают в виде цилиндров, освоено также производство пластинок. Его рекомендуется применять для резцов и фрез, используемых при финишной обработке деталей из закаленных конструкционных углеродистых, легированных и быстрорежущих сталей, а также высокопрочных чугунов. В ряде случаев обработка эльбора-Р может заменить шлифование. При обработке эльбором обеспечивается более высокое качество поверхности по сравнению со шлифованием, так как при этом уменьшаются структурно-фазовые изменения, шаржирование абразивом, а также микротрещины, прижоги и др. Производительность при использовании эльбора-Р значительно выше, чем при шлифовании.

Гексанит-Р получают спеканием вюрцитоподобного нитрида бора (ВНБ) и выпускают в форме цилиндриков. Резцы и сборные фрезы из гексанита-Р предназначены для обработки закаленных сталей, чугунов, твердых сплавов группы ВК. При фрезеровании закаленных сталей и чугунов гексанит-Р имеет большую износостойкость, чем эльбор-Р. Сверхтвердый материал ПТНБ получают спеканием смеси кубического нитрида бора КНБ и ВНБ в виде цилиндриков.

При обработке прерывистых поверхностей термически необработанных сталей ПТНБ эффективнее эльбора-Р. Резцы из ПТНБ при обработке закаленных сталей не уступают эльбору-Р, однако они не пригодны для обработки сталей, содержащих кремний, ванадий, хром, никель. Во многих странах выпускают композиты, состоящие из разнородных материалов, получаемые спеканием смеси порошков алмаза и КНБ или ГНБ; композит марки ДАП получают спеканием порошков алмазов с пластинкой из твердого сплава, двухслойный, комплекс «Брикет» получают спеканием порошков КНБ с пластикой из твердого сплава.

Алмазы синтетические и природные применяют в основном для токарной обработки цветных металлов, пластмасс и керамики. Перспективными материалами для металлорежущего инструмента являются минералокерамические материалы на основе окиси алюминия.

По сравнению с твердыми металллокерамическими сплавами минералокерамика имеет следующие преимущества: повышенная красностойкость, обеспечивающая обработку сталей большей твердости; высокая, износоустойчивость, позволяющая применять ее для таких инструментов, к которым предъявляют особые требования в отношении размерной стойкости; пониженная

склонность к слипанию с обрабатываемым материалом, меньшее наростообразование; большая экономичность благодаря дешевизне материала, и отсутствию или малому содержанию таких ценных компонентов, как вольфрам, титан, кобальт и др. Недостатки минералокерамики: малое сопротивление разрушению от растягивающих напряжений, пониженная пластичность, низкая ударная вязкость.

В настоящее время минералокерамику используют для оснащения инструмента, работающего на получистовых и чистовых операциях при точении, растачивании и фрезеровании. Физико-механические свойства минералокерамики улучшают, применяя различные добавки титана, вольфрама, бора, молибдена и др. Минералокерамические сплавы выпускают в виде многогранных неперетачиваемых пластин с механическим креплением и в виде напайных пластин для неразъемного соединения с корпусом.

## **27 ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

К заготовительным операциям технологического процесса относятся правка прутков и проволоки, отрезка заготовок, ковка, штамповка, прессование и редуцирование заготовок, подготовка под сварку, сварка и пайка заготовок, отжиг заготовок, обработка торцов и центрование заготовок стержневого инструмента.

Правка проката предшествует его резке на заготовки нужной длины, которые в некоторых случаях также подвергают правке. Правкой уменьшают припуск на последующую механическую обработку заготовки. Прутки правят на правильно-калибровочных станках, прутки и проволоку, поставляемые в бухтах, — на правильно-отрезных станках.

Отрезку заготовок можно производить на приводных ножовочных станках, фрезерно-отрезных станках и полуавтоматах, токарно-отрезных, ленточно-пильных и абразивно-отрезных станках, а также рубкой на прессах и заготовительных ножницах.

Ножовочные станки характеризуются малой производительностью, применяют их главным образом в единичном производстве. Фрезерно-отрезные полуавтоматы применяют для отрезки заготовок диаметром до 240 мм с помощью дисковой пилы, оснащенной сегментами из быстрорежущей стали. Так как отрезка широкой пилой дает большие потери металла, на этих станках целесообразно отрезать заготовки крупных сечений из конструкционной углеродистой и конструкционной легированной сталей.

Токарно-отрезные станки работают одним или двумя резцами. Для них характерна значительно большая производительность, чем при обработке на ножовочном станке. Эти станки рекомендуют для резки заготовок большого диаметра. Токарно-отрезные автоматы вертикального типа применяют в серийном производстве для отрезки заготовок диаметром до 40—50 мм. На токарно-отрезных автоматах возможно образование торца необходимого профиля при обеспечении хорошего качества поверхности торца. Например, при из-

готовлении сверл и метчиков из серебрянки при отрезке заготовки образуются обратные центры.

Абразивно-отрезные станки применяют для отрезки заготовок с помощью узких шлифовальных кругов на вулканитовой или бакелитовой связке. Резка на абразивно-отрезных станках является наиболее универсальной для получения заготовок независимо от их твердости и одной из наиболее производительных. Ленточные пилы представляют собой станки с бесконечным ножовочным полотном. Преимуществом этих станков является высокая производительность при малой ширине реза. Ленточные станки применяют для отрезки заготовок диаметром до 250 мм и больше, их рекомендуют для отрезки заготовок из быстрорежущей стали.

Эксцентриковые прессы и заготовительные ножницы применяют при рубке заготовок в крупносерийном и массовом производстве. При этом способе получения заготовок нет потери материала и достигается максимальная производительность. Однако при рубке заготовок даже при использовании специальных штампов неизбежно возникает смятие прилегающих к торцу участков периферии заготовки и самой плоскости торцов, что вызывает необходимость их дополнительной обработки. Заготовки из быстрорежущей стали длиной выше 20 мм рубят с подогревом. Рубку рекомендуется применять лишь для получения заготовок под ковку и штамповку корпусов сборного инструмента и хвостовиков концевой инструмента под сварку.

Обработка торцов и центровка заготовок. В единичном производстве торцы подрезают на токарных станках, а центрование заготовок производят на вертикальных или горизонтальных сверлильных или центровальных станках. В серийном и массовом производстве обычно применяют станки для обработки торцов и центрования. Для подрезки торцов и центрования заготовок диаметром 50 мм и выше применяют двух- или многошпиндельные фрезерно-центровальные станки, причём торцы фрезеруют в одной позиции, а центрование гнёзд – в другой. Для обработки торцов и центрования заготовок (рисунок 128) малых и средних размеров используют станки для одновременной обработки обоих торцов комбинированными блоками инструментов неподвижно закреплённой заготовки. Комбинированный блок инструментов состоит из центровочного сверла и многогранной пластинки и он работает с осевой подачей. Обработку торцов и центрование производят одновременно с двух сторон, что значительно снижает погрешность взаимного расположения центровых отверстий. Патрон для подрезки и одновременной зацентровки приведён на рисунке 129.

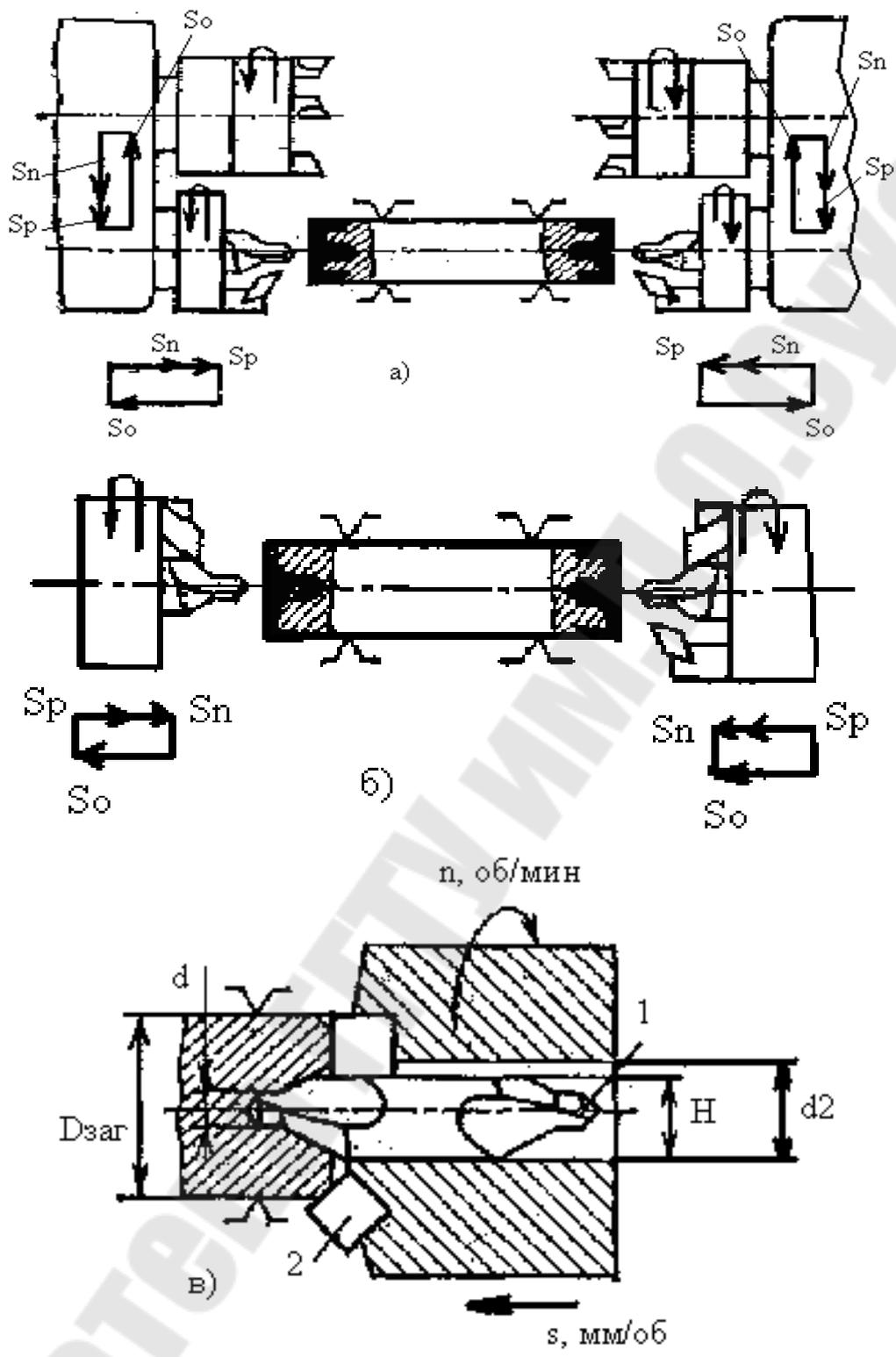


Рисунок 128 – Подрезка торцов и центрование:  
 а – последовательно; б, в – комбинированно

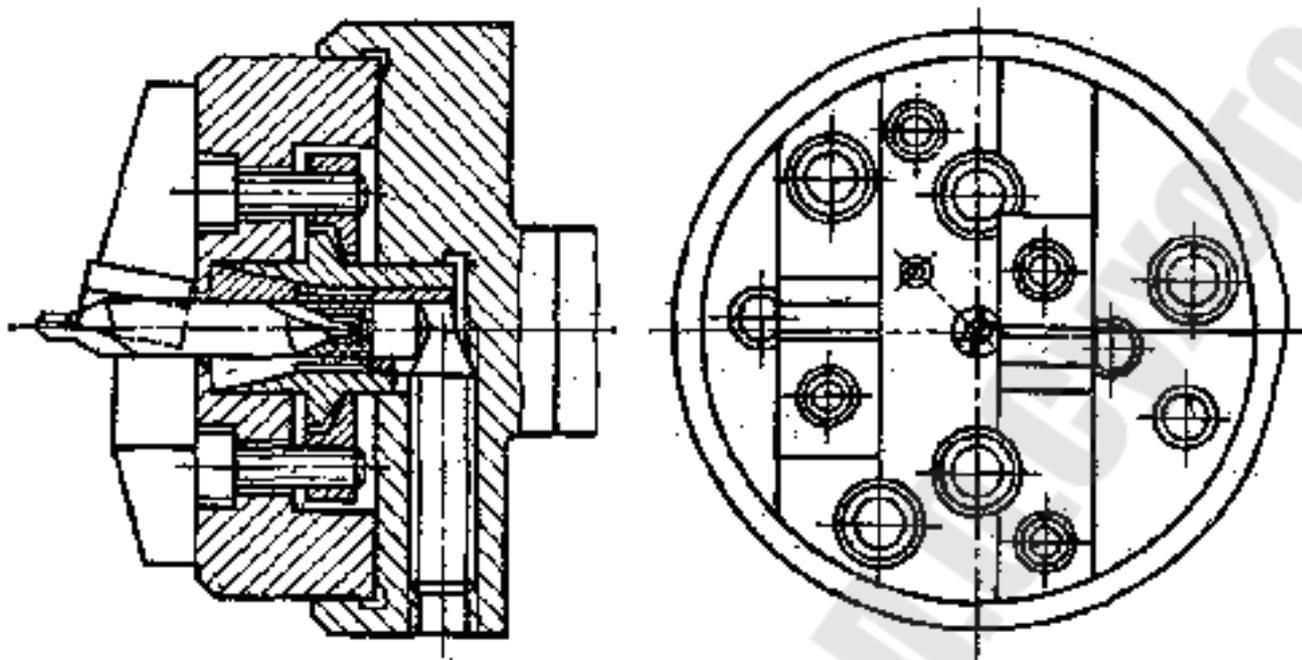


Рисунок 129 – Патрон для подрезки и одновременной зацентровки торцов

### 27.1. Ковка и штамповка в инструментальном производстве

Ковку заготовок из быстрорежущей стали применяют для улучшения структуры по карбидной неоднородности, а также для уменьшения припуска на механическую обработку. Ковке обычно подвергают прокат диаметром свыше 50 мм.

Карбидная неоднородность устраняется тем значительнее, чем больше степень деформации, поэтому ковку заготовок надо производить путем переменной осадки и вытяжки. Для улучшения структуры зуборезного и резьбонарезного инструмента рекомендуется проводить многократную осадку заготовки с промежуточной вытяжкой (коэффициент вытяжки 60-70), что улучшает структуру стали и стойкость режущего инструмента. Трехкратная вытяжка и трехкратная осадка дает возможность снизить карбидную неоднородность на один-полтора балла.

Температура нагрева дляковки не должна быть очень высокой во избежание излишнего окисления стали и коагуляции карбидов при длительном прогреве заготовки. Верхний предел нагрева заготовок из быстрорежущей стали Р9К5 и Р9КЮ под ковку рекомендуется 1140—1180°C, нижний предел концаковки проката 900—920°C, для стали Р6М5 верхний предел нагрева поковку 1080—1120°C, нижний 870—900°C.

В связи с малой теплопроводностью быстрорежущей стали требуется медленный нагрев до температуры 750—850°C. Заготовки диаметром свыше 50—60 мм сначала помещают в печь с температурой 400—500°C и медленно нагревают, до температуры 780—820°C (в области превращения перлита в аустенит) со скоростью 7—8 мин на 10 мм сечения и выдерживают при этой температуре. Более мелкие заготовки (диаметром меньше 50 мм) можно сразу помещать в печь с температурой 780—820°C. Для крупных заготовок диаметром больше 60—80 мм необходима выдержка при температуре 850—900°C.

Дальнейший нагрев до температурыковки надо производить ускоренно из расчета примерно 5 – 6 мин на каждые 10 мм сечения. Излишняя выдержка и замедленный нагрев при высоких температурах усиливают окисление и обезуглероживание.

**Штамповка.** В условиях серийного и массового производства инструмента для приближения формы заготовок к форме готового инструмента рекомендуется применять штамповку заготовок инструмента. В настоящее время применяют горячую штамповку резцов и насадного инструмента (долбяков, насадных фрез) и холодную штамповку дисковых отрезных пил, отрезных резцов из полосы, гибку державок резцов. Применение штамповки повышает коэффициент использования металла на 25—50 %, при этом снижается карбидная неоднородность металла, улучшаются механические свойства инструмента и снижается трудоемкость механической обработки за счет уменьшения припусков.

В качестве примера на рисунке 130 приведена схема двухручьевого штампа для безоблойной горячей штамповки долбяков. Подготовительный ручей открытого типа для осадки (рисунок 130, а) служит для уменьшения степени деформации в окончательном ручье и создания центрирующего углубления, по которому фиксируется заготовка в окончательном ручье. При осадке с нагретой заготовки удаляется окалина. В окончательном ручье штампа закрытого типа с замком (рисунок 130, б) получается безоблойная заготовка.

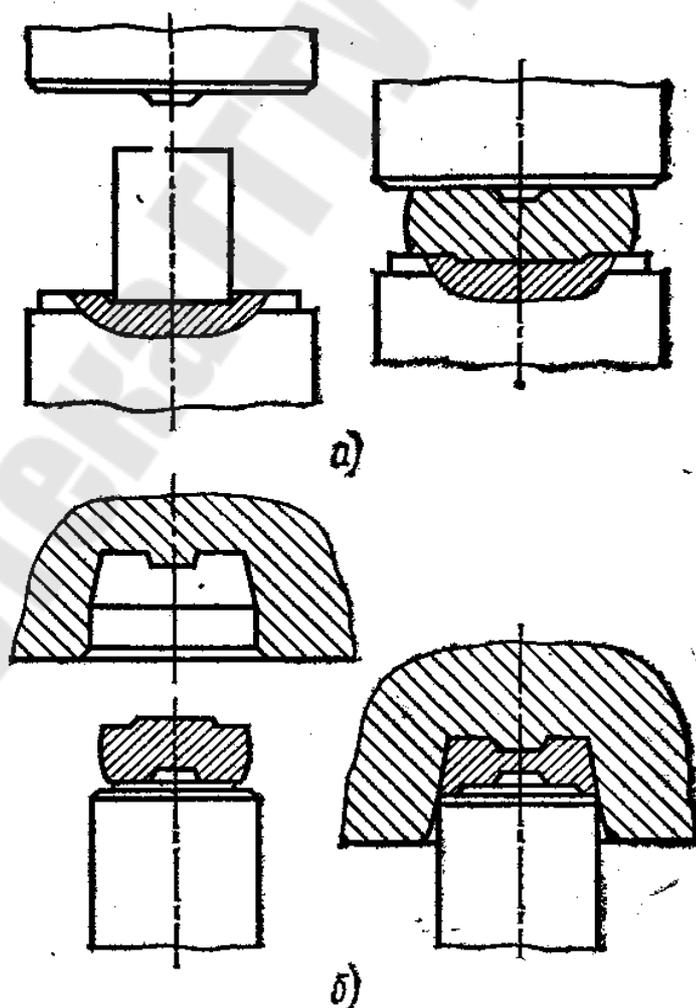


Рисунок 130 – Штамп для безоблойной штамповки долбяков

Материал заготовок — горячекатаная сталь. Размер заготовки определяют, исходя из объема металла, необходимого для заполнения окончательного ручья с учетом угара при нагреве. При нагреве в плазменной печи угар равен 3 %, при индукционном нагреве — 1 %. Исходную заготовку по высоте принимают в пределах 1,5 диаметра. В связи с тем, что штамповка ведется в закрытом штампе, к размерам заготовки предъявляют повышенные требования. Заготовка имеет допуск по длине +1 мм. Длину заготовки рассчитывают с учетом допуска на диаметр.

Заготовки под штамповку нагревают в плазменных печах или на высокочастотной установке. Штампованные заготовки из быстрорежущей стали во избежание трещин помещают для остывания в сборник с температурой 500—600°С и охлаждают вместе с печью. После остывания штампованные заготовки подвергают изотермическому отжигу.

При получении заготовки из листового материала для отрезных и прорезных пил, сегментов применяют холодную штамповку, которую осуществляют на кривошипных или фрикционных прессах.

## **27.2. Заготовки, получаемые литьём в инструментальном производстве**

Применение заготовок, полученных литьём, является важным фактором в экономии инструментальных материалов. При изготовлении инструмента из проката или поковок масса заготовок в 1,5—2 раза превышает массу готового инструмента и в среднем 50 % металла уходит в стружку.

Трудоемкость изготовления режущего инструмента из литых заготовок значительно ниже трудоемкости изготовления инструмента из поковок или проката.

Красностойкость и износостойкость инструмента, изготовленного из литой заготовки, равна или даже выше, чем износостойкость инструмента, изготовленного из ковanej стали; вязкость литой быстрорежущей стали ниже вязкости ковanej. Рекомендуются из литой быстрорежущей стали изготавливать инструменты в тех случаях, когда основным требованием, предъявляемым к инструментам, является износоустойчивость. Нецелесообразно применять литые заготовки для инструментов, требующих высокой прочности и работающих с ударными нагрузками. Для литых заготовок инструмента в качестве материала используют отходы быстрорежущей стали, изношенный инструмент и незначительное количество шихтового материала.

Для снижения объемной усадки сталей, повышения жидкотекучести и, как следствие, устранения в отливках пористости и газовых раковин, а также для получения более четкого отпечатка литейной формы рекомендуется применять сталь с повышенным содержанием углерода.

Во всех литейных сталях условием для обеспечения хорошей раскисленности, а следовательно, и отсутствия газовых раковин является повышенное содержание в них основных раскисляющих элементов марганца и кремния. За счет высокой скорости кристаллизации слитка первичное зерно в литых заготовках очень мелкое, но его можно уменьшить путем модификации стали,

например силикокальцием.

Для получения заготовок инструмента применяют следующие виды литья.

1. По выплавляемым моделям — для сложного мелкого и насадного инструмента диаметром до 80 мм.

2. Литье в оболочковые формы, изготавливаемые из песчано-смоляных смесей. Наиболее целесообразно применять этот вид литья для отливок концевой инструмента. Максимальная масса отливки 20 кг. Для уменьшения пригара при оболочковом литье рекомендуется применять специальную огнеупорную облицовочную краску. Керамические формы рекомендуется применять при массе отливки выше 20 кг.

Все литые заготовки из быстрорежущей стали подвергают отжигу по стандартным режимам, с той лишь разницей, что время выдержки в период изотермического распада увеличивается до 2 раз. При этом в литых заготовках получается более равномерная микроструктура. Термическая обработка инструментов, полученных литьем, идентична термической обработке инструмента, изготовленного из проката. Различие заключается в том, что время нагрева под закалку должно быть увеличено на 30—50 %.

### **27.3. Заготовки, получаемые сваркой в инструментальном производстве**

В инструментальном производстве при изготовлении хвостового и стержневого инструмента широко применяют стыковую электросварку рабочей части из быстрорежущей стали и нерабочей части из конструкционной или инструментальной углеродистой стали.

Контактная стыковая сварка давлением — процесс соединения металлов при совместной упругопластической деформации и образовании между соединяемыми поверхностями металлической связи. Этот вид сварки подразделяют на сварку сопротивлением и сварку оплавлением. Сварка оплавлением имеет две разновидности: сварка непрерывным оплавлением и оплавлением с предварительным подогревом. При сварке с непрерывным оплавлением процесс состоит из двух основных стадий — оплавления и осадки, при сварке с подогревом из трех — подогрева, оплавления и осадки. При сварке методом непрерывного оплавления свариваемые заготовки, подключенные последовательно во вторичную обмотку сварочного трансформатора, подводятся друг к другу. Между торцами заготовок в некоторых точках возникает электрический контакт, имеющий высокое сопротивление из-за малой площади, участки контакта быстро плавятся. При дальнейшем сближении торцов заготовок эти явления повторяются на других контактных участках и так до тех пор, пока вся поверхность торцов не будет оплавлена, а торцы нагреты до температуры, необходимой для сварки давлением. Затем ток выключается, заготовки сдавливаются, происходит процесс сварки. Недостаток этого метода — повышенный расход металла на оплавление.

Процесс сварки с подогревом отличается от процесса сварки непрерывным оплавлением тем, что торцы свариваемых деталей сначала подогреваются путем многократного контактирования под напряжением, а затем происходит

их оплавление и сварка. С использованием этого метода работают все электро-стыковые сварочные машины.

При мелкосерийном производстве режущего инструмента применяют электросварочные машины с ручным управлением, при крупносерийном производстве — электросварочные полуавтоматы.

При контактной сварке нагрев осуществляется преимущественно за счет тепла, выделяемого в месте контакта свариваемых заготовок при прохождении тока. Следовательно, процесс сварки можно регулировать путем изменения мощности или времени сварки. Потребная мощность для сварки определяется в зависимости от площади свариваемого сечения и химического состава свариваемых заготовок.

Сварка трением является разновидностью сварки давлением. Сварное соединение образуется в результате совместного пластического деформирования соединяемых деталей в твердой фазе. Нагрев свариваемых поверхностей происходит в результате их трения, при этом механическая энергия непосредственно преобразуется в тепло. Причём генерирование тепла происходит строго локализованно в тонких поверхностных слоях металла. При сварке трением одну из свариваемых заготовок закрепляют на шпинделе станка, и она вращается вместе с ним для создания взаимного скольжения торцов и их разогрева, другую заготовку неподвижно закрепляют на продольном суппорте, и она получает вместе с суппортом продольное перемещение до соприкосновения с торцом вращающейся заготовки с заданной силой.

Выделяющееся при трении тепло разогревает торцы заготовок, вращение шпинделя прекращается, заготовки поджимаются суппортом и производится их соединение; Величина силы осадки, обеспечивающая выдавливание промежуточного слоя в гарт, определяется свойствами быстрорежущей стали и глубиной прогрева торцов стержней.

Основными преимуществами сварки трением по сравнению со стыковой электросваркой являются сокращение расхода свариваемых материалов; значительная экономия электроэнергии; высокая производительность процесса; повышенная точность сварки с меньшим процентом брака; легкость автоматизации процесса; лучшие условия труда сварщиков и высокое качество сварного шва.

Сварку трением в инструментальном производстве применяют при стыковой сварке заготовок круглого сечения и сварке сломанного инструмента. Для снятия напряжений, возникающих в металле при сварке, и уменьшения твердости сварного шва, заготовки после сварки должны медленно остывать в печи или в ящике с песком, после чего заготовки подвергают отжигу.

#### **27.4. Приваривание и припаивание режущих пластин из быстрорежущей стали в инструментальном производстве**

На державки из конструкционной стали приваривают пластины из быстрорежущей стали с помощью сварочных порошков, температура плавления которых близка к температуре закалки быстрорежущей стали. В качестве ком-

понентов сварочного порошка применяют ферромарганец и переплавленную буру, добавляют также в небольших количествах, ферросилиций, стальную и медную стружку. Места приварки на державке и пластинке механически обрабатывают. В гнездо под пластинку насыпают сварочный порошок, укладывают пластинку из быстрорежущей стали и сварочным порошком заполняют зазор между торцовыми поверхностями пластинки и стенками паза. В пламенной печи в первом окне резец предварительно подогревается до температуры 850—900 °С, и затем во втором окне резец нагревается до температуры плавления сварочного порошка (1180—1195 °С). Пластину с помощью ручного пресса быстро прижимают к державке и выдерживают до затвердения припоя. Резец с приваренной пластинкой отжигается, закаливается и отпускается по режиму закалки быстрорежущей стали.

Иногда применяют нагрев под пайку с помощью стыковой сварочной машины или на установках ТВЧ. Сварочный порошок из ферромарганца обеспечивает прочное крепление пластинок, однако образующийся шов не поддается обработке резанием. Для пайки многолезвийного инструмента рекомендуется сварочный порошок, обладающий удовлетворительной обрабатываемостью после отжига. К порошку добавляют водный раствор жидкого стекла для получения тестообразной пасты, которую наносят на поверхность пластинки и паза в корпусе. Ножи и пазы в корпусе имеют клиновидную форму.

После нанесения пасты ножи легкими ударами запрессовывают в пазы. Инструмент в собранном виде обвязывают мягкой проволокой и просушивают в теплом месте в течение 2—3 ч. Процесс пайки начинают с предварительного нагревания инструмента в печи до 700—800 °С, после чего его нагревают в пламенной печи до температуры 1280 °С. Чтобы в момент схватывания сварочного порошка пластинка плотно села в пазы инструмента, вынутый из печи, 5—8 раз прокатывают на металлической плите или сжимают в пневматическом приспособлении.

Заготовку с припаенными пластинками подвергают отжигу, механической обработке и закалке по технологическому процессу целого инструмента.

Припаивание термически обработанных пластин. Быстрорежущие стали повышенной и некоторые стали нормальной теплостойкости, имеющие температуру кратковременного отпуска 600—620 °С отличаются повышенной красностойкостью и возможностью кратковременного нагрева без снижения твердости, красностойкости, прочности и режущих свойств. Указанные свойства быстрорежущей стали при использовании серебросодержащего припоя ПСр40 дают возможность припаивать окончательно термически обработанные пластины из быстрорежущей стали к корпусу или к державке. Пайку производят с нагревом ТВЧ в петлевом индукторе. Рекомендуется паз в корпусе инструмента с находящимся в нём припоем и флюсом предварительно подогреть, после чего положить в паз припоя пластинку и включением и выключением тока в индукторе равномерно прогреть место пайки.

Конструкция и технология изготовления инструмента с пластинами из быстрорежущей стали аналогична конструкции и технологии изготовления ин-

струмента из твердого сплава.

### **27.5. Наплавление режущих частей в инструментальном производстве**

Одним из способов, дающих большую экономию быстрорежущей стали, является наплавление быстрорежущей стали на корпус из углеродистой или легированной конструкционной стали. Существуют два вида наплавления: ручное и автоматическое. Ручное наплавление применяют при восстановлении инструмента и при изготовлении однолезвийного инструмента. Автоматическое электрическое наплавление под слоем флюса применяют при изготовлении многолезвийного инструмента.

Рекомендуется наплавление производить неплавящимся электродом в защитной среде инертного газа в один или несколько слоев. Особенностью способа является свободное формирование наплавленного металла на заготовке. Наплавление по открытой поверхности заготовки исключает перемешивание наплавленного и основного металлов.

### **27.6. Припайвание режущих пластин из твёрдого сплава в инструментальном производстве**

При необходимости обеспечения высокой жесткости инструмента и в тех случаях, когда конструктивно затруднено применение твердосплавного инструмента с механическим креплением применяют твердосплавный инструмент с напаянными пластинками. Особенностью напайки твердосплавных пластин является то, что соединяются два совершенно различных материала. Коэффициент линейного расширения стали примерно в 2 раза больше, чем твердого сплава, что приводит в процессе охлаждения к деформации пластинки и державки, вызывая в них значительные напряжения, которые могут привести к появлению трещин в твердом сплаве, шве и корпусе инструмента.

Соединенные припоем твердый сплав и сталь, охлаждаясь будут упруго взаимодействовать через припой и после остывания будут иметь общую длину. При этом твердый сплав окажется сжатым, а сталь растянутой.

Низкая теплоемкость твердых сплавов в сочетании с высоким электрическим сопротивлением обуславливает более быстрый нагрев твердого сплава, чем стали. Пониженная теплопроводность создает при нагреве и охлаждении резкие перепады температуры, вследствие чего из-за пониженных прочностных характеристик твердого сплава при растяжении могут образовываться трещины.

Технология пайки должна обеспечить достаточно прочное соединение пластинки твердого сплава с корпусом и цельность пластинки твердого сплава в процессе изготовления и эксплуатации.

Снижение остаточных напряжений в паяных соединениях и уменьшение трещинообразования в твердом сплаве должно быть достигнуто:

- а) увеличением толщины корпуса или уменьшением толщины пластинки;
- б) применением корпуса из сталей, способствующих снижению остаточных напряжений в паяных соединениях;

в) применением низкотемпературных пластичных припоев, обеспечивающих меньший перепад температуры при охлаждении паяного соединения и большую возможность пластической деформации паяного шва;

г) увеличением толщины слоя припоя за счет применения компенсационных прокладок, имеющих коэффициент линейного расширения промежуточный между коэффициентами стали и твердого сплава, или кернением поверхности соединения;

д) закаливанием стального корпуса инструмента в процессе его охлаждения после пайки при этом объем корпуса увеличивается и внутренние напряжения в паяном соединении уменьшаются;

е) применением релаксационного отпуска при этом снижаются внутренние напряжения за счет увеличения ползучести припоя.

Пластины, имеющие коробление, шлифуют на плоскошлифовальных станках алмазными шлифовальными кругами или подвергают электрохимической обработке. Закрытые лазы изготавливают с учетом обеспечения плотной посадки пластинок.

Перед пайкой инструмент с полузакрытыми и закрытыми пазами собирают. Пластины крепят по возможности подчеканкой. Для крепления пластин подчеканкой у многолезвийного инструмента оставляют по передней поверхности технологическую стенку, которую удаляют после пайки заточкой. В некоторых случаях пластины можно крепить штифтами или обматывать мягкой проволокой, а также асбестовым шнуром.

Способы пайки выбирают в зависимости от способа нагрева инструмента. Различают лайку индукционную, печную в печах с мазутным или газовым нагревом, контактную, пламенную, погружением в расплавленную припой и погружением в расплавленные соли.

### **27.7. Клеевые соединения режущих пластин в инструментальном производстве**

Клеевые соединения обеспечивают повышенные эксплуатационные свойства инструмента благодаря сохранению исходных физико-механических свойств материалов, склеиваемых при низких температурах. Особенно эффективно применение метода склеивания для крепления трудноспаиваемых и несвариваемых инструментальных материалов, например безвольфрамовых твердых сплавов, керамических и синтетических сверхтвердых материалов. Склеивание эффективно применять для инструментов, работающих при низких температурах. Марку клея назначают в зависимости от условий работы. В качестве клея применяют, например, эпоксидно-фенольные смолы, эпоксисиликоновый органический клей и другие, имеющие теплостойкость 250°C.

### **27.8. Закрепление кристаллов из сверхтвёрдых материалов в инструментальном производстве**

Для алмазных резцов применяют следующие методы крепления кристалла в державке:

- а) пайка алмаза в открытом пазу;
- б) прессование алмазов в металлокерамические вставки и крепление последних с помощью механических прижимов в державке;
- в) зачеканка алмазов в закрытом пазу державки твердым припоем.

Преимуществами пайки является простая конструкция и небольшие габаритные размеры инструмента, высокая прочность и надежность крепления кристаллов, возможность использования кристаллов сравнительно небольших размеров. Недостатками метода крепления пайкой является нежелательный нагрев кристалла, необходимость подгонки поверхностей кристалла и державки. Частично эти недостатки устраняются при металлизации кристаллов. Металлизация осуществляется, главным образом, электролитическим способом. В качестве покрытия используют металлы с хорошими адгезионными и капиллярными свойствами по отношению к алмазу.

Кроме электролитического известны еще некоторые способы металлизации алмазов: вакуумное напыление металлических частиц на поверхность алмаза, нанесение металлической пленки с помощью тлеющего разряда и др.

Методом порошковой металлургии изготавливают вставки с режущим элементом из эльбора-Р, устанавливаемые в державку. Заготовку из эльбора-Р прессуют совместно с шихтой на основе железного порошка. Полученный агрегат спекают в водородной печи, затем выполняют механическую обработку металлической части, в результате которой формируется корпус вставки.

Перспективным является метод клеевого соединения. Клеевые соединения имеют все положительные стороны паяных, но не требуют сложной оснастки и очень высоких температур. По этому признаку склеивание относится к низкотемпературным методам. При выборе типа клея необходимо учитывать его твердость, прочность на сдвиг, растяжение и сжатие. Для улучшения работоспособности соединения в состав клея вводят наполнители типа кварцевой муки, алюминиевой или цинковой пудры. Улучшению прочности клеевого соединения способствует также предварительная металлизация сверхтвердых вставок.

## **28 МЕТОДЫ ПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

В условиях крупносерийного и массового производства наиболее эффективным по коэффициенту использования металла и производительности является формообразование методом пластического деформирования. Применяют горячее прессование заготовок концевых фрез и метчиков. В процессе прессования формируется одновременно режущая и хвостовая часть с минимальным припуском под последующую механическую обработку.

Гидродинамическим выдавливанием образуются канавки разверток, фрез, метчиков, сверл путем прессования через матрицу нагретой заготовки в условиях всестороннего сжатия.

Для образования винтовых канавок, спинок и ленточек на заготовках сверл диаметром 13—55 мм применяют горячую вальцовку заготовок с после-

дующей завивкой винтовых канавок. Редуцированием (проталкиванием заготовки пуансоном через редуцирующий фильер) получают ступенчатые заготовки рабочей и хвостовой частей концевой инструмента. Ротационным обжатием (ковкой или прессованием в радиальном направлении в условиях трехстороннего сжатия) образуют стружечные канавки и квадраты на метчиках, коническую часть хвостовиков и др.

### 28.1. Прессование инструмента в специальных штампах

В процессе прессования формируются сразу режущая и хвостовая части с минимальным припуском под последующую механическую обработку или шлифовку. Нагретую до температуры 1000—1200°C заготовку закладывают в контейнер 1 (рисунок 131), который подогревается электрической печью 2 до температуры 400 °С.

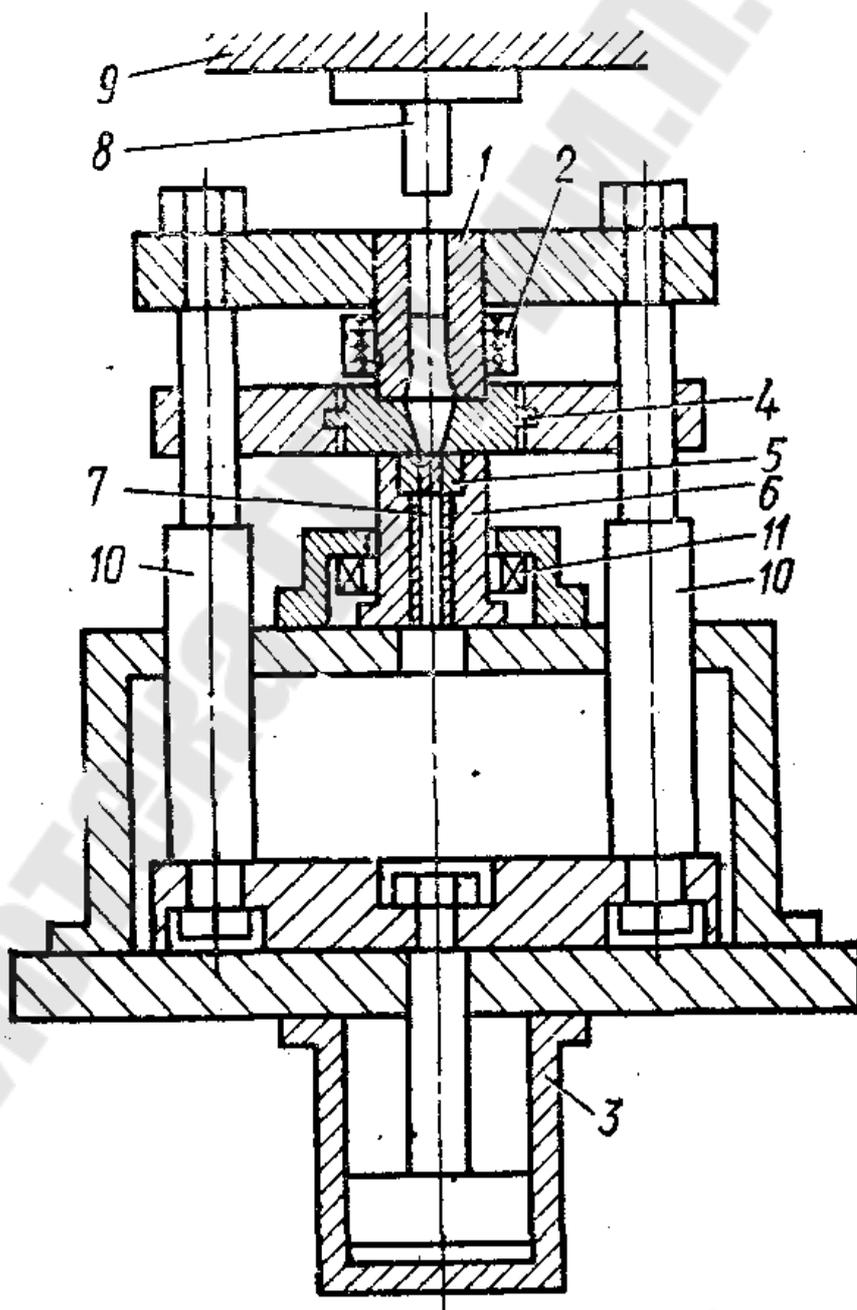


Рисунок 131 – Штамп для горячего прессования инструмента

К моменту начала прессования поршень под давлением, развиваемым в нижнем цилиндре 3, плотно прижимается контейнер 1 к съемному кольцу, которое в свою очередь прижимается к матрице 5, укрепленной на опорно-поворотной стойке 6. При рабочем ходе пуансона 8 заготовка прессуется. В стойке 6 предусмотрена направляющая втулка 7, предохраняющая рабочую часть заготовки от искривления. По окончании рабочего хода пуансон, укрепленный на подвижной траверсе 9, переходит в исходное положение. Ходом штока нижнего цилиндра 3 с помощью тяг 10 контейнер 1 снимается с поковки (хвостовика концевого инструмента), удерживаемой матрицей 5 и съемным кольцом, и поднимается вверх. В некоторый момент подъема контейнера благодаря выступам на тягах 10 начинает подниматься подъемное кольцо 4, увлекая за собой поковку, которая своей винтовой частью удерживается в матрице. Приложенное к упаковке усилие вызывает подъем опорно-поворотной стойки 6, фланец которой, войдя в соприкосновение с подшипником 11, получает вращательное движение, в результате чего матрица свинчивается с удаляемой поковки.

Матрицы изготавливают из дисперсионно-твердеющих сплавов литьем по выплавляемым моделям. В качестве технологической смазки применяют графито-масляную смесь.

## 28.2. Гидродинамическое выдавливание инструмента

Горячее гидродинамическое выдавливание заключается в выдавливании через матрицу, имеющей профиль сечения инструмента, нагретой до ковочной температуры заготовки с применением промежуточной графитовой среды. Этот метод допускает степень деформации до 75 %. Гидродинамическим выдавливанием образуются канавки разверток, зенкеров, сверл, концевых фрез и др. Шероховатость поверхности выдавленных поверхностей  $Ra = 2,5-1,0$  мкм, точность размеров в пределах 0,2—0,3 мм.

При горячем гидродинамическом выдавливании (ГГДВ) создаются наиболее благоприятные условия всестороннего неравномерного сжатия, достигается минимальное значение коэффициента трения и максимальное приближение к изотермическому деформированию.

Отсутствие непосредственного контакта с инструментом повышает равномерность распределения деформаций в деталях, способствует повышению пластичности обрабатываемого металла и стойкости штамповочного инструмента. Конструкция штампа позволяет совместить пластическое формообразование заготовки с термомеханическим упрочнением. Рекомендуемые режимы ГГДВ для стали Р6М5: температура аустенизации 1210—1230°C, температура деформации  $1000 \pm 50$  °C, степень деформации 0,7—0,9, температура отпуска 560 °C.

Горячее выдавливание можно производить на кривошипном прессе. На рисунок 132, а представлена схема гидродинамического выдавливания. В начальный момент выдавливания пуансон 4 через графитовый вкладыш 3 передает давление на нижний торец заготовки 2 (нагретый до закалочной темпе-

ратуры 1230—1245°С), острые края которой начнут пластически деформироваться до тех пор, пока усилие деформации не превысит усилие разрушения вкладыша. В результате создается плотное соединение заготовки с входным конусом матрицы 5, препятствующее истечению материала промежуточной среды (графита) сквозь очко матрицы. По мере нарастания давления разрушаемый пуансоном графитовый материал заполняет свободное пространство вокруг заготовки и частично затекает в зазор между контейнером 1 и пуансоном 4.

В дальнейшем порошкообразная графитная среда уплотняется до такой степени, что довольно равномерно распределяет давление пуансона по торцевой и боковой поверхностям заготовки. Таким образом, при гидродинамическом выдавливании заготовка подвергается всестороннему сжатию и начинает пластически деформироваться путем истечения в очко матрицы. Заготовка проходит через калибрующую втулку 6 и поступает в охлаждающую среду 7 для закалки.

Схема типового штампа для ГГДВ режущего инструмента с отверстием показана на рисунке 5, б. Пуансон 1 входит в контейнер 2 и с помощью иглы 8 и графитового вкладыша 9 прошивает заготовку 7 и выдавливает ее через очко матрицы 4 (запрессованной в обойме 5) и затем через калибрующую втулку 6. Нагрев штампа производится токами промышленной частоты через водоохлаждаемый индуктор 3 до температуры 420—450°С.

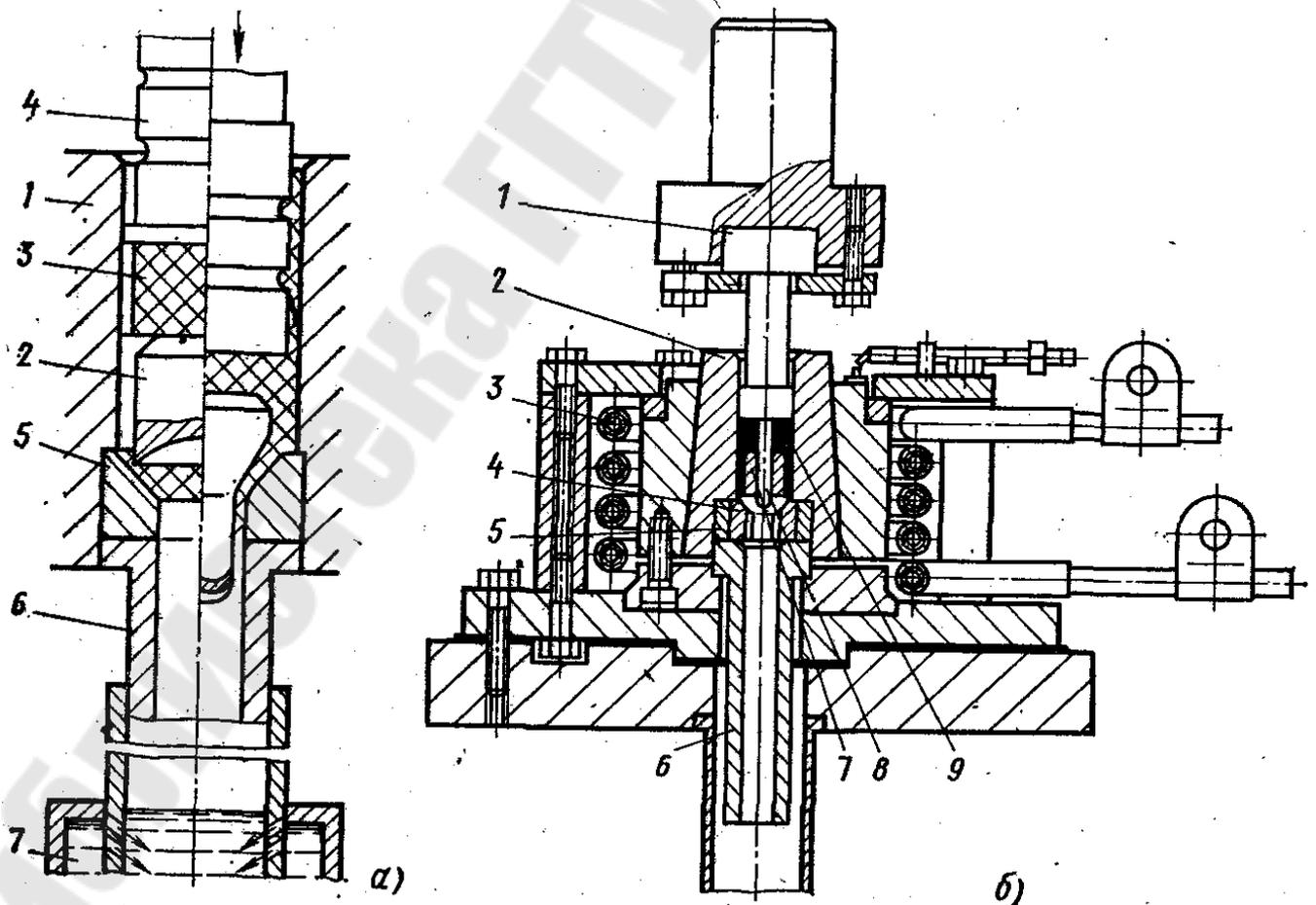


Рисунок 132 – Горячее гидродинамическое выдавливание инструмента

Для гидродинамического выдавливания используют стандартные кривошипные прессы 1 МН и выше. Изготовлена автоматическая установка для прессования концевых фрез, зенкеров, разверток диаметром 20—32 мм с усилием прессы 3,15 МН, ход ползуна 300—600 мм, скорость перемещения плунжера 300 мм/с, производительность 120 шт/ч. Для прессования заготовок сверл диаметром 45—80 мм

Днепропетровский завод прессов выпускает гидравлический пресс П2038В. Усилие прессы 6,3 МН, ход ползуна 1300 мм. Фирма Karter und Sohn (ФРГ) выпускает для гидродинамического выдавливания сверл диаметром 35—70 мм стан с усилием 0,4 МН, продолжительность цикла для сверла диаметром 35 мм — 40 с и для сверла диаметром 70 мм — 90 с.

### 28.3. Продольно-винтовое прокатывание инструментов

В массовом производстве сверл диаметром 1,7—25 мм применяют продольно-винтовое прокатывание винтовых канавок, спинок и ленточек на специальных полуавтоматических и автоматических станках (рисунок 133). Сущность продольно-винтового прокатывания заключается в прокатывании рабочей части заготовки (нагретой до температурыковки) за один проход между двумя парами профильных сегментов, вращающихся синхронно и расположенных под углом к продольной оси заготовки, близким к углу наклона винтовой канавки. Одна пара профилирует профиль канавок, а другая — профиль спинок и ленточек. Канавочные сегменты имеют затылованный профиль для образования утолщения сердцевины, а также заборную часть. Профиль сегментов для получения канавок и список сверл определяют расчетом.

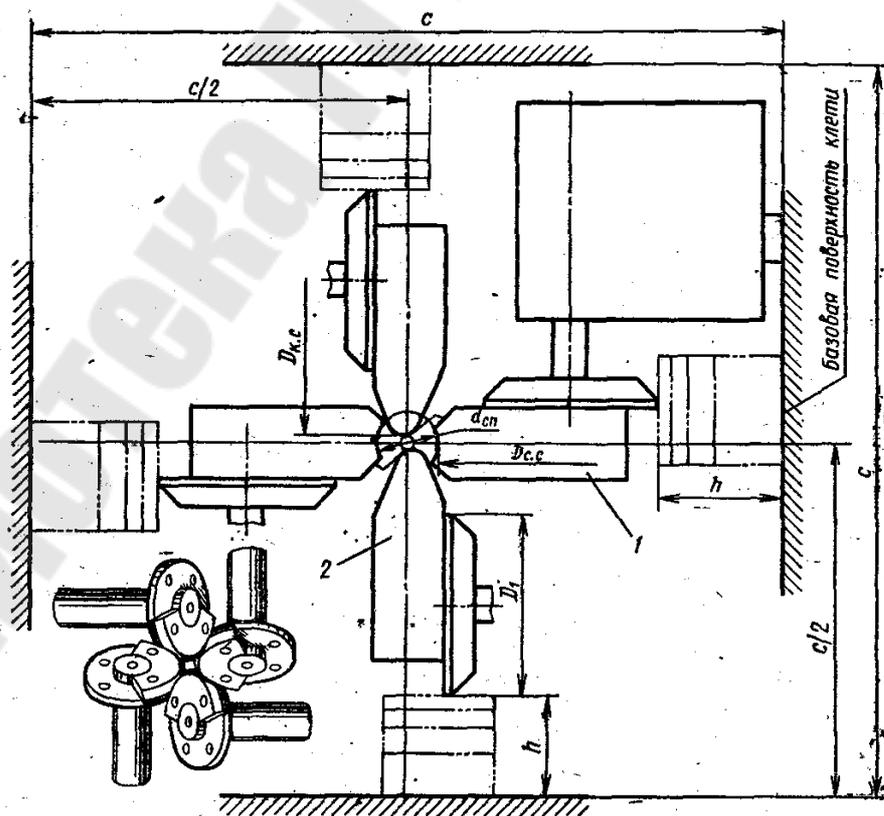


Рисунок 133 – Расположение секторов при продольно-винтовом прокатывании сверл: 1 – спиночный сектор, 2 – канавочный сектор

Данный способ в десятки раз превосходит по производительности производство сверл методом фрезерования (1500—7500 шт. в смену в зависимости от диаметра сверла). Один стан при прокатке сверл диаметром 5 мм заменяет 25 специальных фрезерных станков. В настоящее время освоен прокат сверл из инструментальных сталей Р6М5 и др. Лимитирующим фактором для выбора стали под прокатку является ее пластичность в нагретом состоянии. Для сверл диаметром до 12 мм используют сталь серебрянку, для сверл диаметром более 12 мм — сварные заготовки.

Кроме повышения производительности труда метод продольно-винтового проката дает экономию быстрорежущей стали, так как отходы в этом случае минимальны. Производительность прокатывания сверла в зависимости от размера составляет: на стане АСПС при обработке сверл диаметром 1,8-3 мм производительность 900—1800 шт./ч, на стане АСПС при обработке сверл диаметром 3-5 мм — 842—1100 шт./ч, на стане ПОПС при обработке сверл диаметром 15-25 мм — 300—425 шт./ч.

Возможно образование винтовых канавок методом продольно-винтового проката на заготовках концевых фрез, метчиков и другого инструмента. Усилие проката 2—7 тс в зависимости от размера сверла.

#### **28.4. Горячее вальцевание в инструментальном производстве**

Горячую вальцовку заготовок с последующей завивкой винтовых канавок применяют в крупносерийном и массовом производстве для образования винтовых канавок, спинок и ленточек сверл на заготовках диаметром 13—55 мм. Способ заключается в прокатывании рабочей части заготовки сверла (нагретой до температуры ковки 1050—1100 °С) между профильными валками, оси которых параллельны. Прокатка на вальцековочном стане производится последовательно между четырьмя парами секторов с профилем переменного сечения. Каждая пара секторов постепенно обжимает рабочую часть заготовки. После прокатки в последнем ручье на заготовке сверла образуются прямые профильные канавки, спинки и ленточки. По окончании прокатки заготовку, остывшую до температуры 750—800 °С, завивают на специальном стане, завивочными роликами.

#### **28.5. Редуцирование в инструментальном производстве**

Для экономии металла и повышения производительности труда при изготовлении метчиков разработана технология изготовления заготовок методом пластической деформации — редуцированием. Этот способ заключается в проталкивании пуансоном исходной заготовки, диаметр которой равен диаметру рабочей части метчика, через редуцирующий фильер. Диаметр очка фильера должен быть равен диаметру хвостовой части метчика. При редуцировании увеличивается общая длина заготовки. Процесс, редуцирования осуществляют на прессах, а для обеспечения наиболее высокой производительности — на холодно-высадочных автоматах.

В качестве исходной заготовки применяют сталь серебрянку или холодно-

тянутую сталь, а также заготовки из горячекатаной стали, шлифованные на бесцентрово-шлифовальном станке. Редуцирование хвостовой части метчиков из углеродистой стали позволяет снизить расход стали на 18 % и общую трудоемкость изготовления на 15 %. При редуцировании заготовок метчиков из быстрорежущей стали снижение трудоемкости составляет 24 %, а себестоимость сокращается на 12 %.

### 28.6. Ротационное обжатие в инструментальном производстве

При производстве заготовок применяют метод ротационного обжатия или радиальнойковки, также представляющей собой разновидность обработки давлением. Сущность процесса заключается в том, что заготовка подвергается прессованию или ковке в радиальном направлении одновременно двумя или несколькими бойками (пуансонами). Благодаря постепенности деформации, происходящей в условиях трехстороннего сжатия, удается в один проход получить значительную степень деформации без разрушения заготовки из малопластичной быстрорежущей стали. Ротационное обжатие производят на специальных ротационных прессах или на кривошипных прессах в специальных штампах. Ротационное обжатие можно применять для инструментов с коническим хвостовиком, прямыми канавками и др.

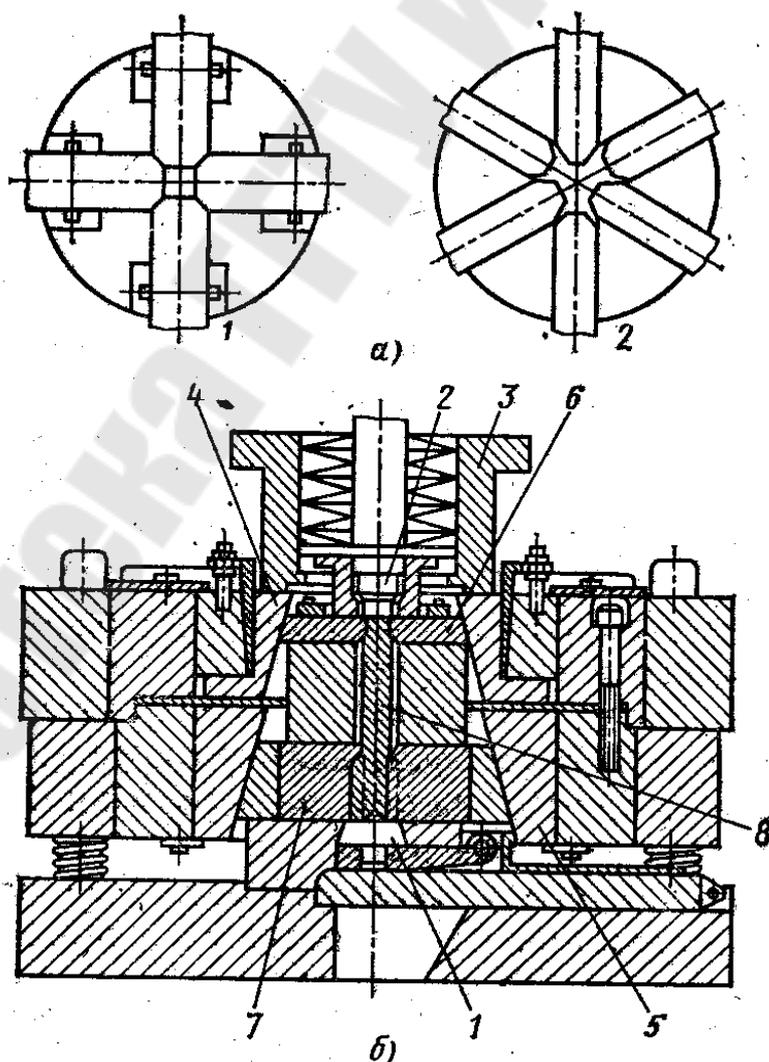


Рисунок 134 – Штампование метчика

На рисунке 134 приведена схема штампа для формообразования рабочей части (стружечных канавок) и квадрата хвостовика сварных машинно-ручных метчиков. Заготовка 8 центровыми отверстиями, базируется на нижней 2 и верхней 1 керны. При ходе ползуна пресса и стакана 3 вниз клинья 4 и 5 давят на бойки-пуансоны 6 и 7, которые совершают движение перпендикулярное к оси заготовки. Под штамповку нагревают (для стали Р6М5 до 1060—1160 °С) только часть заготовки из быстрорежущей стали.

## **29 ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Токарную обработку насадного инструмента в мелкосерийном производстве производят на токарных станках общего назначения, в серийном производстве — на револьверных станках и на многошпиндельных полуавтоматах. Револьверные станки применяют для обработки сравнительно сложных по форме поверхностей. В крупносерийном производстве, используют одношпиндельные токарно-револьверные автоматы.

При серийном и массовом производстве корпусов сборных торцовых и дисковых фрез диаметром 160 мм и выше, червячных фрез и долбяков целесообразно применять вертикальные полуавтоматы последовательного действия. При токарной обработке должны быть осуществлены следующие переходы: 1 — установка заготовок; 2 — сверление отверстия и одновременное обтачивание наружной поверхности; 3 — протачивание торца и обтачивание буртика; 4 — поворот заготовки и досверливание отверстия с одновременным протачиванием оставшейся части наружной поверхности; 5 — протачивание второго торца и обтачивание второго буртика; 6 — растачивание отверстия; 7 — растачивание выточки; 8 — развёртывание отверстия.

Для заготовок инструментов, получаемых непосредственно из прутков, в серийном производстве применяют одношпиндельные и многошпиндельные автоматы общего назначения. В зависимости от конструктивных особенностей инструментов, требований к точности и серийности используют автоматы фасонного и продольного точения или при достаточно больших партиях изделий многошпиндельные, прутковые четырех-, шести- или восьмишпиндельные автоматы. На этих станках производят черновое, чистовое и фасонное обтачивание, подрезание, сверление, зенкерование, развёртывание, нарезание резьбы и отрезку.

При продольной подаче прутка в комбинации с поперечной подачей двух, трех суппортов и более на автомате можно обрабатывать заготовки различной конфигурации. На фасонно-отрезных и фасонно-токарных автоматах обрабатывают прутки диаметром 2—20 мм. Для продольного точения ручных и машинно-ручных заготовок метчиков диаметром до 14 мм применяют одношпиндельные автоматы. Ручные метчики диаметром 14—18 мм целесообразно обрабатывать на многошпиндельных автоматах.

В мелкосерийном производстве для токарной обработки концевых инструментов рекомендуется применять центровые токарные станки общего

назначения, в серийном производстве – гидрокопировальные станки общего назначения для обработки заготовок диаметром свыше 35 мм. Для обработки заготовок меньшего диаметра рекомендуется применять специальные гидрокопировальные станки, имеющие меньшие габаритные размеры при значительной мощности привода, повышенную жесткость и повышенные скорости вспомогательных ходов. При производстве инструмента применяют токарно-копировальные полуавтоматы, предназначенные для токарно-копировальной обработки по круглому копиру в центрах или в патроне заготовок концевой инструмента диаметром 10—50 мм и длиной 100—350 мм. Для повышения производительности эти станки нужно оснащать специальными поводковыми патронами, которые при коротких циклах обработки, позволяют значительно сокращать время установки и снятия заготовки.

Конические хвостовики с лапками в мелкосерийном производстве обрабатывают на токарных станках с помощью копирной линейки. В серийном и крупносерийном производстве конические хвостовики обрабатывают на специальных токарных полуавтоматах с гидрокопировальным устройством. Конические хвостовики Морзе обрабатывают на токарных полуавтоматах или на токарных автоматах. Для создания жесткости при обтачивании хвостовика Морзе № 1 и № 2 рекомендуется первоначально обтачивать рабочую часть, а затем, закрепив ее в патроне, обтачивать хвостовик в два прохода. В мелкосерийном производстве эффективно применяют токарную обработку на станках с ЧПУ при изготовлении специального инструмента.

### **30 ОБРАБОТКА ЛАПОК И КВАДРАТОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Лапки на конических хвостовиках сверл, разверток, зенкеров и другого инструмента фрезеруют на горизонтально-фрезерных или вертикально-фрезерных станках. Для фрезерования на горизонтально-фрезерных станках конический хвостовик зажимают в призмах одно- или двухместных приспособлений. В серийном производстве применяют быстродействующие пневматические или гидравлические зажимы. Лапки фрезеруют комплектом из двух специальных фрез с двух сторон одновременно. При фрезеровании в двухместном приспособлении применяют два комплекта фрез, посаженных на одну общую оправку. В крупносерийном производстве эту операцию также выполняют на вертикально-фрезерном станке с круглым столом, обеспечивающим непрерывность процесса фрезерования. Закрепляют и снимают заготовки после фрезерования при вращающемся столе.

Квадраты на метчиках, развертках и других инструментах фрезеруют в делительных приспособлениях комплектом из двух фрез с двух сторон одновременно. При этом применяют одношпиндельные или многошпиндельные приспособления с цанговым зажимом. В серийном и крупносерийном производстве применяют приспособления с быстродействующим пневматическим или гидравлическим зажимом и автоматическим делением. В массовом производстве применяют холодную радиальную штамповку квадратов метчиков.

## 31 ОБРАБОТКА СТРУЖЕЧНЫХ КАНАВОК МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Стружечные канавки на инструментах, имеющих форму тел вращения, обрабатывают фрезерованием или вышлифовывают. Прямые канавки фрезеруют на горизонтально-фрезерных станках, винтовые — на универсально-фрезерных или специальных станках. При фрезеровании используют делительные головки и делительные приспособления. В серийном производстве применяют многошпиндельные делительные головки. В крупносерийном производстве фрезерование стружечных канавок производят на специальных фрезерных станках, полуавтоматах и автоматах.

Стружечные канавки в зависимости от их формы, обрабатывают фасонными или угловыми фрезами. Угловые фрезы имеют остроконечные зубья, а фасонные фрезы выполняют с затылованными или с остроконечными зубьями. Остроконечные фрезы более производительны и обеспечивают меньшую шероховатость поверхности. Для переточки фасонных остроконечных фрез требуются специальные станки или специальные приспособления к заточным станкам, в связи с чем их целесообразно применять в крупносерийном производстве.

Прямые стружечные канавки зубьев на цилиндрической поверхности фрезеруют одноугловыми, двухугловыми или фасонными фрезами. Двухугловые фрезы обеспечивают лучшее качество поверхности и имеют большую стойкость. Профиль дисковой фрезы совпадает с профилем канавки, а установка фрезы по отношению к оси заготовки осуществляется с помощью параметров настройки.

При фрезеровании зубьев фрезы устанавливают с помощью контрольных валиков и шаблонов. Одноугловые фрезы можно устанавливать по центру изделия с помощью угольника и срезанного до оси валика, по оправке с нанесенной по оси риски, с помощью специального шаблона или специального приспособления. После установки фрезы по оси, в центрах устанавливают заготовку инструмента, подводят ее до касания с фрезой и по лимбам смещают стол в горизонтальной плоскости и поднимают его в вертикальной плоскости. Двухугловые фрезы устанавливают по центру с помощью валика и шаблона или приспособления.

В крупносерийном и массовом производстве отрезных и прорезных фрез зубья фрезеруют на зубофрезерных станках или специальных приспособлениях методом обкатки. Фрезерование методом обкатки обеспечивает высокую точность шага между зубьями и большую производительность по сравнению с фрезерованием в длительных головках. Высокая точность шага между зубьями позволяет после термической обработки на оправке затачивать фрезы в пакете, что значительно повышает производительность затачивания.

При фрезеровании винтовых канавок профиль фрезы и ее положение относительно заготовки определяется в процессе профилирования. Фрезы, предназначенные для обработки винтовых канавок, теоретически должны иметь криволинейный профиль. Профиль такой фрезы с достаточной для

практики точностью часто заменяют прямолинейным профилем и обработку ведут двухугловыми фрезами. В этом случае установка фрезы относительно заготовки характеризуется не только величинами смещения, но и углом поворота стола.

При фрезеровании винтовых канавок станок настраивают в следующей последовательности.

1. Поворотом стола универсально-фрезерного станка поворачивают заготовку на угол.

2. Поперечным движением стола смещают рабочую фрезу по отношению к оси заготовки.

3. Вертикальным смещением стола с помощью специальных блоков устанавливают фрезу на глубину под определённым углом.

Для изготовления канавок и спинок сверл в зависимости от типов сверл и масштаба производства используют: фрезерование, глубинное шлифование, продольно-винтовой прокат, горячую вальцовку с последующей завивкой, прессование, литье в оболочковые формы и комбинированные способы обработки.

Фрезерование — наиболее универсальный способ получения винтовых канавок и спинок сверл. Его используют во всех типах производства. Характеризуется он тем, что профиль канавок и спинок образуется фасонными канавочными и спиночными фрезами. Для получения утолщенной к хвостовику сердцевины заготовку устанавливают под углом к плоскости стола станка, определяемым величиной утолщения. Для повышения производительности фрезерования, канавок применяют многоцентровые приспособления для одновременного фрезерования трех заготовок и более.

В условиях крупносерийного производства сверл диаметром 0,5—60 мм применяют фрезерные автоматы и полуавтоматы. Для фрезерования канавок и спинок сверл на автоматах и полуавтоматах применяют фрезерование одной канавки и одной спинки, фрезерование двух канавок затем двух спинок, одновременное фрезерование двух канавок и двух спинок. Последний способ наиболее производительный. Канавки фрезеруют специальными фрезами с затылованным или остроконечным зубом.

Фрезерование канавок с неравномерным шагом. При фрезеровании канавок разверток с неравномерным шагом для соблюдения на зубьях фасок одинаковой ширины необходимо менять глубину канавки и расстояние между осями развертки и фрезы. При фрезеровании одноугловыми фрезами при установке на глубину стол станка перемещают только в вертикальном направлении. При обработке двухугловыми фрезами стол смещают в вертикальном направлении и в горизонтальном направлении. При фрезеровании прямозубых развёрток рекомендуется применять специальные фрезы, обрабатывающие не канавку, а профиль зуба развёртки.

При фрезеровании канавок на торцовых и конических поверхностях режущего инструмента для получения фаски одинаковой ширины по всей длине зуба ось заготовки располагают под некоторым углом, величину которого

определяют расчётом в зависимости от угла в плане и переднего угла.

Фрезерование пазов в корпусах сборного, инструмента. Ножи сборного инструмента крепят различными способами. Пазы сборного инструмента в зависимости от способа крепления зубьев изготавливают прямыми и клиновыми, гладкими и с рифлениями, направленными параллельно или наклонно к оси корпуса. По точности и чистоте поверхности пазы должны быть изготовлены так, чтобы они обеспечивали взаимозаменяемость ножей и жесткость и монолитность инструмента после сборки. Как правило, пазы фрезеруют. Пазы корпусов инструментов, у которых должна быть обеспечена взаимозаменяемость ножей, дополнительно калибруют протяжками или шлифуют.

Прямые пазы фрезеруют прорезными фрезами, пазовыми затылованными или дисковыми трехсторонними. Радиальные пазы под клиновидный нож фрезеруют одноугловыми фрезами, осевые – пазовыми или трехсторонними фрезами.

Радиальные пазы фрезеруют с одной установки угловой фрезой. Пазы с осевым расположением фрезеруют с двух установок пазовой фрезой, ширина которой равна минимальной ширине паза. При первой установке образуется прямой паз, при второй — делительную головку или приспособление поворачивают в горизонтальной плоскости на угол, обеспечивающий получение паза с уклоном по одной из опорных поверхностей.

Положение паза, обеспечивающее получение заданных углов резания, определяется установкой стола в горизонтальной и вертикальной плоскостях относительно оси обрабатываемой заготовки.

Метод зуботочения является наиболее общим случаем обработки зубчатых деталей с цилиндрическими и винтовыми поверхностями по методу обкатки. Образование зубьев или формообразование впадин между зубьями производится многозубыми инструментами с наклонными прямыми или Винтовыми зубьями при скрещающихся осях заготовки и обкаточного резца.

Метод зуботочения основан на использовании явления относительного скольжения боковых поверхностей зубьев при зацеплении двух винтовых колес со скрещающимися осями, которое возникает в направлении осей вращения колес и характеризуется тем, что ни в одной точке боковых поверхностей зубьев скольжение не равно нулю. Это явление используется при зуботочении и при шевенговании для получения движения резания. При зуботочении производительность в 2—4 раза выше по сравнению с методами фрезерования дисковым инструментом. Увеличение производительности объясняется кинематикой процесса зуботочения. Образование стружечных канавок на заготовке производится при непрерывной обкатке заготовки и обкаточного инструмента за один проход обкаточного инструмента независимо от числа зубьев обрабатываемой заготовки. Многозубый инструмент, применяемый при зуботочении, имеет несколько зубьев и кинематически равнозначен многозаходной червячной фрезе, у которой в каждом витке имеется по одному зубу и который находится в зацеплении с многозубой деталью.

Метод зуботочения в инструментальном производстве применяют при

нарезании червяка заготовок червячных фрез в условиях крупносерийного производства. При нарезке червяка инструмент имеет форму зуборезного долбяка с эвольвентным профилем. Ось инструмента устанавливают под углом, равным углу наклона винтовой липки. Инструмент получает движение обкатки вдоль оси червяка.

Стружечные канавки наружных, а также шпоночных протяжек фрезеруют на вертикально-фрезерных или на универсально-фрезерных станках с вертикальной головкой. Применение станка с ЧПУ позволяет значительно повысить производительность труда и точность обработки. При фрезеровании протяжку устанавливают в параллельных тисках или в универсальном приспособлении. Обработка стружечных канавок круглых протяжек. После чистового обтачивания протяжки производят разметку и протачивание выемок резцом на токарном станке. В условиях серийного производства при шаге зубьев до 20 мм и высоте 5 мм для разметки применяют комплект дисковых резцов, собранных на общей оправке, или специальный разметочный резец, при шаге более 20 мм используют блоки отрезных резцов, расстояние между которыми выдерживают с помощью мерных прокладок. Перемещение суппорта на шаг осуществляется с помощью набора мерных плиток, устанавливаемых между упором и суппортом вдоль направляющей станины.

Обработку профиля начинают с режущих зубьев и проводят ее при одной установке так же, как и при обтачивании конуса. Калибрующие зубья обтачивают без смещения заднего центра. При протачивании профиля зубьев применяют подвижный люнет, устанавливаемый возле каждого обрабатываемого зуба. Впадины между зубьями профилируют фасонными дисковыми или призматическими резцами. В условиях серийного производства применяют блок резцов. Впадины профилируют в несколько переходов, число которых зависит от формы впадины. Резец перемещается в поперечном направлении на высоту зуба, образуя при этом спинку зуба, а затем в продольном направлении для образования переднего угла. Когда профиль впадины состоит из сопряжения двух радиусов и прямой, при продольном перемещении резца образуется прямая часть впадины. В настоящее время получает распространение обработка канавок протяжек на станках с ЧПУ.

Образование зубьев долбяков и шеверов. У мелко модульных долбяков зубья образуются шлифованием после термической обработки, у долбяков модулем выше 1,5 мм — фрезерованием или реже зубодолблением. В единичном и мелкосерийном производстве фрезерование ведут на горизонтально-фрезерном станке с помощью делительной головки. Для получения задних боковых углов зубьев долбяка ось делительной головки устанавливают под углом к горизонтальной плоскости, равным величине заднего угла на вершинах зубьев долбяка. Фрезерование производят специальной модульной фрезой с учетом припуска на шлифование боковых поверхностей профиля зуба. По впадине зуба припуск на шлифование не оставляют.

В условиях серийного производства образование зубьев долбяка производят червячной модульной фрезой по методу обкатки на зубофрезерном

станке. В этом случае для получения задних углов на боковых поверхностях зуба долбяка производят одновременную вертикальную и радиальную подачу фрезы.

Червячные фрезы, предназначенные для фрезерования зубьев долбяков, должны иметь высоту зуба, обеспечивающую получение окончательного размера диаметра окружности впадин, и толщина зубьев с учетом припуска на шлифование профиля долбяка. Для долбяков с малым числом зубьев профиль червячной фрезы выполняют с фланкированной головкой, что предотвращает подрезание ножки зубьев долбяка.

Фрезерование зубьев дисковых шеверов аналогично фрезерованию зубчатых колес. При определении размера зубьев фрезы нужно учитывать двойной припуск на шлифование профиля зубьев шевера

Долбление канавок на боковых поверхностях шевера можно производить пластинчатой гребенкой на универсальном фрезерном станке с долбежной головкой с помощью делительной головки, при этом канавки получают неодинаковой глубины. Более точные канавки получаются при долблении на специальном приспособлении или специальном станке, обеспечивающем перемещение боковой поверхности зуба шевера по эвольвенте. В этом случае шевер закрепляют на оправке, на которой закреплено зубчатое колесо. Диаметр делительной окружности колеса приблизительно равен диаметру основной окружности шевера. Зубчатое колесо помещают между двумя рейками. В процессе работы приспособления движение обкатки сообщается шеверу посредством зубчатой рейки, имеющей возвратно-поступательное перемещение.

## **32 ЗАТЫЛОВАНИЕ ЗУБЬЕВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Затылование — процесс образования на зубьях инструментов задней поверхности заданной формы, обеспечивающей при переточках по передней поверхности постоянство профиля зуба и величины заднего угла в радиальном сечении. Этим двум условиям отвечает затылование по архимедовой спирали.

Затылование осуществляется в результате сложения двух движений: равномерного вращения затылуемой детали и возвратно-поступательного перемещения инструмента или заготовки в радиальном направлении, осевом или под углом к оси (рисунок 135).

В настоящее время применяют затыловочные станки четырех типоразмеров. Затыловочные станки изготавливают по классу повышенной точности. Станки работают в полуавтоматическом цикле. В них автоматизированы все основные перемещения рабочих органов, необходимые для затылования. Выпускают полуавтоматы для затылования червячных и дисковых фрез. Созданы затыловочные станки с ЦПУ и ЧПУ.

Основной особенностью затыловочного станка является наличие механизма затылования. Суппорт затыловочных станков совершает возвратно-поступательное перемещение в направлении к затылуемой поверхности и от нее при вращении кулачка с определенной скоростью и скольжении по нему

упора, жестко связанного с суппортом станка. Возврат ползуна в исходное положение обеспечивается пружинами, расположенными в суппорте. Кинематически вращение кулачка связано с вращением шпинделя станка с помощью делительной гитары. Гитару деления настраивают так, чтобы за один оборот шпинделя с заготовкой кулачок повернулся на число оборотов, равное числу зубьев инструмента по окружности. Форма кулачка должна обеспечить за один оборот поперечную подачу суппорта и его отвод.

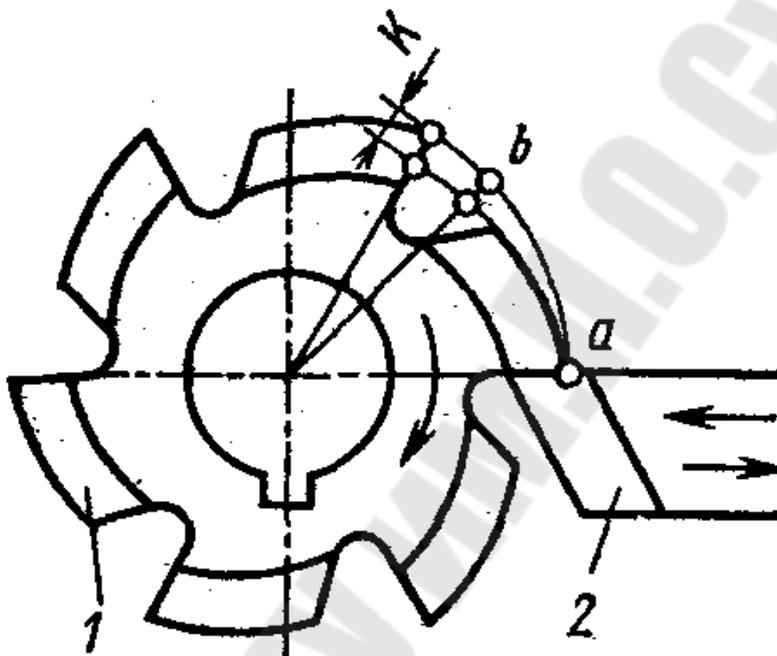


Рисунок 135 – Схема движения резца 2 и изделия 1 при затыловании зуба инструмента на величину затылования К

Для фрез со шлифованным профилем применяют двойное затылование зубьев, которое устраняет увеличенный по высоте и по сторонам непрошлифованный участок зуба. Нешлифованный участок подвергают затылованию резцом с помощью кулачка, величину спада которого делают в 1,5—1,75 раза больше величины спада кулачка для шлифованной части.

Двойное затылование может быть выполнено путем отдельного затылования двумя отдельными кулачками со спадами затылка или с помощью одного комбинированного кулачка, снабженного двумя величинами спада.

В зависимости от направления движения резца или шлифовального круга по отношению к оси центров станка различают три вида затылования: радиальное, косое, осевое (рисунок 136).

При радиальном затыловании резец или шлифовальный круг совершает возвратно-поступательное перемещение перпендикулярно оси центров станка. Косое затылование проводится при повороте резца или шлифовального круга на некоторый угол относительно оси изделия.

Осевое затылование применяют при наличии участков профиля с углом  $\varphi = 0$  (фасонные фрезы и зенкеры). Фасонные фрезы с передним углом, равным нулю, затылуют фасонными резцами или по копиру. Фрезы с положи-

тельным передним углом затылуют резцом с коррегированным профилем.

Положение затыловочного резца при затыловании фрез с положительным передним углом зависит от того, как рассчитан профиль резца и шаблона. Если профиль шаблона и резца построен по проекции профиля зуба фрезы на осевую плоскость (радиальное сечение), то резец устанавливают на высоте линии центров. При этом профиль в осевом сечении проверяют по шаблону. Если профиль резца и шаблона построен в плоскости передней поверхности зуба фрезы, то резец должен быть установлен выше линии центров. Профиль контролируют шаблоном по режущей кромке.

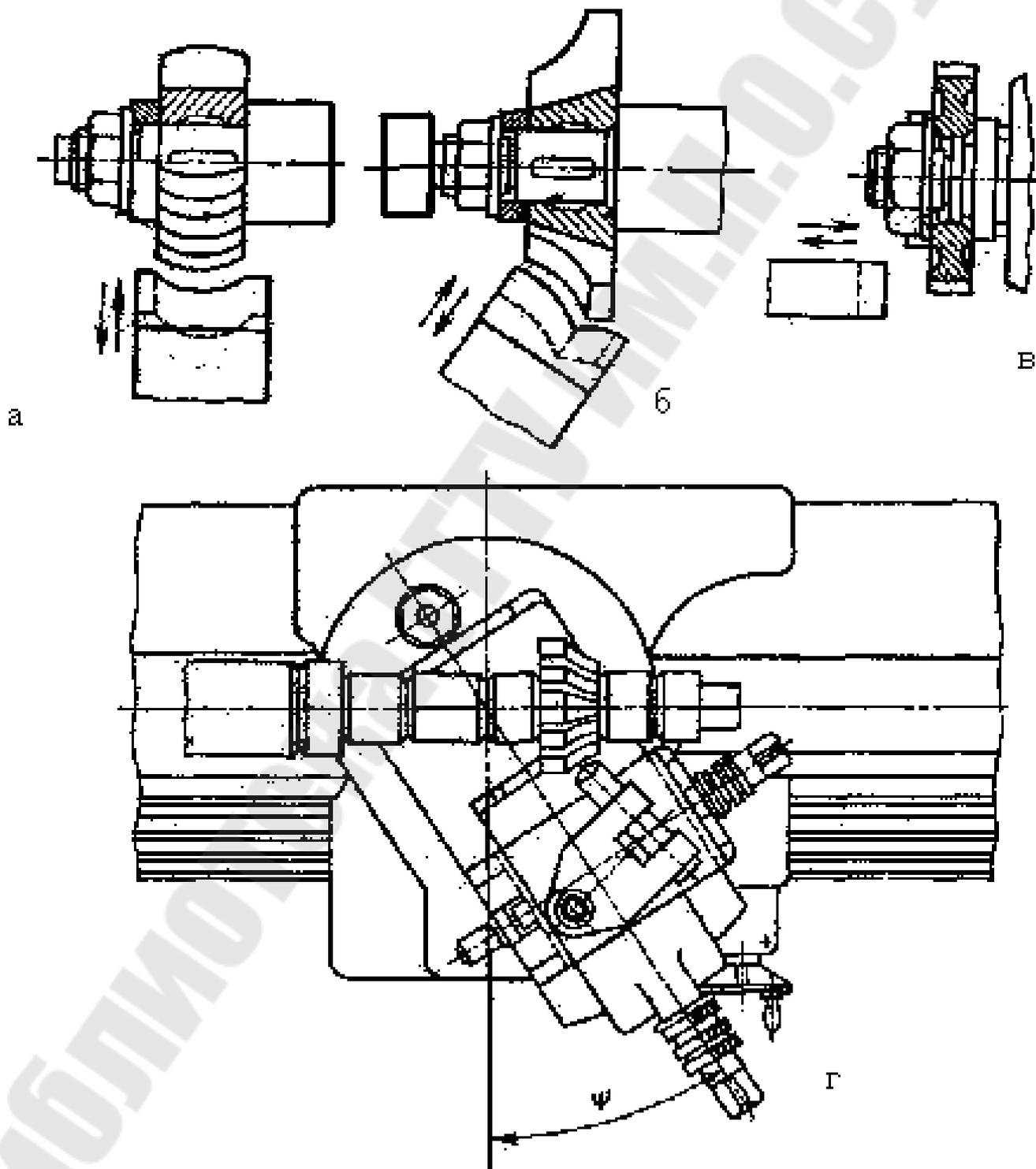


Рисунок 136 – Схемы затылования

При затыловании фрез с криволинейным профилем большой длины (более 75—100 мм), если нет возможности использовать широкий фасонный резец, затылование осуществляют по участкам несколькими резцами или с помощью копировального устройства. Для фрез со сложным фасонным профилем токарное затылование в большинстве случаев является окончательной операцией.

Для повышения точности и уменьшения шероховатости чистовое затылование осуществляют на заниженных режимах с применением смазки (веретенного или льняного масла). Затылованная поверхность должна иметь шероховатость не выше  $Ra = 2,5$  мкм. При проверке профиля шаблоном величина просвета для полукруглых фрез в зависимости от радиуса профиля фрезы не должна превышать 0,05 мм для профиля радиусом 2,5 мм и 0,15 мм для профиля радиусом 18—25 мм.

Для уменьшения трудоемкости процесса затылования фасонных дисковых фрез целесообразно обтачивать фасонный профиль фрез на токарном или токарно-затыловочном станке фасонным резцом с оставлением припуска на затылование.

Червячная фреза перед затылованием представляет собой червяк, прорезанный рядом продольных винтовых канавок. Затылование червячных фрез осуществляется за две операции – черновую и чистовую за несколько переходов. При черновой обработке производят затылование вершин зубьев, впадин и профиля.

Вершины червячных фрез мелких и средних модулей затыловывают широким резцом с прямолинейной режущей кромкой. При этом на затыловочном станке настраивают гитары деления, шага ходового винта и дифференциала.

При затыловании крупных фрез модулем более 10 мм затылование производят проходным резцом, работающим с небольшими подачами суппорта. Впадины затыловывают прорезным резцом при настройке станка на ходовой винт.

При отдельном затыловании боковых поверхностей профиля для улучшения условий резания резец разворачивают под углом, равным углу подъема винтовой линии.

Боковые стороны у фрез модулем более 20 мм затыловывают с разворотом верхних салазок суппорта на угол, равный углу наклона боковой стороны профиля. При этом затылование ведут с постепенным углублением затыловочного резца вдоль боковой стороны зуба. После операции затылования у фрез, подлежащих шлифованию по профилю, оставляют припуск по наружному диаметру и профилю, величина которого зависит от диаметра фрезы.

Для образования повышенных боковых задних углов, гарантирующих отсутствие седловины на профиле фрез с углом подъема винтовой линии более  $5^\circ$ , рекомендуется снимать второй затылок по профилю методом косого затылования с разворотом суппорта на  $10—15^\circ$ .

Насадные фрезы затылуют на специальной цилиндрической оправке с двумя конусами. Один конус вставляют в шпиндель станка, а второй — во

втулку задней бабки, что обеспечивает достаточную жесткость при затыловании.

Хвостовые фрезы затылуют в центрах. Лучшие результаты дает установка хвостовика в шпинделе станка с фиксацией второго конца во втулке задней бабки или заднем центре.

### 33 ОБРАЗОВАНИЕ РЕЗЬБЫ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТАХ

Нарезание резьбы резцами и гребенками на токарно-винторезных станках наиболее распространено в условиях единичного и мелкосерийного производства.

Резцами резьба нарезается двумя способами. При первом способе резец подается **радиально**, при втором — резец подается боковым **врезанием** под углом к оси заготовки, вдоль образующей профиль резьбы. Во втором случае правая кромка снимает очень тонкую стружку и медленнее изнашивается, а сам процесс резания протекает легче, так как наибольшее давление резания испытывает только левая режущая кромка. Часто комбинируют боковое **врезание** резца при черновых проходах с радиальным врезанием при чистовых проходах.

Стремление к повышению производительности труда привело к внедрению на резьбонарезных работах гребенок, из которых наибольшее распространение, вследствие простоты конструкции и более точного изготовления, получили круглые гребенки. Производительность при нарезании резьбы гребенками повышается более чем в 2 раза по сравнению с резцами.

В условиях серийного и крупносерийного производства резьбу нарезают на полуавтоматических токарно-винторезных станках, в которых переключение с рабочего хода на холостой, обратный ход, подача на глубину и выключение станка происходят автоматически с помощью механизма распределительного вала. Кроме того, в отдельных конструкциях предусмотрено автоматическое регулирование величины поперечной подачи на глубину резания для черновых и чистовых проходов.

Резьбу большой длины и крупного шага нарезают дисковыми фрезами, профиль которых соответствует профилю нарезаемой резьбы. При нарезании короткой резьбы применяют более производительный способ фрезерования гребенчатыми резьбовыми фрезами с кольцевым расположением витков.

В мелкосерийном и серийном производстве **режущего** инструмента распространено фрезерование резьбы дисковыми резьбовыми фрезами. Гребенчатые резьбовые фрезы применяются при чистовом нарезании первых номеров ручных метчиков, при черновом нарезании последних номеров ручных метчиков, круглых плашек от М52 и выше. Вследствие затруднений при фрезеровании резьбы с шагом менее 0,8 мм применяют резьбовые фрезы с шахматным зубом. При фрезеровании резьбы у гребенчатых фрез на **резьбофрезерных** станках применяют различные резьбовые фрезы.

Резьбу в круглых плашках нарезают **плашечными** и маточными метчика-

ми. **Плашечные** метчики имеют длинную заборную часть, которая по среднему диаметру шлифуется на конус. Маточные метчики служат для калибровки резьбы и снятия заусенцев после сверления стружечных отверстий.

Резьбу в плашках нарезают на вертикальных нарезных или токарно-винторезных станках с принудительной подачей метчика от ходового винта или без нее. Метчик при этом крепят за квадрат в сменной планке, устанавливаемый на суппорте **токарно-винторезного** станка. Ходовой винт нужен в момент захода метчика в отверстие. Дальнейшее образование резьбы происходит самозатягиванием.

Вместо раздельного нарезания резьбы в круглой плашке **плашечным** и маточными метчиками применяют так называемый комбинированный метчик, соединяющий в себе элементы **плашечного** и маточного метчиков. Таким метчиком резьба в плашке нарезается за один проход после сверления стружечных отверстий и их вскрытия.

Накатывание резьбы нашло широкое применение в инструментальном производстве при изготовлении ручных метчиков как окончательный метод образования резьбы и как предварительный на гаечных и машинно-ручных метчиках под шлифование резьбы. Резьбу накатывают роликами на специальных **резьбонакатных** станках. Для этого заготовку помещают на направляющей линейке между двумя вращающимися в одном направлении роликами, один из которых движется к другому.

К преимуществам накатывания резьбы следует отнести: высокую производительность; экономию металла, так как размер заготовки приблизительно равняется среднему диаметру метчика; высокий класс чистоты поверхности; высокую точность резьбы.

Основными условиями при накатывании резьбы роликами в целях получения хорошего профиля резьбы является точное смещение профиля резьбы одного ролика относительно другого на величину, равную половине шага резьбы. Обратная конусность при накатывании резьбы на метчиках достигается созданием непараллельности осей роликов в соответствии с величиной обратной конусности. При накатывании резьбы роликами заготовка, расположенная между роликами, захватывается ими и во время вращения роликов поворачивается вокруг своей оси несколько раз до образования резьбы на установленной длине.

Шлифование резьбы применяют для образования точной резьбы у инструментов. **Резьбошлифовальные** станки бывают двух основных **типов**: с поворотом стола на угол подъема шлифуемой резьбы и с поворотом бабки шлифовального круга на тот же угол. Шаг резьбы настраивают сменными зубчатыми колесами, либо сменными винтами и гайками. Для станков последнего типа изготавливают набор точных сменных ходовых винтов с гайками. На таких станках можно шлифовать резьбу при вращении заготовки в обе стороны, при этом экономится время на холостой ход. **Резьбошлифовальные** станки со сменными винтами и гайками применяют в серийном производстве. К недостаткам этих станков следует отнести невозможность корригировать шаг резь-

бы в случае неточности шага ходового винта. Станки, предназначенные для шлифования резьбы метчиков, снабжают устройствами, позволяющими **затыловать** профиль резьбы.

Применяют два вида шлифования резьбы: скоростной и глубинный. Скоростной вид шлифования характеризуется тем, что резьба обрабатывается одноконтурным шлифовальным кругом за много проходов в зависимости от шага резьбы. Этот вид шлифования применяют для образования резьбы на метчиках обычной точности.

Глубинное шлифование резьбы может выполняться тремя способами:

- 1) многоконтурным кругом **врезанием**;
- 2) многоконтурным кругом на проход;
- 3) одноконтурным кругом на проход.

Первый способ применяют при черновом шлифовании резьбы. Второй способ находит применение при шлифовании резьбы на метчиках за два прохода. Третий способ находит применение при чистовом шлифовании резьбы на весьма точных метчиках и резьбовых калибрах.

Кольцевую резьбу у резьбовых гребенчатых фрез выполняют на **токарно-затыловочных** станках путем **затылования** резцом или гребенкой. Резьба наносится на поверхность, гладко **затылованную** в предыдущей операции. После термической обработки профиль резьбы шлифуют на таком же станке одноконтурным или многоконтурным шлифовальным кругом. При **затыловании** витков резьбовым резцом или одноконтурным шлифовальным кругом суппорт с резцом или установленным на нем шлифовальным приспособлением после затылования каждого витка перемещается на величину шага. Точное перемещение суппорта на шаг резьбы достигают применением специального делительного приспособления, связанного с ходовым винтом станка.

Нарезание гребенкой кольцевой резьбы на резьбовых фрезах с прямой канавкой значительно упрощает операцию нарезания резьбы и повышает производительность труда. Обычно применяют стержневые гребенки.

Резьбу на цилиндрических гребенчатых и на конических фрезах с винтовыми канавками нарезают резцом. Для повышения производительности труда применяют трех-, четырех- и пятиконтурные гребенки.

## **34 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Термическая обработка инструмента предопределяет его физико-механические свойства: теплостойкость, износостойкость и прочность. При термообработке инструмент подвергают отжигу, закалке и отпуску, а также дополнительной химико-термической обработке.

### **34.1. Отжиг металлорежущего инструмента**

Отжиг проводят для снятия внутренних напряжений и понижения твердости после горячей обработки давлением и сварки заготовок, а также перед повторной закалкой инструмента. Заготовки из быстрорежущей стали отжигают

при температуре 830 — 850°C с выдержкой 3 — 4 ч. Продолжительность нагрева быстрорежущей стали при температуре отжига влияет на теплостойкость стали после закалки и отпуска.

Заготовки после отжига охлаждают вместе с печью первоначально до температуры 750 — 760°C со скоростью 30 — 40 °C/ч, затем до 600°C со скоростью 40 — 50 °C/ч и далее на воздухе.

Предпочтительно производить изотермический отжиг: нагрев до 850 — 870°C, выдержка 3 — 4 ч, охлаждение до 720 — 730 °C со скоростью 40 — 50 °C/ч, изотермическая выдержка при этой температуре 2 — 4 ч, охлаждение вместе с печью до температуры 500 — 400 °C и далее охлаждение на воздухе. При изотермическом отжиге твердость получается выше, чем при нормальном отжиге.

Отжиг инструментальных сталей можно производить в камерных, шахтных и конвейерных печах. Печи должны иметь автоматический контроль температуры. Наиболее совершенным оборудованием для отжига являются печи с программным управлением по заданному режиму отжига и с нейтральной атмосферой для защиты от окисления и обезуглероживания.

Отжиг заготовок с малыми припусками на механическую обработку рекомендуется производить в ящиках, засыпанных отработанным карбюризатором, древесным углем и чугунной стружкой. Для отжига быстрорежущих и высокохромистых сталей применяют смесь, состоящую из 50% древесного угля и 50 % чугунной стружки.

Для обеспечения процесса формоизменения быстрорежущей стали в холодном состоянии рекомендуется проведение термической обработки, заключающейся в нагреве до 720 — 780°C и выдержке после нагрева в течение 1 ч; после прогрева — охлаждение в масле или на воздухе. Термическая обработка по указанному режиму повышает пластичность и вязкость быстрорежущей стали и значительно улучшает ее обработку в холодном состоянии.

### **34.2. Закалка металлорежущего инструмента**

Закалка является основной и важнейшей операцией термической обработки инструмента, определяющей в значительной мере вместе с последующим отпуском его стойкость в процессе эксплуатации. Закалка должна обеспечивать высокую твердость, износоустойчивость, теплостойкость и высокую механическую прочность инструмента. Этим требованиям удовлетворяет наличие мартенсита в закаленной стали. При отпуске закаленной стали из мартенсита начинают выделяться частицы карбида. Выделение и укрупнение карбидов можно задержать путем введения в сталь легирующих элементов, образующих специальный карбид. Теплостойкость создается легированием стали карбидообразующими элементами при введении их в сталь в таком количестве, когда они связывают почти весь углерод в специальный карбид. Карбидообразующими элементами являются хром, вольфрам, молибден, кобальт, ванадий и др. Теплостойкость быстрорежущей стали зависит от перехода в твердый раствор углерода и легирующих элементов. Переход легирующих

элементов в твердый раствор зависит от температуры нагрева и времени выдержки. Для получения высоколегированного и устойчивого мартенсита быстрорежущую сталь следует закаливать при возможно более высокой температуре. Однако нагрев выше определенной оптимальной температуры ведет к значительному росту зерна, образованию сетки карбидов, а иногда даже к оплавлению.

Выбор температуры нагрева зависит от марки стали, формы, размеров, назначения и условий работы инструмента. Мелкие инструменты, выходящие из строя вследствие низкой прочности, целесообразно закаливать при температуре, дающей более высокую прочность при несколько пониженной теплостойкости.

Для инструментов большого сечения, испытывающих меньшие напряжения и удельные нагрузки, целесообразно применять более высокую температуру закалки, обеспечивающую получение лучшей теплостойкости. Для инструментов, работающих в условиях повышенного нагрева, следует назначать температуру закалки, обеспечивающую получение максимальной теплостойкости.

Нагрев инструмента для закалки не должен быть очень быстрым, чтобы материал успел равномерно прогреться. Быстрый нагрев приводит к образованию трещин. Слишком медленный нагрев инструмента, особенно в окислительной атмосфере, вызывает появление окалины и обезуглероженности поверхностного слоя.

Инструмент из быстрорежущей стали подвергается двум подогревам, до температуры 400–500 и 780–840°C для крупногабаритного диаметром 30 мм и фасонного инструмента и до 1200–1300°C для остального инструмента.

Продолжительность подогрева и окончательного нагрева под закалку зависит от различных факторов. Главные из них: химический состав стали, ее теплоемкость и теплопроводность, продолжительность фазовых превращений и процессов растворения карбидов в аустените, температура и физические свойства нагревающей среды, конфигурация и величина нагреваемого инструмента. Ориентировочно принимают время выдержки при окончательном нагреве инструмента из быстрорежущей стали 6 — 7 с на каждый миллиметр сечения инструмента в хлоробариевых ваннах, 10—12 с при нагреве в пламенных и электрических печах. Рекомендуется рассчитывать продолжительность нагрева в зависимости от конфигурации инструмента, его габаритных размеров и нагревательной среды.

Охлаждение стали при закалке до температуры мартенситного превращения должно быть быстрым, чтобы аустенит не успел превратиться в промежуточные структуры. Каждой марке стали соответствует своя постоянная скорость охлаждения, при которой аустенит сохраняется до перехода в мартенсит.

На практике эта скорость достигается охлаждением нагретых сталей в различных средах. Переход аустенита в мартенсит сопровождается изменением объема. При быстром охлаждении это приводит к появлению трещин и короблению инструмента. Во избежание этого в интервале температур мартен-

ситного превращения 300—200°С охлаждение следует вести замедленно, применяя комбинированные методы закалки.

Большое влияние на коробление инструмента оказывает способ погружения инструмента в охлажденную среду. Для уменьшения коробления стержневой инструмент погружают строго вдоль продольной оси, остальной вдоль оси наименьшего сечения.

Выбор метода закалки зависит от состава стали, сложности инструмента и требуемых свойств. Инструмент простой конфигурации из углеродистой стали закалывают в одном охладителе. Инструмент из углеродистой стали сложной конфигурации охлаждают в двух средах: сначала в воде, затем в масле. Инструмент сложной конфигурации для уменьшения деформации подвергается изотермической закалке. Ступенчатую закалку применяют для инструмента сложной конфигурации, подлежащего правке после закалки.

Различные способы охлаждения влияют главным образом на величину напряжений и деформаций в закаленном состоянии. Охлаждение при закалке необходимо выбирать в зависимости от формы и сечения инструмента. Инструмент простой формы целесообразно охлаждать в масле, инструмент небольшого сечения — на воздухе или сжатым воздухом,

Ступенчатую закалку применяют для фасонного инструмента, за исключением особенно крупных с большим отношением длины к диаметру, с целью снижения деформации инструмента при закалке. Ступенчатую закалку проводят после нагрева инструмента до оптимальных температур с кратковременной выдержкой в области наибольшей устойчивости аустенита путем охлаждения и выдержки в расплавленной соли с температурой 450 — 550°С с последующим охлаждением на воздухе.

Изотермическая закалка значительно уменьшает напряжения и деформацию. Рекомендуется применять изотермическую закалку для инструментов сложной формы, крупных размеров и большой длины. При изотермической закалке инструмент охлаждают в расплавленной соли с температурой 200 — 300°С, выдерживают в ней, а затем охлаждают на воздухе. Продолжительность выдержки 40 — 60 мин при охлаждении в соли с температурой 250 — 300°С и 30 — 40 мин при охлаждении в соли с температурой 200 - 250°С.

### **34.3. Отпуск металлорежущего инструмента**

Инструмент из углеродистой или легированной стали отпускают в масляной или селитровой ванне из смеси калиевой и натриевой, либо в электрических отпускных печах. В этих же печах производят отпуск инструмента из быстрорежущей стали. Выдержка при температуре отпуска зависит от размеров инструмента.

Структура быстрорежущей стали после закалки состоит из мартенсита, остаточного аустенита и карбидов. Отпуск быстрорежущей стали необходим для превращения остаточного аустенита, а также для отпуска первичного и вторичного мартенсита и снятия при этом внутренних напряжений. Превращение остаточного аустенита в мартенсите в быстрорежущей стали достигает-

ся длительным отпуском при температуре 560—570°C в течение 3—4 ч или многократным отпуском с более короткими выдержками. Это превращение тем полнее, чем больше число отпусков. При многократном отпуске полученный мартенсит более легирован, так как превращения происходят при более низких температурах. Во время отпуска быстрорежущей стали при 525 — 575°C происходит превращение остаточного аустенита и выделение мелкодисперсных и устойчивых против коагуляции карбидов, что вызывает дисперсионное твердение, называемое вторичной твердостью. Высокая твердость, полученная при отпуске, сохраняется при последующем нагреве до 600°C, что обеспечивает теплостойкость быстрорежущей стали. Многократный отпуск, не меняя теплостойкости, повышает механическую прочность инструмента за счет уменьшения напряжений, образовавшихся при превращении остаточного аустенита. Низкий (до 400°C) и высокий (выше 600°C) отпуск приводит к понижению твердости быстрорежущей стали. Для уменьшения шероховатости поверхностей инструментов, не подвергаемых шлифованию, применяют неполную закалку инструмента с высоким отпуском: нагрев до 920 — 950°C, охлаждение на воздухе или в масле и высокий отпуск при 700 — 720°C. После отпуска сталь имеет твердость НВ 260 — 270.

Отпуск инструмента из быстрорежущей стали производят в электровоздушных печах, селитровых ваннах и печах газовой цементации с атмосферой перегретого пара. При отпуске в селитре обеспечивается более быстрый и равномерный прогрев, примерно в 2 — 3 раза быстрее, чем в воздушной среде. Недостатком является необходимость химической очистки инструмента травлением. При отпуске в воздушной среде на поверхности инструмента образуется окалина, которую необходимо удалять травлением или гидрополированием.

### **35 СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Важным средством повышения режущей способности инструмента является химико-термическая обработка, преследующая цель изменения химического состава и свойств поверхностных слоев стали. Эти изменения достигаются за счет диффузии различных элементов из внешней среды в сталь. В результате достигается высокая твердость и сопротивление изнашиванию поверхностных слоев при одновременном повышении общей прочности инструмента за счет увеличения предела выносливости.

Для увеличения износостойкости применяют нанесение износостойких покрытий, упрочнение лучом лазера, электроискровое упрочнение, алмазное выглаживание поверхности инструмента.

При выборе способа повышения режущей способности инструмента необходимо учитывать соответствие метода характеру технологического процесса условиям работы режущего инструмента и др.

### **35.1. Цианирование металлорежущего инструмента**

Для повышения износостойкости быстрорежущего инструмента применяют низкотемпературное цианирование — диффузионное насыщение поверхностного слоя инструмента одновременно углеродом и азотом. Применяют жидкостное, газовое и реже твердое цианирование и карбонитрацию.

Наибольшее распространение получило жидкостное цианирование. Цианирование также осуществляют в электрических печах, печах-ваннах или в газовых печах в железных тиглях. После цианирования инструмент охлаждают в специальных шкафах на воздухе и промывают.

Процесс цианирования инструмента осуществляется при температуре отпуска быстрорежущего инструмента после окончательной термической и механической обработки. В зависимости от состава ванны и времени выдержки глубина цианированного слоя составляет 0,02—0,07 мм. Цианирование повышает хрупкость поверхностного слоя инструмента.

Вследствие одновременного насыщения передней и задней поверхностей режущая кромка на определенной глубине цианируется насквозь. Во избежание выкрашивания режущей кромки инструментов с малыми углами заострения цианирование нужно производить на минимальную глубину. Резьбонарезной инструмент с мелкой резьбой не рекомендуется цианировать. Сварной инструмент погружают в ванны до места сварки.

Рекомендуется цианировать в первую очередь инструмент, изнашивающийся по задней поверхности, которые затачивают по передней поверхности и для которых требуется сохранение цианированного слоя на протяжении всего периода работы инструмента. Инструмент, перетачиваемый по задним поверхностям, нужно подвергать повторному цианированию после каждого затачивания.

Газовое цианирование осуществляют в смеси, состоящей из одной части аммиака и трех частей углеродосодержащего газа. При этом применяют газы, богатые углеводородами или газы, содержащие окись углерода в качестве основной составляющей. Сварной инструмент в газовых печах не цианируют, так как при этом резко снижается твердость хвостовика.

### **35.2. Хромирование металлорежущего инструмента**

Электролитическое покрытие инструмента хромом обеспечивает увеличение износостойкости режущей части инструмента. Лучшие результаты дает покрытие тонким слоем хрома на инструментах, работающих при снятии малых стружек. Покрытие хромом значительно снижает налипание материала на режущие поверхности, что наблюдается особенно при обработке вязких материалов. Хромирование производят после шлифования и заточки инструмента. Для лучшего сцепления хрома с инструментом и повышения чистоты хромированного слоя рекомендуется полировать хромируемые места.

Инструмент, подлежащий хромированию, подвергается обезжириванию и декапированию. Лучшие результаты дает обезжиривание электролитическим способом в ванне с водным раствором серной кислоты, ортофосфорной кисло-

ты и декстрина. Декапирование производят для стравливания слабых структурных составляющих на поверхности инструмента с целью обеспечения лучшей сцепляемости хрома с основным материалом.

При плотности тока  $500 \text{ А/м}^2$  продолжительность процесса обезжиривания составляет 5—15 мин. При этом инструмент подвешен в ванне как анод или катод. После обезжиривания инструмент промывают в проточной воде.

Хромированный инструмент сушат, после чего подвергают старению в масляной ванне в течение 1 ч при температуре  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ . Старение снижает хрупкость хромированного слоя, так как при этом из него удаляется водород.

### **35.3. Износостойкие покрытия для металлорежущего инструмента**

Одним из эффективных методов повышения стойкости металлорежущего инструмента является нанесение тонких износостойких покрытий на контактирующие при резании поверхности инструмента: карбида вольфрама; карбида титана, нитрида титана, окиси алюминия, нитрида циркония, нитрида молибдена, окиси хрома, карбида ниобия и др.

Элементы для покрытия выбирают в зависимости от материала покрываемого инструмента и условий его работы. Применяют однослойные и многослойные покрытия с различными свойствами каждого слоя. Эффективность износостойких покрытий определяется их химическим составом. Применение покрытий повышает стойкость инструмента 1,4 — 5 раз. Известно несколько способов нанесения покрытия.

Газофазный способ основан на конденсации газообразных соединений титана с образованием твердых осадков карбидов титана на покрываемом инструменте. Процесс проходит при высокой температуре и применим для покрытия твердосплавных инструментов.

Термодиффузионный способ основан на диффузии легирующих элементов в инструмент с образованием химических соединений, его применяют для нанесения покрытий на твердосплавные многогранные пластинки.

Реактивное электронно-лучевое плазменное осаждение основано на том, что плазменный поток металла, образующийся с помощью вакуумной дуги, ориентируется в направлении инструмента с последующей конденсацией на нем ионов и нейтральных атомов при одновременном прохождении плазмохимической реакции их с реактивным газом.

Способ конденсации вещества из плазменной фазы в условиях ионной бомбардировки. Этот способ наиболее универсальный, он позволяет наносить покрытия на инструмент из твердого сплава и быстрорежущей стали без риска их разрушения, так как процесс проходит при температуре до  $600^\circ\text{C}$ .

Известны низкотемпературные методы для нанесения покрытий на инструмент из быстрорежущей стали. При этом методе испаряемые атомы титана и молекулы этилена ионизируются и вступают в реакцию, осаждая на инструмент карбиды титана.

Повышения долговечности твердосплавных спеченных заготовок и инструмента в настоящее время добиваются различными способами: вибрацион-

ной, дробеструйной, термической, термовибрационной обработкой. В результате упрочнения термической обработкой спеченных вольфрамокобальтовых сплавов прочность при изгибе увеличивается на 10—15 %, ударная вязкость — на 20—30%.

#### **35.4. Доводка и алмазное выглаживание металлорежущего инструмента**

Доводку применяют для устранения геометрических неровностей, завалов и удаления дефектного слоя после шлифования и заточки. Доводке подвергают упрочняющие фаски на передней поверхности резцов и фрез, закругления вершин по радиусу у резцов, переходные кромки у торцовых фрез, фаски у сверл и разверток и др.

Доводка твердосплавного инструмента осуществляется мелкозернистыми алмазными кругами на органической связке, мелкозернистыми алмазными пастами и менее эффективно карбидом бора. Доводку алмазными кругами проводят на станках повышенной точности, доводку с помощью паст и мелкозернистых порошков — на вращающихся чугунных дисках. Для доводки быстрорежущего инструмента применяют мелкозернистые круги из КНБ на органических связках и пасты на основе КНБ. При доводке, как и при заточке, следует стремиться к минимально возможному контакту шлифовального круга с режущим инструментом.

Перспективным методом повышения качества поверхностного слоя инструмента является алмазное выглаживание. Его производят на токарных станках обычной точности алмазным выглаживателем, закрепленным в пружинной оправке, после предварительной заточки и шлифования зубьев по задней поверхности. Выглаживание ведут на проход с подачей, направленной от затылка зуба к режущей кромке и с поливом масла. Оптимальная сила выглаживания 200 Н. С увеличением силы шероховатость поверхности уменьшается, а микротвердость растет пропорционально изменению силы.

### **36 ОБРАБОТКА ШЛИФОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Геометрическая и размерная точность, шероховатость поверхности и физико-механическое состояние поверхностного слоя режущих инструментов зависят от термической и окончательной механической обработки рабочих поверхностей. Основной окончательной механической обработкой рабочих поверхностей режущих инструментов являются операции шлифования, заточки и доводки абразивно-алмазными инструментами. Применяют также электро-механическое шлифование и анодно-механическую обработку.

Шлифование, выполняемое после закалки и отпуска, улучшает свойства поверхностного слоя. Однако значительное тепловое воздействие на поверхностный слой, возникающее при шлифовании, при некоторых условиях может привести к ухудшению его свойств. Это связано со следующими особенностями процесса шлифования:

- а) температура тонкого поверхностного слоя при шлифовании достигает

700—1200°C;

б) нагрев происходит мгновенно; скорость нагрева составляет 5000—6000°C/с;

в) температура сохраняется доли секунды, так как основная часть возникающего тепла передается нижележащим слоям холодного металла при скорости охлаждения поверхностного слоя до 1000 °C/с;

г) температурное воздействие протекает в условиях повышенных давлений.

По указанным причинам при шлифовании могут измениться структура поверхностного слоя и возникнуть значительные напряжения. В микроструктуре поверхностного слоя инструментов после шлифования различают два слоя: светлый наружный, плохо травящийся и нижележащий темнотравящийся, переходящий в основную структуру. В зависимости от условий шлифования, свойств и исходной структуры стали светлый слой может отсутствовать.

Светлый наружный слой имеет аустенитно-мартенситную структуру и является продуктом вторичной закалки, происходящей при указанных условиях шлифования, Аустенит, образовавшийся при быстром нагреве и охлаждении и больших давлениях, обладает:

а) высокое устойчивостью при охлаждении в сохраняется в светлом слое в количестве до 60—70 % в стали с исходной мартенситной структурой;

б) высокой твердостью вследствие фазового наклепа, поскольку при быстром нагреве не завершается рекристаллизация аустенита;

в) пониженной устойчивостью против нагрева; он распадается при 450—500 °C в быстрорежущей стали.

Образование вторично закаленного слоя сопровождается возникновением новых напряжений, слой имеет пониженное сопротивление пластической деформации, его устойчивость при нагреве мала. Образование вторично закаленного слоя снижает стойкость инструментов.

Темнотравящийся слой представляет собой дисперсную феррито-карбидную смесь. Она возникает в области меньшего теплового воздействия и является продуктом отпуска. Образование непосредственно на поверхности темнотравящейся зоны пониженной твердости недопустимо, так как при этом не только снижается износостойкость инструмента, но и возможно налипание обрабатываемого металла на инструмент.

Очень чувствительны к термическим напряжениям и деформациям твердые сплавы, для которых особенно опасны растягивающие напряжения, поскольку предел прочности твердых сплавов при растяжении в 5—8 раз ниже, чем предел прочности при сжатии. Твердые сплавы ТК более чувствительны к термическим напряжениям, чем ВК. В связи с этим их шлифуют при меньшей скорости шлифовального круга.

Следует отметить, что применение алмазного электроабразивного и электроалмазного шлифования приводит в основном к появлению сжимающих напряжений.

Высокие температуры, возникающие в зоне шлифования, являются ос-

новной причиной, приводящей к появлению прижогов и трещин на обработанных поверхностях, поэтому технологические мероприятия, способствующие снижению температуры, приводят к повышению качества обработки. К числу наиболее эффективных мероприятий такого рода следует отнести: обоснованный выбор режимов резания; применение высокопористых и прерывистых абразивных кругов; использование эльборовых и алмазных инструментов; правильный выбор состава и способа подвода СОЖ; применение вибрационного и упругого шлифования; выбора рационального способа правки кругов.

**Правка шлифовальных кругов.** Для восстановления режущей способности шлифовального круга и придания ему правильной геометрической формы периодически или непрерывно в процессе работы его правят. Правку осуществляют обтачиванием алмазным инструментом, обкатыванием абразивными, твердосплавными и металлическими дисками, шлифованием кругами из карбида кремния и алмазно-металлическими дисками, шлифованием кругами из карбида кремния и алмазно-металлическими роликами, накатыванием стальными профильными роликами.

Абразивные круги на керамической, бакелитовой или вулканитовой связках, а также эльборовые круги на керамической связке правят алмазным карандашом и кристаллом алмаза, закрепленным в специальной оправке.

Правка методом обтачивания представляет собой точение хрупкого абразивного материала и связки шлифовального круга правящим алмазным инструментом высокой твердости. Правку осуществляют либо отдельными алмазными зернами, либо алмазно-металлическими карандашами. В алмазно-металлических карандашах в определенном порядке размещены кристаллы алмазов, прочно соединенные специальным сплавом.

Правка методом обкатывания представляет собой процесс дробления и скалывания абразивных зерен на рабочей поверхности круга правящим инструментом, получающим вращение вследствие сил трения. В качестве правящих инструментов при методе обкатывания применяют круги из карбида кремния, стальные диски, звездочки, твердосплавные ролики. Правку кругов методом обкатывания применяют как предварительную, когда необходимо снять большой слой абразива с недостаточно сбалансированного круга.

Правка шлифованием представляет собой процесс срезания и дробления абразивных зерен вращающимся правящим инструментом при его принудительном вращении. В качестве правящего инструмента применяют алмазные ролики на твердосплавной связке и круги из карбида кремния при правке алмазных кругов на металлической связке. Алмазные круги на металлической связке правят обкатыванием, электрохимическими и электроэрозионными методами.

При правке алмазного круга на металлической связке шлифованием для повышения интенсивности съема и снижения износа правящего круга рекомендуется снижать скорость алмазного круга до 0,5—1 м/с. При правке алмазного круга прямого профиля обкатыванием рекомендуется применять специ-

альное тормозное устройство, способствующее возникновению проскальзывания между алмазным и правящим кругами, в результате чего происходит процесс правки

Наиболее экономичным и производительным методом правки алмазных кругов на металлической связке является электроэрозионная обработка.

Смазочно-охлаждающие жидкости и способы их подачи. Применение смазочно-охлаждающих жидкостей снижает трение и температуру в зоне контакта шлифовального круга с обрабатываемой деталью, улучшает отвод тепла и удаление отходов шлифования из зоны резания, в результате чего уменьшается затупление, засаливание и износ шлифовального круга, повышается производительность и качество обработки. СОЖ классифицируют по химической структуре на водные и эмульсионные жидкости и углеводородные составы.

Интенсивность охлаждающего, смазывающего и моющего действия СОЖ в значительной мере зависит от способа ее подачи. Способ подачи СОЖ поливом наиболее широко применяют на универсальных шлифовальных станках. СОЖ подают в зону резания центробежным насосом через сопло, имеющее щелевое выходное отверстие. На эффективность действия СОЖ большое влияние оказывают воздушные потоки, создаваемые вращающимся шлифовальным кругом. Эти потоки препятствуют взаимодействию СОЖ с рабочей поверхностью шлифовального круга и попаданию СОЖ в зону контакта круга и обрабатываемой детали.

Более эффективна подача СОЖ напорной струей под давлением. Для подачи СОЖ под давлением используют специальные насосные установки. Применение этого способа требует надежной герметизации рабочей зоны станка. Струйно-напорным внезонным способом СОЖ подают под давлением на рабочую поверхность шлифовального круга вне зоны резания через одно или несколько сопел. Струи СОЖ с определенной силой действуют на рабочую поверхность круга, очищают поры и абразивные зерна от частиц металла и отходов шлифования. Поверхность круга смачивается СОЖ и на ней формируются смазочные пленки.

Применяют также комбинированный способ подачи одновременно напорной струей через подвижное сопло и свободно падающей струей через щелевое сопло. Струйнонапорный внезонный способ является эффективным при круглом наружном, внутреннем и бесцентровом шлифовании.

Сущность гидродинамического способа подачи СОЖ заключается в использовании воздушных потоков, создаваемых вращающимся шлифовальным кругом, для повышения скорости движения жидкостного потока относительно рабочей поверхности шлифовального круга и шлифуемой детали. С помощью специальных устройств активированный поток СОЖ направляется на рабочую поверхность шлифовального круга, очищая ее от налипков металла и отходов шлифования, а затем подается в зону контакта круга с деталью, преодолевая в обоих случаях сопротивление воздушных потоков.

Выбор шлифовального круга для обработки инструмента из быстрорежущей стали. Инструмент из быстрорежущей стали шлифуют и затачивают кру-

гами из электрокорунда, монокорунда и КНБ. На шлифуемость инструмента из быстрорежущей стали значительное влияние оказывает содержание в стали карбидов ванадия и углерода. В сталях нормальной производительности по мере увеличения содержания ванадия шлифуемость кругами из электрокорунда и монокорунда ухудшается. Входящие в состав сталей повышенной производительности карбиды ванадия имеют тот же порядок твердости, что и электрокорунд, поэтому шлифуемость этих сталей ниже шлифуемости сталей нормальной производительности и с увеличением содержания ванадия их шлифуемость ухудшается. Круги из эльбора хорошо обрабатывают все группы быстрорежущей стали, так как твердость эльбора значительно выше твердости карбида ванадия, входящего в состав этих сталей. Зернистость абразивных кругов, применяемых при шлифовании, затачивании и доводке инструмента из быстрорежущей стали, зависит от требований к шероховатости. Твердость абразивных кругов для шлифования и затачивания инструментов выбирают в пределах МЗ-С2. Стали повышенной производительности обрабатывают мягкими кругами.

При шлифовании инструмента из быстрорежущей стали наибольшее распространение находят керамическая связка. Бакелитовую и вулканитовую связки применяют при изготовлении кругов, используемых при вышлифовке стружечных канавок, чистовом затачивании и доводке инструмента. На засаливание круга при шлифовании и затачивании влияет структура круга. Структура характеризует строение абразивного инструмента в зависимости от количественного соотношения между зернами, связкой и порами в единице объема. При шлифовании и затачивании инструмента с низкой шлифуемостью рекомендуется использовать круги с открытой структурой.

Выбор шлифовального круга для шлифования и затачивания твердосплавного инструмента. Для шлифования и затачивания инструмента из твердого сплава и минералокерамики применяют круги из карбида кремния и алмазные круги. Круги из карбида кремния рекомендуется применять для предварительной обработки и при совместном шлифовании твердого сплава и стальной державки.

На выбор твердости круга влияют площадь поверхности контакта круга с затачиваемой поверхностью, величина зерна, требования к точности, состояние заточного станка и режимы затачивания. С увеличением площади контакта шлифовального круга с затачиваемой поверхностью твердость круга уменьшается. Чем мельче зерно, тем мягче должен быть шлифовальный круг. Для профильного затачивания выбирают более твердые круги. Зернистость и структуру круга выбирают в зависимости от требований к шероховатости поверхности инструмента и размерной стойкости круга. Для обдирочного затачивания и шлифования применяют крупнозернистые круги с открытой структурой. Для окончательного затачивания и шлифования применяют мелкозернистые круги. На выбор зернистости круга влияют режимы затачивания и требования к качеству поверхностного слоя. С уменьшением величины зерна растет вероятность прижога. Затачивание инструмента из твердого сплава и

минералокерамики простой конфигурации целесообразно осуществлять кругами из карбида кремния зеленого на бакелитовой связке. Шлифовальные круги на бакелитовой связке лучше самозатачиваются. Съем металла кругами на бакелитовой связке больше, чем кругами на керамической связке.

Затачивание и доводка алмазными кругами. Применение синтетических алмазных кругов для шлифования, затачивания и доводки инструмента из твердого сплава обеспечивает получение режущих кромок повышенного качества с минимальным радиусом закругления 3—5 мкм, минимальной глубиной разрушения поверхностного слоя и малой шероховатостью поверхности.

Стойкость твердосплавного инструмента, заточенного и доведенного алмазными кругами, на 40—50 % для однолезвийного и в 2 раза для многолезвийного инструмента выше, чем стойкость того же инструмента при затачивании кругами из карбида кремния зеленого и доводке карбидом бора. Производительность затачивания алмазными кругами в 2 раза выше производительности абразивного затачивания. Доводка алмазными кругами в 3—4 раза производительнее доводки карбидом бора.

Алмазные круги в процессе правильной эксплуатации имеют незначительный износ, что обеспечивает высокую степень точности затачиваемого инструмента. Алмазные круги характеризуются маркой алмаза, видом связки, зернистостью и концентрацией алмазов.

Режимы шлифования и затачивания. Стойкость режущего инструмента зависит от режимов, условий затачивания и характеристики шлифовального круга. При выборе режимов одним из основных критериев является температура шлифуемой поверхности. Экспериментально установлено, что критическая температура при шлифовании инструмента из быстрорежущей стали 650—750 °С. Критическая температура при шлифовании инструмента из твердых сплавов находится в пределах 700—1100 °С.

Оптимальные характеристики кругов, режимы резания и условия шлифования и затачивания, не допускающие образования дефектного слоя, определяют экспериментально; данные для подбора режимов шлифования и характеристики кругов при затачивании инструмента приводятся в специальных справочниках. Для повышения производительности рекомендуется вести шлифование и затачивание инструмента с переменной глубиной шлифования. В начальный период надо вести шлифование с максимальной подачей, затем по достижении припуска, достаточного для удаления прижога, снижать подачу и вести окончательное шлифование выхаживанием без подачи.

Режимы бездефектного шлифования можно рассчитывать по температурному критерию или по критерию удельной мощности шлифования, легко контролируемому в условиях производства.

Виброшлифование и виброзатачивание. Значительное уменьшение трения и увеличение самозатачивания кругов достигается применением процессов виброшлифования и виброзатачивания. При виброзатачивании на обычный процесс затачивания накладываются вибрации с определенной частотой и амплитудой колебаний параллельно или перпендикулярно оси вращения круга.

Применение вибрации высокой частоты повышает режущие свойства круга за счет быстрых колебательных движений зерен круга, при этом резание происходит в направлении главного движения круга и в направлении колебания. У зерна круга, работающего различными поверхностями, будет сохраняться или уменьшаться площадь затупления вершины зерна.

При затачивании с вибрациями низкой частоты со значительными амплитудами колебания происходит постоянное и равномерное самозатачивание круга с меньшим засаливанием. Вибрационные движения круга вызывают минимальный контакт его зерна с одним и тем же местом обрабатываемой поверхности, что также снижает нагрев поверхности на 30—50 %. При вибрационном шлифовании износ круга увеличивается на 25—30 %, поэтому его редко применяют.

Прерывистое шлифование. Температуру в зоне шлифования можно понизить, если производить шлифование с определенными интервалами, причем продолжительность резания между этими интервалами сделать меньше продолжительности теплового насыщения металла и за время разрыва процесса охладить деталь. Такой процесс можно осуществить кругами, имеющими рабочую поверхность не сплошную, а прерывистую, состоящую из ряда чередующихся выступов и впадин определенной протяженности. Шлифование происходит режущими выступами, разделенными между собой пазами.

Работа шлифовального круга с прерывистой поверхностью сопровождается периодическими ударами, воспринимаемыми абразивными зернами зоны, прилегающей к передней кромке рабочего выступа, вызывая интенсивное выкрашивание зерен из связки. Режущие зерна, находясь на разных радиусах от центра вращения круга, перемещаются по концентрическим окружностям и удаляют припуск отдельными тонкими слоями. На одно абразивное зерно круга с прерывистой рабочей поверхностью приходится объем снимаемого металла значительно меньший, чем на зерно обычного круга той же характеристики. Круги с прерывистой поверхностью лучше самозатачиваются.

Электролитическая обработка. Электролитическое шлифование применяют для повышения производительности, качества и геометрической точности обрабатываемых деталей из твердых сплавов и других материалов. Метод основан на сочетании электрохимического анодного растворения металла с механическим режущим действием абразивных или алмазных зерен.

Инструментом при электролитической алмазной и абразивной обработке является токопроводящий алмазный или абразивный круг на металлической связке. В цепь источника постоянного тока круг подключают как катод, а обрабатываемую деталь — как анод. Анодное растворение детали достигается применением специального электролита. Характерная для электролитической алмазной и абразивной обработки высокая производительность объясняется большой плотностью тока, достигающей при малом электродном зазоре. Возможность электрической эрозии за счет искрения исключена вследствие малого напряжения источника питания. Износ алмазного и абразивного кругов при электролитической обработке по сравнению с износом их при обычном шли-

фовании в 2—10 раз меньше.

К разновидностям электролитического шлифования относятся: электрохимическая обработка, электроалмазная, электроабразивная, электроалмазная с наложением ультразвуковых колебаний и электролитическая правка алмазных кругов на металлической связке

По сравнению с обычным алмазным затачиванием электролитическое шлифование обеспечивает некоторое повышение производительности обработки и снижение затупления шлифовального круга. Достоинством электролитического шлифования является возможность обработки инструмента из твердого сплава совместно со стальной державкой при съеме больших припусков и двух-, трехкратном превышении площади обрабатываемой державки над площадью пластинки.

Алмазно-катодная обработка. При алмазно-катодной обработке круг является анодом, а деталь—катодом. Снятие металла осуществляется алмазными зернами, а режущие свойства круга автоматически поддерживаются в процессе работы. В процессе шлифования происходит непрерывное анодное растворение тонкого слоя металлической связки круга, что способствует поддержанию постоянного зазора между зернами и обрабатываемой поверхностью, устраняет засаливание круга и обеспечивает автоматическое обновление затупившихся зерен. Электрические режимы при алмазно-катодном шлифовании должны исключить искрение и ускоренное растворение связки. Скорость растворения не должна превышать скорости износа алмазов.

Алмазное электроэрозионное шлифование АЭЭШ — комбинированный способ алмазного шлифования и электроэрозионного восстановления режущей способности круга. При этом в межэлектродном зазоре возбуждаются электрические разряды, разрушающие стружку, налипшую на зерна и связку круга. В то же время по мере износа зерен эти разряды вскрывают новые режущие зерна путем частичного разрушения металлической связки. Регулируя интенсивность электроэрозионного воздействия на круг, можно для разных скоростей съема металла создать оптимальные условия, при которых существенно увеличивается период стойкости круга, повышается его режущая способность, а в ряде случаев вообще исключается необходимость в правке. В отличие от способа электролитической обработки при АЭЭШ вместо электролита используют обычные СОЖ, а источники постоянного тока заменены импульсными генераторами, которые можно присоединять непосредственно к шлифовальному кругу и детали или кругу и специальному правящему электроду, электрически изолированным один от другого. Для обработки способом АЭЭШ созданы новые модели станков.

Шлифование и затачивание алмазных инструментов и инструментов из синтетических материалов. Инструмент шлифуют алмазными кругами на металлической связке или чугунными дисками, шаржированными алмазными порошками. Алмазные круги применяют в том случае, когда необходимо удалить сравнительно большой слой. Окончательное шлифование и доводку алмазных резцов производят дисками из чугуна. Для доводки диски шаржируют

порошками малых номеров и микропорошками. Шлифование алмазного резца начинают с передней поверхности. Затем обрабатывают задние поверхности и радиус при вершине. Последней операцией является доводка передней поверхности, при этом устраняют все сколы, выкрашивания и другие дефекты. При шлифовании и доводке передней поверхности резца направление вращения шлифовального круга или диска должно быть на режущую кромку, а направление подачи и навстречу кромке, что позволяет избежать сколов алмаза.

### **37 ШЛИФОВЫВАНИЕ СТРУЖЕЧНЫХ КАНАВОК МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Вышлифовывание — процесс профильного шлифования канавок инструмента, при котором канавки полностью или поэлементно образуются на цельной предварительно закаленной заготовке из быстрорежущей стали или окончательно спеченной заготовки из твердого сплава. Основными достоинствами процесса вышлифовывания являются высокая точность геометрических параметров и высокое качество рабочих поверхностей стружечных канавок, а также сокращение цикла изготовления инструмента.

Образование стружечных канавок методом вышлифовки применяют на концевом инструменте диаметром до 15 мм. Для вышлифовки канавок концевого инструмента диаметром до 40 мм и насадного инструмента диаметром до 150 мм создают специальное оборудование. Помимо метода вышлифовки дисковым шлифовальным кругом с раздельным шлифованием каждой канавки применяют обработку канавок абразивными червячными кругами по методу обкатки. Этот метод особенно перспективен для вышлифовки канавок у инструментов с числом зубьев более 30.

Наибольший эффект достигается при вышлифовке канавок методом глубинного однопроходного шлифования. Глубинное шлифование по сравнению с многопроходным имеет преимущество прежде всего в повышении производительности операции вследствие возможности более интенсивного шлифования и в результате сокращения потерь времени на вспомогательные хода, перебеги, отводы и подводы круга и т. п., упрощается конструкция станка и облегчается его автоматизация, уменьшается число термоциклов, что повышает усталостную прочность материала. При глубинном шлифовании значительно повышается износостойкость шлифовального круга.

На операциях вышлифовывания стружечных канавок инструмента широко применяют скоростное глубинное шлифование, которое резко повышает режущую способность шлифовального круга и позволяет увеличить производительность обработки в 2—4 раза.

Значительное влияние на качество поверхности канавок и производительность процесса оказывает характеристика шлифовальных кругов. Условия резания при вышлифовывании канавок соответствуют условиям чистового шлифования, в связи с чем рекомендуется применять мелкозернистые круги.

Для исключения прижогов при вышлифовывании канавок у ин-

струментов из быстрорежущих сталей применяют круги на специальных органических связках, а при вышлифовывании канавок у инструментов из твердых сплавов—круги на органических или металлических связках, имеющих более высокую стойкость. Для вышлифовывания канавок у инструмента из быстрорежущей стали. Применяют круги из электрокорунда, а у инструмента из твердого сплава — алмазные круги.

Важное значение для однопроходного шлифования канавок имеет правильный выбор смазочно-охлаждающей жидкости. Имеются рекомендации по применению для этой цели осерненного маловязкого масла с компонентами против пенообразования.

При вышлифовывании стружечных канавок инструмента из твердого сплава рекомендуется применять 50 %-ную водную эмульсию.

Использование метода глубинного шлифования имеет ограничения по размерам инструментов из-за потребной мощности привода и очевидного недостатка, связанного с низким коэффициентом использования материалов.

В условиях крупносерийного производства рекомендуется для инструмента диаметром более 15 мм применять глубинное шлифование профилей канавок после пластической деформации. Такая технология обеспечит сочетание хорошей экономичности процесса и точности инструмента.

Шлифование многогранных неперетачиваемых пластин. Многогранные неперетачиваемые пластины изготавливают нормальной точности и прецизионные. Биение главных режущих кромок у фрез с шестью-, пятью- и четырехгранными пластинками на двух смежных зубьях должно быть не более 0,12 мм, а на всей фрезе — не более 0,2 мм, торцовое биение допускается не более 0,2 мм. Предельное отклонение положения зачистных фасок относительно боковых поверхностей пластин повышенной точности  $\pm 0,01$  и прецизионных пластин  $\pm 0,003$  мм. Многогранные пластинки по биению главных режущих кромок сортируют по группам. По плоскостям пластинки подвергают доводке или шлифованию.

Для алмазного шлифования твердосплавных многогранных неперетачиваемых пластин выпускают специальные автоматизированные станки. Плоскошлифовальный полуавтомат служит для шлифования опорных торцов пластин. Станок имеет два стола, работающих поочередно.

Для шлифования граней и вершин многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин повышенной точности и прецизионных пластин в условиях крупносерийного производства применяют копировальный автомат. Шлифование производят торцом чашечного алмазного шлифовального круга. Станок оснащен системой циклового программного управления и обеспечивает автоматический режим обработки. Точность обработки пластин по диаметру вписанной окружности 0,025 мм.

Шлифование пластин и вставок из синтетических сверхтвердых материалов. Многогранные пластины из сверхтвердых материалов рекомендуется изготавливать из цилиндрических вставок с последующим шлифованием граней алмазными кругами.

При затачивании ножей-вставок, оснащенных синтетическим сверхтвердым материалом, эффективным является алмазно-электролитическое шлифование кругами.

### **38 ЗАТЫЛОВАНИЕ ЗУБЬЕВ ИНСТРУМЕНТА ШЛИФОВАНИЕМ**

Затылование шлифованием является, как правило, финишной операцией при изготовлении таких сложных затылованных инструментов, как фрезы. При затыловании шлифованием необходимо обеспечить высокую точность положения режущих кромок на исходной инструментальной поверхности и неизменность этого положения при переточках по передней поверхности.

Шлифование инструмента по задним поверхностям производится двумя способами: на станках или приспособлениях с затыловочным движением; без затыловочного движения при изготовлении сборного инструмента с образованием задней поверхности по поверхности вращения.

Затылование шлифованием осуществляют на универсально-затыловочных станках повышенной точности, на специальных шлифовально-затыловочных станках. Затылование мелко модульных, червячных фрез и резьбового инструмента можно проводить на резьбошлифовальных станках. При затыловании шлифованием на универсально-затыловочных станках применяют специальные приспособления.

Определение размера шлифовального круга. Наибольший диаметр шлифовального круга выбирают в зависимости от длины шлифованной части зуба при условии, что шлифовальный круг не должен задевать соседний зуб. Искомый диаметр шлифовального круга определяют графически. Фасонный профиль шлифовального круга заправляют алмазом с помощью различных копируемых приспособлений или накатывают роликом.

Профиль шлифовального круга для шлифования затылованных фрез не совпадает с профилем фрезы в осевом сечении. Это связано с тем, что круг контактирует с затылованной поверхностью

Профиль круга с наибольшим приближением к теоретическому можно получить, используя накатной ролик, профиль которого получен фасонным резцом.

### **39 ШЛИФОВАНИЕ РЕЗЬБЫ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТАХ**

После термообработки резьбу на метчиках, резьбовых фрезах, накатных роликах, нарезных и накатных плашках и другом резьбообразующем инструменте шлифуют на универсальных резьбошлифовальных станках, на специальных резьбошлифовальных полуавтоматах для шлифования метчиков, на автоматах.

Резьбошлифовальные станки различают по следующим конструктивным признакам:

средствам настройки для получения заданного шага резьбы (с помощью постоянного ходового винта и сменных зубчатых колес;

сменных ходовых винтов; сменных копиров без ходового винта);  
способу установки на угол подъема винтовой линии поворотом стола или поворотом шлифовальной бабки;

движению при затыловании, которое осуществляется: качанием стола с заготовкой вокруг оси, параллельной оси изделия, поперечным возвратно-поступательным движением шлифовальной бабки, качанием шлифовальной бабки вокруг оси, параллельной оси изделия, поворотом эксцентричной гильзы шлифовальной головки, смещением центра задней бабки.

Применяют несколько методов шлифования резьбы на резьбошлифовальных станках: однониточным кругом, многониточным цилиндрическим кругом, многониточным коническим кругом и многониточным кругом с заборным конусом. Метод шлифования однониточным кругом применяют в тех случаях, когда требуется высокая точность резьбы. Производительность шлифования многониточным кругом в 2—10 раз выше производительности шлифования однониточным кругом, но точность значительно ниже.

При шлифовании резьбы на деталях из быстрорежущих сталей применяют шлифовальные круги из белого электрокорунда, зеленого карбида кремния и монокорунда. Рекомендуется применять круги из кубического нитрида бора или кубанита. Круги из кубического нитрида бора имеют стойкость в 2—4 раза выше стойкости абразивных кругов. Особо эффективно применений кругов из эльбора или кубанита при шлифовании изделий из вольфрамомолибденовых сталей и сплавов с повышенным содержанием ванадия и кобальта.

При шлифовании резьбы на деталях из твердых сплавов рекомендуется применять алмазные круги. Абразивные шлифовальные круги применяют на керамических и органических связках, круги из эльбора—на органической и керамической связках, круги из кубанита — на металлической и керамической связках.

#### **40 ЗАТАЧИВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Затачивание — это одна из окончательных технологически операций, в процессе которой обрабатывают передние и задние поверхности инструмента. При затачивании обеспечивается заданная форма режущей кромки, геометрические параметры режущего инструмента и качество его поверхности.

Процесс обработки при затачивании характеризуется:

- 1) кинематикой движения абразивного зерна — обработка торцом или периферией круга;
- 2) характером контакта круга с деталью — прерывистый непрерывный;
- 3) регламентированием параметров производительности с работки — по регламентированной подаче;
- 4) схемой съема припуска — многопроходной, глубинной или врезной;
- 5) способом шлифования — механическим или электрохимическим.

Особенности кинематики движения абразивного зерна при работе торцом круга по сравнению с работой периферией круг приводят к резкому увеличению длины контакта шлифовального круга с затачиваемой поверхностью, что

при прочих равных условиях является причиной увеличения производительности обработки в 1,5—3 раза и снижения шероховатости поверхности. Поэтому заточку торцом круга применяют почти во всех случаях допускаемых условиями формообразования и взаимного расположения шлифовального круга и затачиваемого инструмента.

Для повышения производительности рекомендуется производить затачивание с непрерывным контактом. Регламентирование поперечной подачи имеет преобладающее применение в заточных станках. Оно обеспечивает повышение жесткости системы СПИД и точность обработки, улучшает условия самозатачивания шлифовального круга и уменьшает зависимость производительности обработки от степени затупления круга.

Упругое затачивание режущего инструмента осуществляют введением в систему станок-приспособление—круг-деталь звена пониженной жесткости. Упругое затачивание обеспечивает стабилизацию динамических и тепловых явлений, сопровождающих процесс резания. Поскольку эти факторы оказывают наибольшее влияние на образование прижогов, трещин и других поверхностных дефектов, применение упругого затачивания способствует стабилизации качества заточенной поверхности.

Этот вид затачивания наиболее распространен при затачивании резцов, оснащенных пластинками из твердого сплава. Для упругого абразивного затачивания резцов выпускают станки для алмазного затачивания, станки для электрохимического затачивания.

Для выполнения упругого затачивания следует применять круги на металлических или керамических связках.

Глубинное затачивание. Съем припуска при заточке инструмента производят по схеме многопроходного, глубинного или врезного шлифования. При многопроходной обработке припуск снимают за большое число проходов при малой глубине шлифования и повышенной продольной подаче для алмазных, эльборовых и для кругов из электрокорунда и карбида кремния.

При глубинном способе весь припуск снимают обычно за один— три прохода при большой глубине шлифования и низкой продольной подаче.

Соотношение подачи и глубины резания должно быть таким, чтобы обеспечивался съем всего припуска за один проход с учетом мощности станка. Применение глубинного шлифования стало возможным с появлением алмазных кругов на специальных металлических связках. С применением глубинного шлифования стало целесообразно применять алмазную обработку твердосплавного инструмента без применения предварительной обработки кругами. Для рационального использования алмазносного слоя рекомендуется использовать круги с заборным конусом. При обычном многопроходном шлифовании происходит циклический нагрев и охлаждение твердого сплава, что приводит к образованию трещин.

Образующийся при глубинном шлифовании заборный конус на алмазном круге увеличивает площадь контакта круга с твердосплавной пластинкой, в результате чего тепловой поток в зоне контакта распределяется более равно-

мерно. Малые значения продольных подач, характерные для глубинного процесса, увеличивают толщину прогретого слоя и тем самым снижают градиент температур. Оба этих фактора уменьшают опасность возникновения трещин.

Следует, однако, отметить, что уменьшение продольной подачи при глубинном затачивании увеличивает продолжительность воздействия нагрева на обрабатываемую поверхность, что может привести к возникновению дефектного слоя на поверхности инструмента. Во избежание этого глубинное затачивание ведут с обильным охлаждением с подачей СОЖ под давлением.

Электрохимическое затачивание. Большинство заточных операций осуществляется механическим шлифованием, при котором съем припуска происходит в результате процесса резания обрабатываемого материала абразивными зернами. При электрохимической алмазной обработке совмещается анодное растворение и механическое удаление частиц твердого сплава алмазными кругами.

По сравнению с обычной алмазной заточкой электрохимическая заточка обеспечивает повышение производительности обработки и снижение степени затупления шлифовального круга, позволяет обрабатывать инструмент из твердого сплава совместно со стальной державкой. Основным недостатком электрохимической обработки является сложность при обслуживании установки.

Технология заточки режущих инструментов. Основными видами операций является заточка передней и задней поверхностей, доводка фасок и ленточек, заточка элементов, способствующих разделению, завиванию и дроблению стружки.

Инструмент из быстрорежущей стали затачивают по следующим схемам обработки.

1.Затачивание кругами из электрокорунда.

2.Затачивание кругами из электрокорунда, доводка фасок и ленточек кругами из эльбора.

3.Затачивание кругами из эльбора.

Затачивание инструмента с напаянными пластинками из твердого сплава выполняют по следующим схемам.

1. Затачивание стального корпуса кругами из электрокорунда; затачивание твердосплавной пластины кругами карбида кремния зеленого; доводка фасок и ленточек алмазными кругами.

2. Затачивание кругами одновременно твердого сплава и стальной державки; доводка фасок и ленточек алмазными кругами.

3. Затачивание одновременно твердого сплава и стальной державки алмазными кругами на металлических связках по методу электрохимического шлифования или алмазными кругами на керамических связках.

## **41 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА**

В производстве абразивных инструментов применяется большое ко-

личество механизированного и автоматизированного оборудования для приготовления смеси, формования изделий, термической обработки и механической обработки. Такое оборудование можно использовать на базе специализации заводов на выпуске однотипной продукции, использования типовых технологических процессов и единых рецептур связки. Связка в исходном состоянии готовится, как правило, в виде порошка. Это позволяет при смешивании с абразивным зерном обеспечить равномерность распределения компонентов по всему объему инструмента. В некоторых случаях применяют и другие приемы. Например, при изготовлении абразивных лент и шкурок абразивные зерна закрепляют на поверхности тканевых основ в слое клеящего вещества.

Последовательность и режимы выполнения операций, применяемое оборудование и оснастка определяются многими факторами, среди которых основную роль играют материал связки, форма и размер инструмента, серийность производства.

#### **41.1. Изготовление инструмента на керамической связке**

Керамическая связка получается в результате полного или неполного сплавления твердых веществ, главным образом окислов, во время термической обработки (обжига) при высокой температуре. Основными характеристиками керамических связок являются: плавкость, реакционная способность, вязкость, коэффициент термического линейного расширения, теплопроводность, модуль упругости и механическая прочность. Некоторые из этих характеристик, например, коэффициент линейного расширения, модуль упругости и прочность, во многом определяют эксплуатационные свойства изделий. Такие характеристики, как плавкость, определяемая температурой размягчения связки, реакционная способность, характеризующая степень взаимодействия связки с абразивным зерном, вязкость и другие, существенно влияют на выбор технологических режимов изготовления. Изменение свойств керамических связок достигается изменением химического состава связки и технологии изготовления.

Различают плавящиеся и спекающиеся керамические связки. Плавящиеся связки в основном применяются при изготовлении абразивных инструментов из электрокорунда. В результате процессов, происходящих при обжиге этих связок, они целиком превращаются в стекло. Взаимодействуя с электрокорундом, плавящиеся связки растворяют его поверхность, образуя твердые растворы, что обеспечивает после охлаждения прочное сцепление зерна со связкой. Количество связки при этом может быть небольшим. Некоторое сплавление зерен абразива не снижает режущей способности инструмента. Плавящиеся связки не применяют для изготовления инструмента из карбида кремния. При расплавлении связки и взаимодействии образовавшейся жидкой фазы с зернами карбида кремния последний разлагается с образованием кремния и углерода. Тонкая пленка углерода на поверхности снижает прочность закрепления зерен в связке. Поэтому при выпуске инструмента из порошков карбида кремния применяют спекающиеся керамические связки.

Спекающиеся связки (фарфоровидные) только частично плавятся в процессе обжига. Они не вступают во взаимодействие с абразивным зерном, не разрушают его поверхность. Прочность удержания зерен в этом случае в основном определяется механическими свойствами связки, частицы которой припекаются друг к другу. Для обеспечения высокой прочности удержания абразива в спекающейся связке количество ее в единице объема инструмента принимается в 2—3 раза больше, чем плавящейся. Состав связки подбирается так, чтобы во время обжига образовывалось небольшое количество жидкой фазы, застывающей при охлаждении. Это повышает прочность закрепления зерен.

В процессе изготовления инструмента из сыпучей абразивной формовочной массы получается высокопрочное жесткое тело определенной формы и геометрических размеров. Для этого готовят шихту (абразивную формовочную массу), состоящую из смеси компонентов связки, абразивных зерен и клеящего вещества. Затем полученную массу спрессовывают в брикет, форма и размеры которого близки к окончательным. После прессования производят термическую обработку, сушку и обжиг для придания инструменту высокой прочности и механическую обработку для обеспечения заданной точности формы и размеров.

#### **41.1.1. Приготовление абразивных формовочных масс**

Цель этого этапа — получение однородной по составу и плотности смеси всех компонентов: шихты-связки, абразивного зерна и увлажняющего клеящего вещества. Инструменты различной твердости и структуры изготавливают с использованием шихты связки одного состава, изменяя соотношение объемов зерна, связки и пор. Абразивная формовочная масса готовится в два приема: вначале смешивают компоненты шихты связки, а затем компоненты абразивной формовочной массы. Различают однокомпонентные и многокомпонентные связки. В качестве однокомпонентных связок могут быть использованы материалы вулканического происхождения — перлит и обсидиан. В современном производстве абразивных инструментов в основном используют многокомпонентные связки из смеси различных керамических материалов: глины, полевого шпата, пегматита, талька, кварца и др. Изменяя рецептуру шихты связки и ее состав, можно в широких пределах варьировать свойства получаемого в результате обжига керамического материала.

Порошки керамических веществ при обычных условиях не спрессовываются в прочные брикеты даже при больших давлениях. Формовать их можно только с использованием клеящих добавок и увлажнителей: декстрина, жидкого стекла и др. Некоторые из этих веществ выгорают при обжиге другие, например жидкое стекло, сплавляются с компонентами связки, и изменение химического состава связки за счет этого должно быть учтено при составлении рецептуры.

### 41.1.2. Применяемые материалы

Химический состав связки и свойства образующегося после обжига материала зависят от качества исходных материалов: глины, плавней, клеящих веществ и др.

Глина представляет собой широко распространенную осадочную горную породу, в основном состоящую из каолинита и других глинистых материалов (водных алюмосиликатов) с величиной частиц менее 0,01 мм. При нагревании увлажненной глины вначале испаряется введенная извне вода, а при температуре более 500° С удаляется химически связанная вода. При дальнейшем нагреве оплавляются легкоплавкие примеси и образуется жидкая фаза. С образованием жидкой фазы при повышении температуры начинается уплотнение (усадка) спрессованного брикета до полного исчезновения пор. В результате происходящих при обжиге сложных физических и химических процессов прочность спрессованного изделия существенно повышается. Для изготовления абразивных инструментов применяют высококачественную глину с небольшим количеством примесей. Так, например, в глинах Латнинского месторождения содержится до 49% SiO<sub>2</sub>, 36% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,48% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,87% CaO, 0,53% прочих окислов. Несколько отличается по составу глина Челябинского месторождения, которая содержит большое количество примесей— 2,8% против 1,9% у Латнинской глины.

Важными характеристиками глины являются пластичность, связующая способность и огнеупорность. Пластичность зависит от химического и минерального состава глины, формы и дисперсности частиц, образующих массу. Пластичность характеризует способность глиняного теста принимать под воздействием внешних сил определенную форму. Пластичные глины поглощают при смешивании большое количество (18—50%) воды, которая тонкой пленкой покрывает каждую частицу. Чем мельче частицы, входящие в состав глины, тем больше влаги поглощается при замешивании и тем пластичнее материал связки.

Связующая способность глин характеризуется повышением прочности отформованного тела за счет возникающих при сушке сил сцепления между частицами массы. В производстве абразивного инструмента используются пластичные глины, обладающие высокой связывающей способностью.

Огнеупорность глин зависит от химического состава, дисперсности частиц и условий нагрева. Чем больше в составе глины окисла Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и чем меньше размер частиц, тем выше ее огнеупорность, так как глины являются механической смесью веществ, имеющих различную температуру плавления, то они расплавляются в интервале температур. Поэтому под огнеупорностью глины понимают температуру существенного размягчения. По огнеупорности глины условно разделяются на огнеупорные с температурой плавления выше 1580°С, тугоплавкие с температурой плавления 1380—1580°С, легкоплавкие с температурой плавления менее 1380°С. Для изготовления абразивных инструментов используют тугоплавкие и огнеупорные глины с температурой размягчения выше 1580°С. В некоторых случаях для повышения пластичности абра-

живных формовочных масс и снижения температуры обжига в их состав вводят небольшое количество легкоплавкой бентонитовой глины. Легкоплавкие глины содержат в своем составе большое количество окислов железа и кальция. Эти материалы являются вредными примесями. Поэтому для снижения температуры обжига в состав шихты лучше вводить не содержащие вредных примесей вещества — плавни — с относительно низкой температурой плавления. Такие материалы, помимо снижения температуры, повышают реакционную способность связок. В промышленном производстве абразивных инструментов в качестве плавней применяют полевой шпат, тальк, борное стекло.

Полевые шпаты—минералы белого, красноватого, серого и других цветов. Для приготовления шихты связки используют калиевый полевой шпат — ортоклаз  $\text{K}_2\text{O}_x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{SiO}_2$ . Полевой шпат размягчается при температуре 1200—1250°C. Полное расплавление наступает при температуре выше 1500°C. В последнее время проведены работы, по замене полевого шпата стеклом вулканического происхождения — перлитом.

Тальк имеет более высокую по сравнению с полевым шпатом огнеупорность 1500—1550°C. В процессе спекания он образует с компонентами связки легкоплавкие эвтектики, что снижает температуру обжига. В состав талька входят окислы магния, кремния, примеси и связанная вода. Из-за удаления ее потери в весе при прокаливании составляют 4-8%. Взамен талька могут применяться и другие минералы, содержащие в своем составе окись магния, например магнезит.

В состав специально приготовляемого борного стекла, используемого для снижения температуры обжига связки, входят окислы  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NaO}$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ . Борное стекло обладает в отличие от природных материалов высокой стабильностью химического состава. При использовании этого материала повышается стабильность качества инструмента. Для применения в качестве компонента шихты связки сваренное борное стекло после охлаждения дробится и просеивается на ситах.

В качестве увлажняющих, клеящих добавок (временного связующего) применяют жидкое стекло и декстрин. Жидкое стекло используется в основном для крупнозернистых масс. Оно готовится растворением в воде материала, получаемого при сплавлении кварцевого песка с содой или сульфатом натрия. Этот сплав напоминает по виду обыкновенное стекло зеленоватого или голубоватого оттенка и называется «силикат-глыбой». Важной характеристикой силикат-глыбы является силикатный модуль, характеризующий отношение числа грамм-молекул  $\text{SiO}_2$  к числу грамм-молекул  $\text{Na}_2\text{O}$ . Модуль определяет огнеупорность материала и, как правило, равен 2,6—3. Силикат-глыбу для получения жидкого стекла растворяют в кипящей воде до получения 50% раствора, который после отстаивания примесей разбавляется до плотности 1,48—1,5 г/см<sup>3</sup>. Приготовленное таким образом жидкое стекло вязкой консистенции имеет следующий состав: 32—34,5%  $\text{SiO}_2$ , 11—13,5%  $\text{Na}_2\text{O}$ , не более 0,25%  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ; не более 57%  $\text{H}_2\text{O}$ ; не более 0,4% прочих примесей.

Жидкое стекло разлагается при хранении из-за взаимодействия с углекис-

лотой воздуха. Поэтому приготовленный раствор хранят в герметичных сосудах. Используя жидкое стекло в качестве клеящей добавки, следует иметь в виду, что при нагревании оно вначале теряет воду и затем при температуре около 800 °С начинает плавиться. Окислы, входящие в состав стекла, взаимодействуют в расплавленном виде с другими материалами связки. Излишнее количество жидкого стекла может привести к большой усадке брикета и короблению его из-за большого количества образующейся жидкой фазы. В связи с этим необходимо тщательно контролировать количество жидкого стекла, вводимого в состав абразивной формовочной массы.

Декстрин применяют при изготовлении мелкозернистых формовочных масс. Декстрин — порошок светло-желтого цвета, хорошо растворимый в воде. Получают декстрин гидролизом крахмала. Насыпная масса декстрина в порошке составляет 0,45—0,55 г/см<sup>3</sup>. В процессе формования и сушки инструмента на керамической связке декстрин служит связующим веществом. Во время обжига он плавится при температуре около 225 °С и выгорает при температуре более 500 °С. Промышленностью выпускаются несколько сортов декстрина, пригодных для применения в производстве абразивных инструментов. Преимущественно используют палевый и желтый декстрин, несколько различающиеся растворимостью в воде и клеящей способностью.

В поступающем в производство порошке декстрина содержание влаги не должно превышать 10%, а содержание золы 0,4—0,6%. При большем количестве влаги материал комкуется. Для приготовления абразивных инструментов используют декстрин в сухом состоянии или в водном растворе. Раствор декстрина готовят в специальных котлах с подогревом до 80 °С. В результате получают жидкость, которую процеживают через сита для удаления комков. Плотность раствора зависит от концентрации и изменяется от 1,08 до 1,3 г/см<sup>3</sup> при повышении концентрации от 20 до 60%. Приготовленный раствор быстро густеет и разлагается.

Сульфитный щелок применяется как заменитель декстрина. Его получают при переработке древесины в целлюлозу. Сульфитный щелок растворяется в воде и обладает хорошими клеящими свойствами. При нагревании сульфитный щелок выгорает практически без остатка. Применяемый в производстве абразивного инструмента 50%-ный раствор щелока имеет плотность 1,26—1,28 г/см<sup>3</sup>.

### **41.1.3. Приготовление шихты связки**

Шихта керамической связки состоит из небольших по размеру твердых частиц керамических материалов. При нагреве спрессованного из такой смеси брикета вначале размягчаются наиболее легкоплавкие компоненты. Расплавляясь, они взаимодействуют с твердыми и растворяют их. Образующиеся при этом соединения имеют более низкую температуру плавления по сравнению с исходными, и в обжигаемом теле при нагреве растет количество жидкой фазы. По мере дальнейшего нагрева жидкая фаза вступает во взаимодействие с другими твердыми частицами, составляющими брикет, в том числе и с абразив-

ными зернами. В результате действия сил поверхностного натяжения на границе между жидкой фазой и твердыми частицами происходит процесс усадки всего изделия. При постепенном охлаждении обожженного тела образовавшееся при оплавлении стеклообразное или фарфоровидное вещество затвердевает, прочно закрепляя абразивные зерна. От равномерности распределения компонентов во всем объеме связки зависит однородность свойств: твердость и плотность обожженного инструмента.

Равномерность состава шихты связки по всему объему может быть достигнута путем смешивания предварительно измельченных компонентов или совместного сплавления (фриттования) их при высокой температуре с последующим дроблением.

Порошки можно смешивать мокрым и сухим способами. Мокрый способ приготовления шихты связки включает операции дозирования дробленых компонентов и смешивания их в присутствии большого количества воды (до 60%) в барабанных смесителях в течение более 8 ч. Приготовленная масса, называемая шликерной, высушивается и дробится до требуемой крупности частиц. Полученный порошок имеет однородный химический состав. Мокрый способ приготовления шихты редко применяется в абразивной промышленности из-за больших трудозатрат и сложности оборудования на высушивание шликера затрачивается большое количество тепла.

Сухое смешивание компонентов обеспечивает однородность состава шихты связки только при использовании тщательно измельченных материалов. Способ измельчения зависит от состава материала компонента. Например, высушенную предварительно при температуре 150—200 °С до влажности не более 1% глину измельчают на зубчатых вальцах и затем в шаровых мельницах. Полевой шпат перед помолом прокаливают при температуре 800—1000 °С и последовательно измельчают на щековых, валковых или молотковых дробилках и шаровых мельницах. Компоненты шихты связки после дробления должны быть сухими. Наличие влаги более 1,5% в глине или 0,5% в остальных материалах может привести к некачественному смешиванию их из-за комкования.

Материалы, входящие в состав шихты, при сухом смешивании дозируются весовым методом. Точность дозирования должна быть высокой, так как соотношение компонентов во многом определяет качество связки. Если в связке содержится больше, чем предусмотрено рецептурой, легкоплавких веществ, то при обжиге увеличивается количество жидкой фазы. Это может привести к сильному уплотнению брикета, завышению твердости инструмента, деформации его из-за чрезмерного размягчения массы. В изделиях из зеленого карбида кремния излишнее количество жидкой фазы приводит к разложению его и появлению во внутренних частях обожженного брикета черных пятен. Окисление продуктов разложения карбида кремния вызывает также образование пузырчатой пленки на поверхности изделий. Недостаточное количество плавней в составе шихты по сравнению с заданным приводит к снижению твердости и механической прочности инструмента. Для получения высокой

степени однородности смешиваете шихты связки производят в шаровых мельницах, облицованных кремневыми пластинами. Материал загружают в барабан вместе с фарфоровыми или кремневыми шарами в соотношении 1:1 по массе. Это обеспечивает дополнительное измельчение компонентов. Регулируя время смешивания, можно менять зернистость связки. При загрузке материала в смеситель соблюдают такую последовательность: вначале загружают полевой шпат, борное стекло и другие непластичные материалы с кремневыми шарами; после 10-40 ч смешивания — глину, тальк и производят совместный помол в течение 2-10 ч. Готовую шихту связки просеивают через сито с ячейками 0,5-0,8 мм.

Качество приготовленной смеси контролируют по однородности и химическому составу. Однородность смешивания проверяют под микроскопом, а состав связки — анализом. Химический анализ — длительная и дорогая операция — производится периодически. Более ускоренным, но менее точным, является контроль огнеупорности материала связки, зависящей от ее химического состава. Связка считается годной, если огнеупорность пирамиды, изготовленной из нее, соответствует заданной. Приготовленная шихта связки хранится в герметичной таре: в мешках из бумаги и прорезиненной ткани, в Металлических ящиках. Время хранения шихты связки не должно превышать 10 суток. Связки при хранении могут расслаиваться из-за различия в плотности материала компонентов. Возможности регулирования и корректировки состава шихты при сухом смешивании ограничены, так как в качестве основных компонентов используется минеральное сырье. Этим недостатком лишены связки, приготовленные фриттованием (сплавлением).

Фриттованию подвергаются все материалы, предварительно измельченные до крупности 1—1,5 мм. Это делается для получения высокой степени однородности связки по составу. После дозирования компонентов сырье смешивают и сплавляют при температуре выше 1300 °С до получения однородной массы. При приготовлении фритты для обеспечения точного состава можно регулировать соотношение компонентов по результатам химического анализа исходного сырья. После нагрева и выдержки при заданной температуре расплавленную массу фритты выливают в воду и дробят затем на щековой и валковой дробилках и в шаровой мельнице. В результате просеивания получают мелкодисперсную высококачественную шихту связки, состоящую из частиц однородного материала. К преимуществу фриттования следует отнести то, что после предварительного сплавления компонентов температура обжига массы при прочих равных условиях может быть снижена. Недостаток фриттования в его большой трудоемкости. При изготовлении высококачественных инструментов класса А фритта добавляется в состав связки, как один из компонентов.

#### **41.1.4. Приготовление керамических абразивных формовочных масс**

Абразивные массы для формования готовят смешиванием абразивного зерна, связки и увлажнителя, взятых в определенном весовом соотношении. Объемное количество зерна в связке обусловлено заданной структурой

инструмента. Принято, что инструмент структуры № 1 должен в своем объеме содержать 60% зерна. С увеличением номера структуры на единицу это количество пропорционально уменьшается на 2%, так что инструмент со структурой № 2 содержит 58% абразивного порошка, № 3 — 56% и т. д. По известному номеру структуры количество абразивного зерна для изготовления инструментов без учета потерь может быть рассчитано.

Количество связки определяет прочность удержания зерна и твердость инструмента: чем больше связки, тем больше прочность удержания зерен и выше твердость. Необходимое для обеспечения заданной твердости инструмента количество связки определяется экспериментально. Для этого изменяют объем связки при неизменном объеме зерна и определяют, как меняется твердость инструмента. На основании этих данных составляют расчетные таблицы, в которых указывают объемное процентное содержание связки для различных значений твердости и структуры. Как правило, с изменением объема обожженной связки на 1,5-2% твердость инструмента меняется на одну степень. Зная объем инструмента и процентное содержание связки, можно подсчитать массу связки.

При составлении рецептур масс количество шихты связки должно быть увеличено против расчетного на 5-6%, так как при обжиге удаляется связанная вода, входящая в состав компонентов, например, глины.

Количество клеящих веществ, вводимых в состав абразивной формовочной массы определяется следующим образом. Установлено опытным путем, что для получения достаточной прочности отформованного брикета на каждые 100 весовых частей сухой связки надо добавить не более 30-35 весовых частей жидкого стекла или 10-30 весовых частей 20-60%-ного раствора декстрина. Излишнее и недостаточное увлажнение шихты уменьшает прочность брикета.

При использовании жидкого стекла, переходящего при обжиге в состав связки, большее по сравнению с расчетным количество его приводит к завышению твердости. Небольшое количество клеящих веществ добавляется и на смачивание абразивного зерна: на 100 весовых частей зерна примерно 1,4 весовых частей увлажнителя.

Процесс приготовления абразивных формовочных масс включает дозирование компонентов, смешивание их и разрыхление. От точности дозирования зависит во многом качество инструментов. Как было показано выше, изменение количества связки на 1,5% меняет твердость изделия на одну степень. Так как твердость инструментов является важнейшей эксплуатационной характеристикой, точность дозирования связки должна быть высокой. Для дозирования шихты связки и абразива используют весовые дозаторы. Жидкое стекло и раствор декстрина можно дозировать по объему механическими поршневыми дозаторами.

Качество приготовления абразивной формовочной массы определяется точностью химического состава, равномерностью распределения абразивных зерен, связки и увлажнителя по всему объему. При некачественном смешивании и применении неоднородных масс связки и увлажнителя в готовых изде-

лиях могут появиться дефекты. Смешивание абразивных масс усложняется тем, что в состав их входят сыпучие вещества, значительно различающиеся по крупности частиц, плотности и насыпной массе.

Смешивание может быть выполнено в смесительных агрегатах и шаровых мельницах. В первом случае одновременно со смешиванием сыпучих компонентов в шихту добавляют увлажнитель, который препятствует расслоению компонентов во время хранения и засыпки, улучшает прессуемость шихты. Такой процесс пригоден для приготовления крупнозернистых масс из абразивных порошков № 16 и крупнее. Для смешивания мелкозернистых масс из абразивных порошков № 12 и мельче эта технология не может быть использована, так как увлажненные мелкие частицы абразива слипаются в комки. Для предотвращения комкования готовят сухую смесь абразивного порошка, связки и декстрина в шаровой мельнице, а затем увлажняют шихту водой. Приготовление абразивной формовочной массы на специализированных заводах полностью механизировано. Чтобы не допустить попадания крупных частиц абразива в шихту с мелким абразивным порошком, оборудование закрепляется для смешивания масс с определенной зернистостью абразивных порошков. Таким образом уменьшается количество чисток оборудования при переходе на другие зернистости, что облегчает обслуживание.

Крупнозернистые абразивные формовочные массы готовят в специальных лопастных смесителях с вращающейся чашей типа и на массоприготовительных агрегатах производительностью 0,6—1,2 т/ч.

В массоприготовительный агрегат входят расходные емкости для хранения компонентов, дозирующие устройства, смесительные и протирочные машины. Оборудование обычно имеет вертикальную планировку, что позволяет отказаться от транспортирующих устройств для перемещения абразивной массы. Подача компонентов в дозаторы и в смесительную машину, абразивной массы на протирку и в вагонетки при вертикальном расположении оборудования происходит самотеком. Во всех машинах процесс смешивания осуществляется при непрерывном перемещении загруженных в чашу компонентов.

Первоначально в чашу подают зерно и увлажнитель, которые в течение некоторого времени перемешивают. Предварительное смешивание абразивного порошка с увлажнителем способствует равномерному обволакиванию каждого зерна частицами связки, засыпаемой в смеситель. Описанный порядок загрузки компонентов следует соблюдать и при приготовлении формовочной массы на других агрегатах. После смешивания шихту выгружают и протирают через сита.

При этом формовочную массу разрыхляют и освобождают от комков и крупных частиц. Протирку производят через сита с крупными (1—2,5 мм) ячейками. Применять более мелкие сита не следует, так как при просеивании обнажатся абразивные зерна от налипших частиц связки, что нежелательно.

Мелкозернистые массы готовят в отдельном помещении изолированно от крупнозернистых. К качеству их приготовления предъявляются повы-

шенные требования, так как мелкозернистый инструмент применяется на отделочных заключительных операциях обработки почти готовых изделий.

Мелкозернистые абразивные массы смешивают всухую в шаровых мельницах, поверхность которых футеруется керамическими плитами. Время смешивания изменяется от 0,5 до 5 ч при переходе от крупных к мелким зернистостям. В шаровую мельницу загружают вместе с шихтой связки и абразивом кремневые шары диаметром 40—70 мм в соотношении по массе 1:4. Это улучшает смешивание и обеспечивает доизмельчение связки. Чтобы улучшить формуемость мелкозернистых масс, после смешивания их увлажняют в смесительных машинах, оборудованных устройствами для подачи точного количества воды.

Для придания мелкозернистым массам высокой однородности и удаления случайно попавших осколков шихту протирают через сита с размером ячеек 0,4—0,5 мм на специальных протирочных машинах. После каждого замеса мелкозернистой массы оборудование и шары должны быть тщательно зачищены от остатков шихты. Увлажненные и протертые абразивные формовочные массы хранят в герметичных емкостях не более 24 ч. При большей длительности естественное удаление влаги приводит к пересушке смесей. При формовании из такой смеси брикетов происходит их расслаивание.

Контроль качества приготовления абразивных формовочных масс производится в течение всего технологического цикла. Это необходимо для предотвращения брака, выявляемого иногда лишь на окончательных операциях механической обработки обожженных изделий. Особое внимание следует обращать на химический состав исходного сырья, точность дозирования компонентов шихты и формовочной массы, отсутствие загрязнений и тщательность соблюдения технологических режимов времени смешивания, коэффициента заполнения объема смесителей и т. д. После проверки качественная смесь передается на участок формования.

#### **41.1.5. Формование инструмента**

Формованием получают заготовки (брикеты) инструментов, близкие по форме и размерам к готовому изделию с равномерной плотностью по всему объему. При формовании абразивных изделий предусматриваются припуски на механическую обработку после обжига. Для кругов диаметром 100—1100 мм припуск по высоте составляет 2—15 мм, по диаметру 1—10 мм. В некоторых случаях, например при изготовлении небольших кругов, применяют формование в размер без припусков на обработку. Существует два метода формования абразивных изделий: шликерное литье и прессование.

Для литья готовят абразивные формовочные массы, содержащие до 80% воды. Из массы отливают в форме болванку и вырезают из нее после сушки заготовку будущего инструмента. При формовании методом литья исключается необходимость использования прессов и сложной оснастки. Основные недостатки метода таковы. Для придания заготовке прочности при сушке в состав массы вводят большое количество глины и крахмальный клейстер.

Из-за усадки массы, содержащей большое количество воды, при сушке возникают трещины. Даже при большой вязкости массы плотность по высоте отливки неравномерна и нижние слои содержат больше абразивного зерна, чем верхние. Поэтому для обеспечения стабильных параметров изделий предусматривают значительно большие припуски на механическую обработку заготовок после обжига, чем при прессовании. Несмотря на кажущуюся простоту процесса, шликерное литье применяется редко, в основном для изготовления крупногабаритных кругов.

Прессование заготовок в пресс-формах на гидравлических или механических прессах и формовочных агрегатах имеет существенные преимущества перед литьем. В этом случае используются полусухие формовочные массы и удаление влаги из них не представляет затруднений. Точность заготовок, получаемых в пресс-формах, значительно выше, чем при литье, легче регулируется структура инструмента. Поэтому, прессование в настоящее время практически, вытеснило литье даже при изготовлении крупногабаритных инструментов.

Прессование керамических формовочных масс подчиняется общим закономерностям прессования порошковых тел. Так как в состав шихты, используемой для прессования брикетов абразивного инструмента, входят непластичные материалы, уплотнение в основном обуславливается более плотной укладкой частиц, а прочность брикета — наличием в связке пластичной глины, клеящих веществ и увлажнителя.

Прессование «до упора» кругов одного диаметра разной высоты в одной пресс-форме осуществляют с использованием стальных закаленных прокладок, высота которых зависит от размера круга. Для уменьшения высоты прессованного изделия прокладку укладывают на верхний пуансон, для увеличения — на обойму. Формование в размер может быть выполнено и без прокладок при точной остановке ползуна пресса на заданной высоте. Момент остановки определяется положением конечного выключателя, отключающего гидронасосы пресса.

Если при прессовании «до упора» массы будет больше расчетного, может произойти поломка пресс-формы или ее деформация. Этому недостатка лишена схема прессования «по давлению». В этом случае заранее опытным путем определяют давление, приложенное к формируемой массе, при котором обеспечивается заданная высота, а следовательно, и плотность брикета. По известному давлению определяют силу прессования. При формировании абразивных инструментов на гидравлических прессах, снабженных устройствами для регулирования силы, процесс прессования прекращают по достижении ранее рассчитанной силы.

Детали пресс-форм изготавливают из инструментальной стали и затем закалывают. Поверхности деталей, подвергающихся интенсивному абразивному износу, шлифуют и хромируют. Рабочие поверхности пресс-форм периодически перед засыпкой массы смазывают смазкой, содержащей графит. Это уменьшает трение массы о стенки, способствует уменьшению сил прессова-

ния. Долговечность пресс-форм зависит от тщательности обращения с ними, состояния оборудования, состава формуемых масс. При эксплуатации детали пресс-форм интенсивно изнашиваются. Допустимая величина износа регламентируется в технологических инструкциях, действующих на заводах. Так, по данным Запорожского абразивного комбината начальный зазор между подвижными деталями пресс-формы изменяется от 0,2 мм на сторону для кругов диаметром 100 мм до 0,6 мм для кругов диаметром 600—1100 мм. Допускается увеличение зазора при износе на 0,1—0,7 мм. Выработка на цилиндрической поверхности кольца не должна превышать 0,2—0,4 мм, оправки — 0,1—0,2 мм. На плитах, формирующих торцы кругов, допускается прогиб или выпуклость не более 0,15 мм при формировании кругов диаметром 100—200 мм и 0,7 мм — для кругов 900—1100 мм. С целью упрощения ремонта пресс-форм конструктивно предусмотрено выполнение наиболее быстроизнашивающихся деталей составными. Например, в обойму пресс-форм вкладывают тщательно подогнанное кольцо толщиной 2—3 мм, которое после износа меняют.

Формование абразивных формовочных масс в пресс-формах включает следующие операции: сборку пресс-формы, дозирование, засыпку и разравнивание формовочной смеси, уплотнение шихты в пресс-форме, извлечение изделий, укладку на плиты для сушки.

Дозирование массы для формования производится либо на автоматических весах с последующей укладкой массы в пресс-форму, либо объемным методом одновременно с укладкой. Первый способ обеспечивает большую точность, второй — более производителен. Объемное дозирование применяется для изделий массой не более 5 кг. Способ засыпки формовочной массы в полость пресс-формы зависит от метода дозирования, размеров и формы изделия, состава абразивной массы. При формировании небольших изделий дозирование и укладка (разравнивание) шихты совмещаются в одну операцию. Из питателя масса поступает в полость пресс-формы. Излишки массы снимаются при обратном ходе питателя.

Для засыпки формовочных масс при изготовлении кругов диаметром более 250 мм применяют специальные укладчики с разравнивателями массы в пресс-форме. В этом случае подаваемая в пресс-форму масса равномерно распределяется вращающимися спиральными ножами, лезвия которых выполнены так, что одно из них прилегает к оправке, а второе — к внутренней поверхности наружного кольца пресс-формы. Для дозирования и укладки крупнозернистой абразивной массы в пресс-формы при изготовлении кругов простой формы, например ПП, может быть применен сжатый воздух. Опыт применения такого способа укладки показал его преимущество перед известными: улучшаются условия труда, точность дозирования, уменьшается неуравновешенность кругов. Так как мелкозернистые абразивные массы менее подвижны, чем крупнозернистые, одновременно с укладкой и разравниванием их производят рыхление непосредственно в пресс-форме. Рыхление способствует получению однородного по плотности брикета.

Уплотнение абразивной формовочной массы в пресс-формах выполняют

на гидравлических прессах и специальных формовочных агрегатах. Скорость прессования 0,3—3 см/с. Начальная стадия прессования ведется при больших, а заключительная при меньших скоростях. При прессовании мелкозернистых масс брикет выдерживают под давлением в течение нескольких секунд.

Прессование с допрессовкой широко используют при изготовлении высоких кругов и выполняют в два этапа. Под обойму пресс-формы подкладывают прокладку и уплотняют массу при давлении, равном примерно половине расчетного. Затем прокладки извлекают и окончательно, прессуют круг. Во второй стадии уплотнение происходит в основном за счет перемещения нижнего пуансона, что обеспечивает более равномерное распределение плотности по высоте по сравнению с односторонним прессованием. Взамен прокладок могут быть использованы пружины, удерживающие от перемещения обойму в начальный период прессования и сжимающиеся во второй. При использовании передвижных тележек, на которых устанавливается пресс-форма вне зоны прессования применяют также специальные упоры, на которых вывешивают обойму до начала прессования. Эти упоры могут быть шариковыми и тогда на обойме выполняется специальная проточка.

Прессование с гидроплитой широко применяется в настоящее время на заводах при изготовлении крупногабаритных инструмент тов. Основным преимуществом гидроплит является то, что они способствуют получению равномерной плотности по площади изделия. Это обеспечивает после обжига получение изделий с равномерной твердостью, что особенно важно при прессовании кругов формы ПП диаметром 900—1400 мм. Формование с гидроплитой неизбежно приводит к некоторому увеличению припусков на механическую обработку по высоте, однако это оправдывается повышением качества инструмента.

Прессование пластин с последующей разрезкой их на заготовки применяют, например, при изготовлении брусков небольшого сечения. Поштучное прессование таких изделий не производят из-за трудности разравнивания шихты в узкой полости пресс-формы. Поэтому поштучное прессование заменяют прессованием пластины большего размера с последующей разрезкой ее на заготовки. Например, при изготовлении брусков длиной 150 мм прессуют круглые пластины диаметром 350—400 мм и после сушки разрезают бакелитовым кругом на прямоугольные бруски. При изготовлении тонких брусков может быть отформована пластина-заготовка двойной высоты, которая разрезается как по длине, так и по высоте. Такую же технологию используют для формования тонких (менее 10—15 мм) кругов формы ПП диаметром до 350 мм. При формовании таких кругов из-за малой толщины слоя трудно разравнять шихту в пресс-форме по всей площади. Неравномерное разравнивание приводит к большому разбросу твердости. Поэтому формуют болванку двойной высоты, сушат и разрезают ее бакелитовым отрезным кругом из электрокорунда зернистостью 25—40. Недостатком описанной технологии является повышенный расход абразивной формовочной массы из-за большого количества отходов. Однако повышение качества инструмента и равномерности

твердости оправдывает некоторое увеличение затрат на изготовление. Для транспортировки свежесформованных изделий используются специальные поддоны, вакуумные присосы, пневмоподъемники в виде надувного кольца, которое охватывает «руг по периферии плиты. Крупногабаритные изделия перемещаются с использованием механизированных транспортных средств на подкладочных плитах, которые закладываются перед прессованием в пресс-форму.

Прессование на формовочных агрегатах и автоматических линиях обеспечивает изготовление в час до 50 кругов диаметром 400—600 мм или 800—1200 кругов диаметром 50—80 мм. На формовочных агрегатах выполняют все операции от весового или объемного дозирования массы до укладки готового изделия на плиту для сушки. Массу в пресс-формах разравнивают вращающимися спиральными ножами, и прессуют до заданной высоты или по давлению, определяемому электроконтактным манометром.

Особую сложность представляет формирование инструментов малых размеров с различной высотой сечения в направлении прессования.

Автоматические формовочные линии объединяют в одну технологическую линию машины по приготовлению абразивной формовочной массы и формированию изделий, что обеспечивает высокую производительность труда. После формирования для обеспечения равномерного распределения влаги в кругах изделия выдерживают на воздухе в течение 12—48 ч.

#### **41.1.6. Термическая обработка абразивного инструмента**

Прочность брикета абразивного инструмента значительно увеличивается после термической обработки в результате физических, химических и структурных изменений, происходящих в керамических отформованных телах при нагреве. Процесс термической обработки брикетов разделяется на два этапа: сушку и обжиг. Во время сушки удаляется несвязанная вода, затвердевает клеящий увлажнитель и изделие приобретает прочность, достаточную для укладки в стопки на вагонетки, на которых производится обжиг изделий. Обжиг придает изделию окончательные физико-механические свойства. Процессы сушки и обжига могут быть объединены в одну технологическую операцию. Однако на большинстве заводов эти операции разделены, так как объединение требует сложной реконструкции печного оборудования.

Сушка происходит в печных установках камерного или туннельного типа. Изделия нагревают до температуры 90—120° С и выдерживают при этой температуре до тех пор, пока не удалится влага, содержащаяся в связке и клеящем веществе. Применяют радиационный и конвекционный способы нагрева. Радиационный нагрев изделия ведется путем облучения инфракрасными лучами, конвекционный — горячим воздухом или газом. Преимущественно используется конвекционный метод сушки. Изделия для сушки устанавливают на стальные или алюминиевые плиты, имеющие ребра или отверстия, и продвигают в печь. В процессе нагрева со скоростью 5—10° С/ч происходит интенсивное испарение влаги с поверхности изделия. За счет диффузии этот процесс

распространяется и на внутренние слои. По мере высыхания влаги клеящее вещество и входящая в состав связки глина цементируют зерна абразива и других компонентов, что способствует повышению прочности изделия. Полное удаление влаги нежелательно, так как пересушенные изделия имеют низкую прочность и склонны к растрескиванию. Количество остаточной влаги, обеспечивающее оптимальные свойства брикета, должно быть 0,4—0,6%. Сушку крупнозернистых изделий заканчивают выдержкой при температуре 120° С. Время сушки зависит от размера кругов и составляет 2—30 ч (для кругов диаметром 300—1100 мм). Мелкозернистые изделия сушат при температуре 90° С. Время сушки при этом несколько больше. После сушки изделия охлаждают в печи до температуры 60—70° С, а затем на воздухе до комнатной температуры.

Контроль качества изделий после сушки производится внешним осмотром или приборами. При контроле отбраковывают изделия повышенной влажности с трещинами, сколами, деформациями и другими дефектами, которые не могут быть удалены механической обработкой. Если круги при простукивании издадут глухой стук, их сушат вторично.

Высушенные изделия хранят перед обжигом не более 1—2 суток. При длительном хранении возможно поглощение влаги из воздуха, что приводит к короблению, образованию трещин и появлению дефектов при обжиге.

Обжиг абразивных инструментов на керамической связке является операцией, завершающей процесс образования прочного керамического тела с равномерно распределенными во всем объеме и прочно удерживаемыми зернами абразива. Обжиг производится в пламенных туннельных или электрических щелевых печах при температуре 1250—1350° С. Электрические печи обеспечивают высокую точность поддержания теплового режима и применяются при изготовлении брусков из мелкозернистых масс, кругов для скоростного шлифования, кругов класса А и других высококачественных инструментов. Изделия для обжига продвигают в туннельную печь на вагонетках, футерованных шамотным кирпичом и карборундовыми плитами. Канал печи снабжен песочным затвором, изолирующим подвижную часть вагонеток от воздействия высоких температур. По мере продвижения изделий по каналу туннельной или щелевой печи происходит нагрев их до температуры обжига 1250—1270° С. Если не считать незначительного оплавления зерен электрокорунда при взаимодействии со связкой, то абразивные частицы в процессе нагрева изделия не претерпевают никаких изменений.

По мере нагрева при температуре выше 100° С из брикета удаляются остатки химически несвязанной воды. При последующем подъеме температуры начинается удаление из глины и силикатного стекла связанной воды. Если в качестве клеящей добавки использовался декстрин, то при нагреве выше 200° С он плавится, при температуре 400° С коксует и выгорает при последующем повышении температуры. При температуре 700° С и выше начинаются процессы размягчения и плавления легкоплавких компонентов, входящих в состав глины, жидкого стекла и др. В результате сплавления

компонентов связки, образования твердых растворов, диффузии и других химических и физических процессов образуется стеклообразное вещество — керамическая связка. Образующийся материал частично растворяет поверхность абразивных зерен и прочно соединяется с ними. Во время обжига происходят сложные физико-химические процессы, связанные с изменением химического состава и агрегатного состояния вещества связки. Эти процессы сопровождаются усадкой брикета, газовыделением, изменением прочности и других свойств.

Так как керамические материалы малотеплопроводны, то прогрев их и сопутствующие процессы по всему объему изделия происходят неравномерно. При этом возможно образование трещин, коробления изделий и других дефектов. Для обеспечения равномерного прогрева изделия устанавливают на вагонетках в определенном порядке. Круги простых форм, например ПП, устанавливают в стопки. Высота стопки определяется прочностью изделий после размягчения связки и зависит от толщины и диаметра кругов. В качестве прокладок могут быть использованы ранее обожженные круги.

Круги диаметром 300 мм и толщиной до 25 мм устанавливают в стопки по 4 круга, при большей толщине — по 5—8 штук. В стопку устанавливают круги с одинаковыми геометрическими размерами. Сверху на круги формы ПП и цилиндрические болванки для кругов 2П, 3П, ПВ, ПВД, окончательную форму которым придают при механической обработке, устанавливают фасонные круги ЧЦ, ЧК и бруски. В некоторых случаях круги после установки засыпают кварцевым крупным песком с размером частиц 500—800 мкм. Засыпка предотвращает коробление инструмента при нагреве. На обжиг загружают отдельно круги из электрокорунда и зеленого карбида кремния. При загрузке следует следить, чтобы края изделий не свисали с прокладок.

Загруженная изделиями вагонетка проталкивается через туннельную печь гидравлическими толкателями. В качестве топлива в печах используется газ. Печи оборудуются необходимыми контрольными и авторегулирующими устройствами, обеспечивающими поддержание стабильной температуры и состава газовой среды. Весь туннель делится на три зоны: подогрева, выдержки и охлаждения. В первых двух происходит нагрев и изотермическая выдержка изделий. Скорость подъема температуры должна быть строго ограничена, так как во время нагрева происходит удаление влаги и выгорание связующего вещества, что требует определенного времени. В интервале температур 600—900 °С обжигаемое изделие имеет малую прочность. В этом интервале начинается размягчение компонентов связки и термические напряжения, возникающие из-за неравномерного нагрева, могут вызвать появление трещин от растягивающих напряжений в центре изделия. Чтобы предотвратить это, нагрев производят медленно со скоростью не более 50—80 °С/ч.

После полного размягчения компонентов связки изделие становится малочувствительным к термическим напряжениям. Скорость нагрева может быть в этом интервале увеличена. При температуре обжига производят изотермическую выдержку. Время изотермической выдержки составляет несколько часов.

Температура регулируется так, чтобы отклонение было не более  $\pm 10$  °С по всей длине зоны выдержки.

На качество обжига влияет атмосфера спекания. В пламенных печах преимущественно стремятся к созданию окислительной атмосферы, чтобы в газах, обогревающих изделие, содержалось 6—10% кислорода. Восстановительная атмосфера в печи, например, при обжиге изделий из карбида кремния может привести к появлению на поверхности изделия черных пятен из-за неполного удаления углерода, образующегося при разложении карбида кремния на составные элементы. В восстановительной среде рекомендуется обжигать инструмент только на керамических связках, содержащих окислы бора.

Охлаждение кругов после обжига может быть разделено на три этапа. При 800—1350 °С изделия обладают повышенной пластичностью и скорость охлаждения может быть большой — до 100 °С/ч. По мере остывания изделия и потери пластических свойств скорость изменения температуры должна быть снижена до 60 °С/ч, так как из-за низкой теплопроводности периферия и центр охлаждаются неравномерно и возникают значительные термические напряжения, которые могут привести к образованию трещин на периферии. После того как изделия остыли до 150—200 °С, охлаждение может производиться с любой скоростью. В зону охлаждения вентиляторами подается холодный воздух. За счет тепла, накопленного изделиями, воздух нагревается. Нагретый воздух по специальному каналу подается в установки для сушки кругов. Утилизация тепла повышает экономические показатели процесса обжига. Остывшие изделия снимают с вагонеток и передают на механическую обработку.

Брак, обнаруженный после обжига, как правило, неустраним. Наиболее часто встречающиеся виды брака — несоответствие твердости, деформация и трещины на поверхности инструмента. Твердость может быть завышенной или заниженной из-за отклонения состава формовочной массы и пористости брикета от заданных. Завышение температуры и времени обжига приводит к завышению твердости, а обжиг при пониженной температуре — к снижению. Тщательный пооперационный контроль обжига может существенно снизить количество брака из-за несоответствия твердости.

Трещины на периферийной и внутренней частях кругов возникают при нагреве и охлаждении из-за термических напряжений. Растягивающие напряжения, к которым наиболее чувствительны керамические изделия, на периферии круга возникают при охлаждении, а в центре — при нагреве. При образовании трещин на периферии изделий следует скорректировать режим охлаждения, в центре — режим нагрева. Сквозные диаметрально расположенные трещины объясняются несоответствием скорости охлаждения на последней стадии обжига.

#### **41.1.7. Механическая обработка абразивного инструмента**

Механическая обработка абразивных изделий может производиться после сушки и после обжига. Однако в основном механическая обработка производится после обжига, что обусловлено невозможностью получения точных

геометрических форм и размеров кругов при прессовании и обжиге в свободном состоянии; наличием на поверхности изделия «корочки» — слоя, состав и твердость которого значительно отличаются от заданного; необходимостью балансировки крупных изделий, а в связи с этим удалением неуравновешенных масс.

Инструменты на керамической связке обрабатывают на токарных, плоскошлифовальных, торцешлифовальных, сверлильных и других станках с применением несвязанного чугунного и абразивного зерна, конических резцов из инструментальной стали, шлифовальных крупнозернистых абразивных кругов и алмазных инструментов. По технологическому признаку различают обработку плоских, наружных, внутренних и фасонных поверхностей.

Обработка плоских поверхностей керамических абразивных инструментов может производиться: дробью из отбеленного чугуна на плоскообдирочных станках; обтачиванием на токарных станках с применением стальных конусов и звездочек; шлифованием на токарных и плоскошлифовальных станках с применением абразивных кругов или сегментов на бакелитовой и керамической связках; алмазными инструментами.

При обработке чугунным зерном и обтачивании конусами и звездочками разрушение хрупкого керамического тела происходит из-за действия значительных местных сжимающих сил и появления вследствие этого трещин в поверхностном слое с последующим его разрушением. Материал, снимается как путем раскалывания отдельных зерен, так и вырыва их из связки.

Обработка торцовых плоскостей инструментов чугунным зерном широко распространена на абразивных заводах. Для обтачивания круг устанавливают необработанной поверхностью на полотно и прижимают к нему вращающейся шайбой. Полотно вращается с частотой примерно 20 об/мин, и на поверхность его непрерывно элеватором подсыпается чугунное зерно. Размер чугунного зерна выбирается в зависимости от зернистости обрабатываемых изделий: чем меньше зернистость абразива, тем меньше зернистость чугунного зерна. Обрабатываемый круг прижимается к рабочему полотну вращающейся от индивидуального привода с частотой 11 — 20 об/мин шайбой. После обработки одной стороны круг переворачивают и операцию повторяют. Отработанное зерно скатывается с полотна и подымается элеватором в бункер, откуда непрерывно по лоткам подается снова на плоскость полотна. Для обеспечения равномерного износа чугунной шайбы диаметр обрабатываемого круга должен быть больше ширины шайбы. Поэтому при обработке изделий малого диаметра их загружают по нескольку штук в обойму. Высоту обрабатываемого круга контролируют по индикатору.

Производительность обработки плоскостей свободным зерном высокая. Двухшпиндельный плоскообдирочный автомат имеет проектную производительность 60 шт/ч при обработке кругов ПП диаметром 300 мм. Время обработки существенно зависит от характеристики обрабатываемого изделия. В общем случае крупнозернистые абразивные изделия обрабатываются быстрее мелкозернистых, мягкие — быстрее твердых, инструменты из зеленого кар-

бида кремния — быстрее, чем из электрокорунда.

Токарная обработка плоскостей крупных изделий ведётся на токарно-лобовых станках, в патроне которых зажато обрабатываемое изделие, а в суппорте — шлифовальная головка или свободно вращающийся шпиндель с закрепленным на нем конусом. При резании конусом происходит обкатка со скольжением (проскальзывание до 10%), и конус постепенно изнашивается. Конусный резец, изготовленный из инструментальной стали У8—У10 и закаленный до высокой твердости, имеет большую режущую поверхность, в результате мало изнашивается и обеспечивает высокую точность обработки. Режимы резания при обработке стальными конусами: окружная скорость изделия 10—12 м/с; скорость перемещения суппорта 0,2—2,5 м/мин; глубина резания 0,2—0,5 мм. Торцы обтачивают от периферии к центру, не доходя до отверстия на 5—10 мм, а оставшиеся 5—10 мм обрабатывают от центра к периферии. Такой порядок обработки обеспечивает отсутствие сколов. После обработки круг зачищают бакелитовым сегментом. Обработка конусом применяется для образования выточек на кругах, например формы ПВ. Алмазная обработка плоскостей абразивных инструментов аналогична операциям правки. Для обработки, например, торце-шлифовальных кругов для шлифования шариков подшипников могут быть применены бруски режущие элементы которых изготовлены из славутича. При правке кругов этими брусками достигается высокая параллельность плоскостей инструмента, которая удовлетворяет требованиям, предъявляемым к инструменту класса А.

Обработка цилиндрических поверхностей абразивных инструментов производится точением, шлифованием, алмазным обтачиванием и сверлением.

Наружную поверхность цилиндрических кругов диаметром 500 — 1100 мм обрабатывают на станках горизонтального исполнения. В качестве инструмента используют конусы и звездочки. При обтачивании конусом возможны сколы при обработке края изделия. Тонкие круги обрабатывают шарошечными звездочками или шлифованием. Так как разрушение поверхности при использовании звездочек производится большим количеством острых выступов, то опасность образования сколов меньше и шероховатость обработанной поверхности выше по сравнению с обработкой конусами.

Шлифование цилиндрической поверхности кругов прямой формы диаметром 250—600 мм на станках с вертикальным расположением шпинделя производят кругами из черного карбида кремния зернистостью 80 на керамической связке, для меньших зернистостей — на бакелитовой. При этом получают точные размеры и низкую шероховатость поверхности.

Для обработки цилиндрических поверхностей могут быть также использованы алмазные инструменты: правящие ролики и резцы. В этом случае круг устанавливают в рабочее положение и поверхностный слой удаляют при линейной скорости на периферии 25—30 м/с. Такая обработка обеспечивает максимальную точность изделий. Заданная точность посадочного отверстия, диаметр которого меньше заданного, может быть обеспечена растачиванием и зенкерованием. Если отверстие больше, то его заливают специальным соста-

вом. Отверстия диаметром до 100 мм растачивают с применением чугунного зерна и сверл специальной формы. Точность отверстий, полученных при обработке, невысока. Значительное повышение точности достигается при использовании алмазных зенкеров. Зенкер представляет собой цилиндр с заборным конусом. На поверхности цилиндра закреплены в металлической связке зерна алмазов. Твердость алмазных зерен значительно выше, чем абразивных, поэтому алмазным зенкером можно обрабатывать поверхность посадочного отверстия абразивных кругов в размер.

Алмазные инструменты применяются для обработки фасонных поверхностей. Например разработана технология обработки выточек в кругах формы ПВ. Алмазная расточная головка состоит из трех фрез с приводом. Фрезы оснащены природными алмазами, закрепленными в металлической связке. При обработке кругов одновременно производится съём материала как по торцу, так и по периферии выточки, что обеспечивает высокую точность обработки.

Для получения высокой точности посадочного отверстия без механической обработки его калибруют специальной массой, прочно сцепляющейся с материалом абразивного круга. В этом случае размер отверстия в заготовке делают большим. Затем в отверстие устанавливают калибровочный стержень и в зазор между ними и стенками отверстия заливают быстротвердеющую массу. После извлечения стержня получают калиброванное отверстие.

Обработка фасонных поверхностей абразивных кругов формы 1Т, 2Т, 3Т и выточки кругов формы ПВ и ПВД производится на токарных станках КТ-41 и МК-287 шлифовальными кругами или конусами. Заготовки этих кругов формуют в виде плоских дисков и после обжига обрабатывают. Для обтачивания кругов могут быть применены также алмазные резцы.

Чтобы обеспечить заданную точность инструмента, порядок операций механической обработки должен быть строго определенным. При изготовлении кругов формы ПП операции выполняются в следующей последовательности. Первоначально обрабатывают на плоскообдирочных станках базовые поверхности А и Б и этим обеспечивают параллельность торцов. Базируясь на одну из обработанных поверхностей, растачивают или заливают массой посадочное отверстие и обеспечивают перпендикулярность образующих цилиндрической поверхности В плоскостям А и Б. Круги набирают в пакет на оправке и протачивают (или шлифуют) по поверхности Г. При этом обеспечивается концентричность поверхностей Г и В. В большинстве случаев абразивные круги после установки на шпиндель шлифовального станка подвергают правке алмазными инструментами для выведения биения, вскрытия зерен, что следует учитывать при механической обработке.

#### **41.1.8. Контроль качества и упаковка абразивного инструмента**

Контроль качества и упаковка — завершающие операции изготовления керамических инструментов. Маркировка кругов производится вручную или на маркировочных машинах. Содержание маркировки, обозначения марки аб-

разивных материалов и связок оговорены в ГОСТах. Для маркировки вручную используют трафареты. Маркировка на станках выполняется резиновыми валиками. Состав краски для маркировки может быть, например, таким: 60% глицерина, 20% ультрамарина, 2,0% сажи. Цвет маркировки зависит от цвета круга.

Качество изделий контролируют по следующим параметрам: точность геометрических форм и размеров, твердость, величина дисбаланса, прочность. Круги, имеющие дисбаланс выше допустимого, подвергают повторному контролю по геометрическим размерам. Несоблюдение размеров может вызвать повышенный дисбаланс и повторную механическую обработку и балансировку. Если величина дисбаланса не превышает предельной, то круг подвергают вырубке и заливке свинцом. Методы контроля других параметров предусмотрены соответствующими ГОСТами и описаны выше.

Упаковка кругов производится следующим образом: круги и инструменты небольшого размера упаковывают в коробки, пакеты или в деревянные бочки с пересыпкой стружкой, большие (диаметром свыше 600 мм) — в индивидуальные деревянные ящики. Большие круги можно транспортировать в контейнерах.

#### **41.2. Изготовление абразивного инструмента на бакелитовой связке**

На бакелитовой связке изготавливают различные шлифовальные и отрезные круги, сегменты, головки и специальный инструмент. Из-за хорошей самозатачиваемости, высокой прочности и упругости инструмент применяют для обдирочных и черновых работ, а также при чистовом и доводочном шлифовании.

Абразивное зерно инструмента на бакелитовой связке закреплено в связке, в состав которой входит связующее и наполнитель. В качестве связующего используют фенолформальдегидные смолы, которые при нагреве затвердевают и приобретают высокую прочность. Наличие непрочных, легко выкрашивающихся в процессе обработки частиц наполнителя улучшает работоспособность кругов, так как на поверхности при выпадении частиц наполнителя образуются поры, что облегчает удаление продуктов, образующихся при шлифовании.

При изготовлении инструмента на бакелитовой связке не требуется высокотемпературное печное оборудование. Термическая обработка выполняется в свободном состоянии или в пресс-форме при температуре до 200 °С. Простота и доступность процесса позволяют изготавливать Ненормализованные инструменты на специальных участках или в абразивных цехах крупных машиностроительных заводов.

При серийном производстве термическая обработка инструмента выполняется в свободном состоянии после формования. Технология изготовления инструмента в этом случае включает следующие основные операции: приготовление абразивной формовочной массы, формование, бакелизацию (термическую обработку), механическую обработку, контроль качества. Инстру-

менты на бакелитовой связке могут быть изготовлены также с использованием технологии горячего прессования. При этом точность формы и размеров изделия может быть выше, чем при свободной термической обработке.

Рецептуры связок и применяемые материалы берутся в зависимости от требуемых свойств. Например, состав абразивной массы для кругов средней твердости из электрокорунда (в весовых частях) может быть таким: абразивное зерно 100, связующее ПБ 7,56, жидкий бакелит 2,92, алебастр 1,71. Количество абразивного зерна в инструменте определяется так же, как и на керамической связке, заданной структурой, а количество связки — требуемой твердостью. Для крупнозернистых бакелитовых изделий существует определенное соотношение между количеством пор и твердостью. Ориентировочно может быть принято, что для кругов твердостью МЗ количество пор должно быть не более 39% объема, для каждой следующей степени — на 3% меньше. Меняя пористость (плотность), можно при одном и том же составе получать инструмент различной твердости. При изготовлении инструмента на бакелитовой связке используются следующие материалы.

Связующее — светло-желтый порошок, состоящий из смеси новолачной смолы с отвердителем — уротропином. Количество уротропина составляет 6—10% от массы смолы. При нагреве связующее проходит стадии размягчения в интервале 50—100 °С и отверждения после 140 °С. После отверждения при температуре 180 °С бакелит приобретает высокую прочность (до 2000 кгс/см<sup>2</sup> при сжатии) и стойкость к растворению в воде и органических веществах.

Плотность связующего — 1,25 г/см<sup>3</sup>. При длительном хранении связующее ПБ поглощает из воздуха влагу и комкуется, что приводит к образованию раковин и вздутий при термической обработке инструмента. Поэтому связующее должно храниться в сухом помещении в закрытой таре.

Жидкий бакелит используют для увлажнения абразивных масс на связующем ПБ. Наличие небольшого количества жидкого бакелита, склеивающего частицы шихты, предотвращает комкование и расслаивание компонентов абразивной смеси при транспортировке и засыпке в пресс-форму. Жидкий бакелит — смола коричнево-бурого цвета с содержанием свободного фенола от 7 до 15%. При повышении температуры жидкий бакелит при нагреве в результате сложных химических реакций отвердевает. Из-за удаления растворителя при нагреве жидкий бакелит теряет до 20% массы. Алебастр применяется в качестве наполнителя.

Приготовление формовочной массы. Бакелитовые формовочные массы смешивают в лопастных смесительных машинах. Абразивное зерно, порошок связующего ПБ и наполнитель дозируют объемным или весовым методом, жидкий бакелит — объемным. В работающий смеситель засыпают абразивное зерно, добавляют жидкий бакелит, затем через небольшой интервал времени — наполнитель и перемешивают до образования равномерной массы. После этого засыпают связующее ПБ и окончательно смешивают все компоненты. Время смешивания составляет 10—20 мин в зависимости от номера зерни-

стости абразивного порошка. Чем мельче порошок, тем больше время смешивания. Затем смесь протирают через проволочную сетку с крупными (1,4—2,5 мм) ячейками. Приготовленная масса должна дать удовлетворительной сыпучестью при высокой степени равномерности распределения компонентов по всему объему без наличия комков шихты.

Формование бакелитовых масс производят путем холодного или горячего прессования и прокаткой на вальцах. При холодном прессовании основными операциями являются: укладка массы в пресс-формы, прессование, разборка пресс-форм и извлечение брикета. Инструмент после прессования подвергают термической обработке при повышенной температуре. Для укладки массы в пресс-формы, разравнивания и рыхления используют те же приемы и оборудование, что и при формовании инструмента на керамической связке. Большое внимание уделяется равномерности распределения массы в полости пресс-формы. Формующие поверхности пресс-форм перед загрузкой шихты смазывают машинным маслом. Это уменьшает усилия прессования и неравномерность плотности, облегчает извлечение изделий после прессования. Инструменты на бакелитовой связке формуют на Гидравлических прессах в пресс-формах, предусматривающих прессование «до упора». Бакелитовые круги и сегменты формуют также на автоматических формовочных агрегатах.

При горячем прессовании совмещаются процессы формования и термической обработки, которые выполняются в пресс-форме. Деформация изделий при этом минимальна. При горячем прессовании получают высокую плотность и прочность инструмента. Высокая прочность бакелитовых кругов по отношению к ударным нагрузкам делает их пригодными для скоростного шлифования со скоростями более 40 м/с. Чтобы предотвратить разрыв круга от центробежных сил, в его корпус закладывают упрочняющее стальное кольцо или армирующую сетку из проволоки. В этом случае навеска абразивной массы делится на две части. После засыпки и разравнивания первой части в пресс-форму укладывают кольцо и засыпают вторую часть навески. Затем смесь спрессовывают.

Прокатка бакелитовой формовочной смеси на вальцах применяется для получения тонких пластин, из которых вырезают затем заготовки отрезных кругов. В этом случае в качестве связующего используют порошкообразный бакелит. Смесь увлажняют жидким бакелитом и в подогретом состоянии прокатывают на тщательно отшлифованных валках. Заготовки вырубают до остывания пласта, остатки массы после вырубки перетирают и используют вторично.

Бакелизация (термическая обработка) инструмента на бакелитовой связке предназначена для придания брикету высокой прочности и водостойкости. Она ведется в высокопроизводительных электрических печах — туннельных бакелизаторах и заключается в нагреве изделий по особому режиму до температуры 170—200 °С и выдержке при этой температуре в течение нескольких часов. При нагреве происходит отверждение бакелита, приводящее к повышению вязкости связки. Одновременно выделяются летучие вещества: пар,

свободный фенол и другие продукты.

Изучение свойств абразивных масс в процессе термической обработки показало, что свежезаформованные брикеты обладают высокой вязкостью, которая при нагреве снижается и становится минимальной при температуре 115—130°C. В этом интервале температур изделия имеют высокую пластичность и весьма малую прочность и легко деформируются даже под собственным весом. При температуре 150°C вязкость и прочность брикета возрастают из-за отверждения фенольной смолы. Поэтому в процессе термической обработки изделия можно быстро нагревать до температуры 100°C. В интервале температур до 130°C быстрый нагрев недопустим. После достижения температуры 150°C скорость нагрева можно снова увеличить.

Обычно бакелизация производится в неконтролируемой среде в электробакелизаторах непрерывного действия. Бакелизатор — низкотемпературная многозонная электрическая туннельная печь. Стены и перекрытия печи выложены огнеупорным кирпичом, а каркас и наружная обшивка выполнены из металла. В потолке бакелизатора предусмотрены углубления для нагревательных элементов. В каждой зоне установлены вентиляторы для перемешивания горячего воздуха. Для термической обработки изделия устанавливаются на полки специальных вагонеток и проталкиваются в камеру предварительного подогрева электробакелизатора. Камера имеет две двери — наружную и внутреннюю. Во время прогрева изделий обе двери закрыты и в камеру подается горячий воздух. Воздух подогревается теплом, отбираемым от изделий, находящихся в задней камере охлаждения. Эта камера также имеет две двери. Камеры подогрева и охлаждения соединены трубопроводами для подачи воздуха. По окончании подогрева наружная дверь задней камеры открывается и вагонетка с охлажденными изделиями выводится из бакелизатора. Затем наружная дверь камеры охлаждения закрывается, открываются внутренние двери обеих камер и проталкиваются все вагонетки. В результате освобождается входная камера, куда после закрытия внутренних дверей подают через переднюю открытую очередную вагонетку. В средней зоне бакелизатора производится медленный равномерный прогрев бакелизуемых изделий до температуры 195°C с выдержкой при этой температуре. Изделия для бакелизации устанавливают так, чтобы обеспечить активную циркуляцию нагретого воздуха вокруг каждого изделия и равномерный прогрев по всему объему. Наиболее простым и производительным является способ открытой установки изделий, широко применяемый на заводах, производящих абразивный инструмент, на металлические дырчатые или ребристые, плиты. Однако при открытой установке инструмента испарение смолы из поверхностных слоев приводит к ухудшению качества и неравномерности его износа. Способ установки изделий на термическую обработку в засыпке из кварцевого песка уменьшает испарение связующего из поверхностных слоев. Однако при этом усложняется технологический процесс и увеличивается цикл нагрева и охлаждения, снижается коэффициент использования объема печи.

Для изготовления качественных инструментов используют термическую

обработку в металлических упрощенных формах. При этом способе несколько усложняется оснастка, но повышается качество инструмента. Формы могут быть тонкостенными и изготавливаться из алюминия или другого легкообрабатываемого металла. Степень бакелизации (поликонденсации бакелита) определяет качество абразивного инструмента. Недобакелизованная связка прочно удерживает зерна абразива, однако из-за ее упругости снижается шлифующая способность: перебакелизованные круги обладают низкой стойкостью из-за снижения прочности связующего. В производственных условиях степень бакелизации определяют по цвету: светло-коричневый и коричневый цвет свидетельствуют о нормальной степени бакелизации, темный — о перебакелизации. Более точно о степени бакелизации можно судить, измеряя твердость кругов на приборе Роквелла (шкала В) или на пескоструйном приборе. Так, при проверке на приборе Роквелла недобакелизованные и перебакелизованные круги имеют меньшую твердость по сравнению с нормально забакелизованными. После бакелизации изделия передают на механическую обработку.

Механическая обработка бакелитовых инструментов производится на том же оборудовании и теми же методами, что и инструментов на керамической связке. Припуски, оставляемые для механической обработки инструментов на бакелитовой связке, меньше, чем на керамической. Преимущественно применяют обработку свободным чугуном зерном и шлифованием абразивными кругами. Не требуют механической обработки инструменты на бакелитовой связке, изготовленные горячим прессованием.

После механической обработки производят контроль твердости, прочности, дисбаланса, геометрических форм и размеров инструмента; маркируют инструмент и упаковывают для отправки потребителям.

### **41.3. Изготовление абразивного инструмента на вулканитовой связке**

Вулканитовая связка — многокомпонентная смесь каучука и других органических и неорганических веществ, образующих в процессе формования и термической обработки прочную гибкую или жесткую основу, в которой закреплены абразивные зерна. Инструмент на вулканитовой связке отличается повышенной стойкостью профиля и прочностью по отношению к ударным нагрузкам по сравнению с керамической и бакелитовой связками, обеспечивает более низкую шероховатость обработки. Широко используются круги на вулканитовой связке для резьбошлифования, чистовых и отделочных операций шлифования стальных деталей. Отрезные круги на вулканитовой связке толщиной 0,6—6 мм применяются при резании конструкционных, инструментальных и жаропрочных сталей.

Технология изготовления вулканитовых кругов включает следующие основные операции: приготовление абразивных формовочных масс, формование изделий, термическую обработку (вулканизацию), механическую обработку и контроль качества.

Применяемые материалы. Основным компонентом вулканитовой связки

является синтетический каучук, который в присутствии серы при нагреве изменяет свою структуру, вулканизируется и приобретает заданные твердость и прочность. В состав смесей для изготовления вулканизованных инструментов вводят также наполнители для повышения механической прочности, ускорители процесса вулканизации и мягчители.

Применяют в основном синтетические каучуки различных марок: натрий-бутадиеновый, бутадиен-нитрильный, бутадиен-стирольный. Показатели прочности этих каучуков значительно ниже, чем у природного, но из-за большой дефицитности природные каучуки для вулканизованных связок не применяются.

Синтетический каучук — упругая масса от светло-желтого до темно-коричневого цвета. Бутадиен-нитрильные и бутадиен-стирольные каучуки используются преимущественно для изготовления жестких эбонитовых связок, а натрий-бутадиеновый — для мягких. При нагреве каучука в присутствии серы он полимеризуется.

Линейные молекулы каучука соединяются за счет ненасыщенных атомов углерода и образуют сетчатую пространственную структуру. При этом происходят химические реакции с серой и количество несвязанной серы в составе массы уменьшается. В результате резко возрастает прочность каучука. Одновременно уменьшается величина удлинения при разрыве, увеличивается твердость и теплостойкость. Этот процесс называется вулканизацией. Во время вулканизации выделяется значительное количество тепла, что должно быть учтено при разработке технологического процесса.

Сера — вулканизирующий агент для многих марок каучука. Для приготовления вулканизованных абразивных масс применяют техническую молотую серу высшего и первого сорта класса А. Качественные показатели технической серы: температура плавления около 120 °С, содержание серы 99,9%, количество золы не более 0,05%, влажность не более 0,5%, остаток при просеивании на сите не более 4%.

В зависимости от количества серы, введенной в состав вулканизованных масс, получают различную твердость, пластичность и прочность связки. Если количество серы, введенной в состав связки, не превышает 15%, то продукт вулканизации имеет низкую твердость и высокую пластичность. Такие составы применяются при изготовлении гибких инструментов. При содержании серы 20—60% получают после вулканизации твердый и прочный материал — эбонит.

Для сокращения времени вулканизации и улучшения качества получаемого материала в состав связки вводят ускорители. В качестве ускорителей преимущественно используют органические вещества в виде порошков: каптакс, альтакс и тиурам. Ускорители вводятся в состав связки в небольшом количестве 0,5—3%.

Для повышения прочности вулканизованного каучука в его состав вводят наполнители — мелкодисперсные порошки сажи, окиси цинка, криолит и др. Эти вещества повышают сопротивление разрыву и твердость изготов-

ленных на вулканитовой связке абразивных изделий. Количество наполнителя должно быть не больше так называемого предела наполнения, превышение которого приводит к снижению прочности связки. Наиболее заметное влияние оказывают наполнители на прочность гибких (резиновых) связок. В этом случае введение наполнителя повышает прочность связки с 10—40 до 150—300 кгс/см<sup>2</sup>.

Выбор марки и оптимального содержания наполнителя производят опытным путем.

В качестве наполнителей каучуковых масс применяют жженную магнезию (окись магния) и цинковые белила (окись цинка) марки М-1 и М-2 — белые, мелкодисперсные порошки, окиси магния и цинка могут быть использованы как наполнители в резине и эбоните. Менее универсальными являются применяемые для наполнения резин различные виды сажи и некоторые другие материалы, например окись железа, криолит, белая сажа.

Для облегчения смешивания каучука с порошкообразными компонентами, повышения прочности сцепления абразивного зерна со связкой, снижения твердости кругов в состав вулканитовых абразивных формовочных масс вводят мягчители. В качестве мягчителей используют продукты перегонки нефти, например рубракс, жирные кислоты — стеарин, синтетические вещества — дибутилфталат, полидиены, идитол и др. Дибутилфталат представляет собой маслянистую прозрачную желтоватую жидкость. Полидиены — жидкости, имеющие цвет от желтого до вишнево-красного. Идитол — искусственная смола желтого цвета в виде кусков неправильной формы. При температуре 90°С смола разжижается; легко растворяется в этиловом спирте. Так как введение мягчителей влияет после вулканизации на твердость и другие характеристики материала, их оптимальное количество должно быть определено опытным путем.

Рецептуры вулканитовых масс. Вулканитовые круги преимущественно применяют для чистовой обработки изделий. Абразивные зерна в этом случае закрепляются в связке, обладающей повышенной по сравнению с керамической и бакелитовой связками податливостью и прочно удерживаются в ней. При повышении сил, воздействующих на зерно, связка деформируется и зерно как бы утопает. Это уменьшает объем снимаемой стружки и способствует получению высокого класса шероховатости поверхности. Обновление режущих кромок зерен, находящихся на рабочей поверхности инструментов на вулканитовой связке, происходит медленно. По-видимому, с этим связано кажущееся полирующее действие вулканитовой связки по сравнению с керамической, жестко удерживающей абразивные зерна. Для обеспечения достаточно высокой производительности обработки при изготовлении инструмента на вулканитовой связке количество абразива берется на 10—20% больше по сравнению с инструментом на керамической и бакелитовой связках. Состав связки и соотношение ее количества и абразива определяются требуемой твердостью, упругостью, теплостойкостью и другими свойствами. Следует отметить, что по сравнению с керамической связкой круги од вулканитовой гораздо плот-

нее. Пористость их составляет около 10%, тогда как в керамических кругах пористость достигает 30—40%. Вследствие этого количество связки в вулканизованных кругах значительно больше, чем в керамических.

Составы вулканизованных связок, как правило, многокомпонентны. Так как основным составляющим является каучук, то расчет рецептуры ведется на 100 весовых частей его. Твердость кругов регулируется не количеством связки, как при изготовлении керамических и бакелитовых инструментов, а изменением состава. Например, твердость повышается при увеличении количества серы, наполнителя и уменьшается при увеличении количества мягчителей. Для изготовления жестких инструментов количество серы должно быть не ниже 20 весовых частей. Рецепт для изготовления гибких инструментов включает до 15 весовых частей серы. В первом случае после вулканизации получают жесткий материал — эбонит, во втором — эластичную резину. Жесткие вулканизованные связки содержат, как правило, на 100 весовых частей каучука 20—60 частей серы, до 30 частей мягчителя, до 20—50 частей наполнителя, 0,5—3 части ускорителя. Гибкие связки включают до 15 частей серы, до 10 частей мягчителя, до 100 частей искусственных смол, до 50 частей наполнителя и 0,3—0,5 части ускорителя.

Искусственные смолы вводят в состав гибких связок для повышения прочности закрепления абразивного зерна в связке. Обработка зерна может быть выполнена фенолформальдегидными смолами, например жидким бакелитом. Эта смола хорошо смачивает поверхность абразивных зерен и вместе с тем прочно соединяется вовремя вулканизации с каучуком.

Приготовление формовочной массы. В приготовленной для формования массе все материалы должны быть распределены так, чтобы в самом малом объеме содержались компоненты в заданном рецептурой соотношении. Как и для других связок, при изготовлении инструмента на вулканизованной связке принята технология, при которой предварительно готовят связку, а затем смешивают ее с абразивным порошком для получения формовочной массы. В состав вулканизованной формовочной абразивной массы в отличие от керамической и бакелитовой входят материалы разной консистенции: порошки — абразивное зерно, наполнители, ускорители вулканизации, сера; жидкости — бакелит, мягчители: эластичный и упругий каучук.

Многокомпонентные вулканизованные связки смешивают на резиносмесительных вальцах. Смешивание заключается в многократном пропускании массы в зазор между валками, вращающимися с различной частотой вращения. В зоне, предшествующей входу массы в зазор, из-за различной окружной скорости поверхностей валков компоненты активно перемешиваются и материалы шихты связки равномерно распределяются по всему объему. В состав абразивной массы входит большое количество различных порошков. Для простоты приготовления формовочной массы эти порошки смешиваются в заданном соотношении предварительно. Это уменьшает время смешивания на вальцах. Для смешивания порошки дозируют с высокой точностью и засыпают в барабанный смеситель. Время вращения барабана составляет не менее

40 мин. Готовая смесь порошкообразных компонентов используется затем по мере необходимости для смешивания с каучуком.

Для приготовления вулканитовой связки навеску каучука вводят в зазор между вращающимися валками смесительных вальцев. Чтобы смесь не прилипала к валкам, их поверхность тщательно шлифуют. Валки должны быть подогреты до температуры 50 °С. Зазор между валками должен быть в пределах 0,5—2 мм. В течение нескольких минут каучук в виде тонкой ленты распределяется по поверхности переднего вала. Избыточное количество каучука собирается перед входом в зазор в виде вращающегося жгута. Затем в зазор между валками засыпают небольшими порциями половину порошкообразных компонентов и в течение 2—3 мин происходит равномерное распределение их по объему связки. После этого увеличивают зазор между валками и вводят вторую половину порошкообразных компонентов. Чтобы обеспечить качественное смешивание, связку периодически срезают с вала и снова вводят в зазор.

При изготовлении абразивных кругов твердостью С и СМ на вулканитовой связке в соответствии с рецептурой предусматривается введение в состав массы мягчителей. Смешивание каучука с мягчителями производится до засыпки порошкообразных компонентов. Общее время цикла приготовления связки до 20 мин. Приготовленная масса связки должна храниться не более 3 суток. При более длительном хранении происходит частичная вулканизация что снижает качество инструмента.

Абразивную формовочную массу получают смешиванием связки с абразивным зерном. Шлифзерно предварительно обрабатывают бакелитом для получения сцепления с резиной. На 200 кг зерна, загружаемого в обогреваемую чашу смесителя, заливают 4 кг жидкого бакелита и смешивают массу 40—45 мин. После выгрузки зерно охлаждают на воздухе. Обработанное зерно не должно храниться на воздухе более 5 суток, так как при длительном хранении жидкий бакелит теряет свои свойства. Абразивное зерно и связку смешивают в такой последовательности. Устанавливают между валками зазор 5—10 мм. При меньшем зазоре возрастает сила, действующая на массу, что приводит к дроблению абразивного зерна. Требуемое количество связки вводят в зазор между валками. После непродолжительного вращения связка равномерно охватывает один из валков: Излишки связки собираются в виде вращающегося жгута при входе в зону перемешивания. Это количество связки, называется запасом.

Абразивное зерно делится на две равные части и вводится поочередно в зазор между подогретыми валками на вращающийся запас связки. Весь цикл смешивания длится до 20 мин. При переходе на смешивание масс другой зернистости валки и вальцы тщательно очищают. Тонкозернистые массы (абразивные порошки № 8 и мельче) смешивают на отдельных вальцах. Приготовленная масса хранится не более 3 суток в закрытой таре. Перед использованием масса разогревается до 10 мин на вальцах.

Для формования заготовок применяют, в зависимости от размеров кругов,

следующие методы: для кругов формы ПП высотой 6—13 мм — прокатку на вальцах (листование) в размер по высоте с последующей вырубкой заготовки требуемого диаметра; для кругов формы ПП высотой 32—200 мм — прокатку (листование), вырубку нескольких заготовок, сборку их в пресс-форме и спрессовывание под давлением (дублирование) до слипания отдельных пластин в одно целое; для тонких прорезных кругов высотой 0,6—6 мм — прокатку на вальцах (листование) до высоты 6 мм, калибровку или каландрирование в размер по высоте, вырубку заготовки. Отформованные и вырубленные заготовки припудривают тальком (чтобы они не слипались). При формировании заготовки необходимо следить, чтобы прокатываемый лист был однородным по цвету, плотности, имел глянцевую поверхность. Нельзя допускать засорения листа абразивными массами других характеристик, маслами, мазутными пятнами и другими посторонними включениями. Чтобы лист не прилипал во время формования к поверхности валков, они тщательно шлифуются и подогреваются горячей водой или паром. Отформованная заготовка при длительном хранении изменяет свои размеры. Поэтому не позднее 24 ч со времени формования изделия должны быть переданы на вулканизацию.

Для вулканизации используют специальные электрические низкотемпературные печи, называемые вулканизаторами. Вулканизатор разделен на семь зон, в каждой из которых поддерживается определенная температура: зона I — 70°C, II — 120°C, III — 140°C, IV — 150°C, V — 160°C, VI — 170°C. В зоне VII нагревателей нет. Изделия для вулканизации укладывают на вагонетки. По мере продвижения вагонетки через все зоны изделия нагреваются, что обеспечивает последовательное протекание процессов испарения низкотемпературных материалов (зона I), начало и протекание процесса вулканизации (зоны II—VI), охлаждение (зона VII). Для начала вулканизации температура нагрева должна быть выше температуры плавления серы. После начала реакций вулканизации за счет выделяющегося в процессе взаимодействия серы и каучука тепла круг может существенно нагреваться. Это приводит к интенсивному выделению газов, деформации изделий, появлению трещин. Для предотвращения этих последствий в состав шихты вводят специальные вещества, снижающие скорость разогрева, или регулируют температуру нагрева. Точность поддержания температуры во многом определяет качество инструмента. Ввиду этого установки для вулканизации оборудуются устройствами для автоматического контроля температуры. Вулканизацию небольших партий изделий на вулканической связке можно выполнять также в автоклавах и между нагретыми плитами гидравлических прессов.

На вулканической связке изготавливают ограниченную номенклатуру кругов простой формы. Точность формы вулканических кругов после прокатки и вулканизации выше, чем после прессования и обжига керамических кругов, и поэтому припуски на механическую обработку могут быть меньше. При механической обработке в основном выполняют операции: рассверливание отверстия; обработку плоскостей, наружной поверхности и выточек.

Для обработки отверстий могут быть применены керамические резцы и алмазные зенкеры из природных алмазов зернистостью 120— 150 штук на один карат. Алмазы закрепляют в металлической связке. Алмазные зенкеры обеспечивают более высокую точность обработки, чем керамические резцы.

Плоские и наружные поверхности кругов шлифуют крупнозернистыми шлифовальными кругами на бакелитовой связке средней твердости. Круги формы ПП высотой до 32 мм обрабатывают по наружной поверхности и посадочному отверстию диаметром 500— 600 мм и высотой 32—200 мм — по всем поверхностям. Затем производят балансировку кругов и при необходимости для устранения дисбаланса повторяют более тщательно некоторые операции механической обработки. Все круги подвергают Внешнему осмотру. Затем проверяют точность геометрических размеров. Проверка на прочность производится при вращении кругов на станке со скоростью, превышающей в 1,5 раза рабочую. Качественные круги маркируют специальными красками — черной или белой в зависимости от цвета круга. Черную краску готовят из смеси типографской краски с растворителем и лаком, белую — из алюминия в порошке, растворителя и лака. При необходимости может быть выполнена операция калибровки посадочного отверстия составом, приготавливаемым из смеси шлифпорошка с серой и нитроэмалью. Этот состав наносят на внутреннюю поверхность, а затем, пока масса не застыла, проталкивают через отверстие протертый керосином калибр, размеры которого соответствуют размеру посадочного отверстия. После затвердевания получают посадочное отверстие требуемого диаметра.

#### **41.4. Изготовление алмазного абразивного инструмента на органической связке**

При изготовлении жестких и эластичных алмазных абразивных инструментов в качестве жестких связок широко применяют фенолформальдегидные смолы, в качестве эластичных — многокомпонентные смеси на основе вулканизированного каучука. В жестких связках зерна алмазов по отношению к связующему могут рассматриваться в качестве вещества, изменение крупности и количества которого приводит к существенному изменению свойств композиции. Чтобы стабилизировать свойства алмазоносного слоя при изменении концентрации алмазов и их зернистости, в состав органических связок вводят наполнители. Количество наполнителя при изменении концентрации алмазов меняют так, чтобы соотношение объемов связующего и наполняющих материалов оставалось неизменным. Материал, из которого готовят наполнитель, существенно влияет на физико-механические свойства алмазоносного слоя: прочность удержания алмазов, износостойкость, прочность, теплостойкость и др. При изготовлении инструмента на органических жестких и эластичных связках на специализированных заводах используют то же оборудование и оснастку, что и при переработке подобных пластмасс и каучука.

Изготовление инструмента на жестких связках. Технологический про-

цесс изготовления инструмента на жестких органических связках включает операции изготовления корпуса, приготовления смеси порошка связки и алмазов (шихты алмазоносного слоя), горячего прессования и термической обработки слоя, соединения его с корпусом, окончательной обработки, контроля качества и упаковки. Применяемые материалы. В качестве связующего, закрепляющего в алмазоносном слое частицы наполнителя и алмаза, широко применяют смесь фенольформальдегидной смолы с отвердителем. Для этих целей пригодно связующее ПБ, которое используют при изготовлении абразивных кругов. Связующее ПБ имеет много достоинств — высокую износостойкость, влагостойкость, простоту совмещения с другими порошковыми компонентами, низкие параметры переработки — давление и температуру. Для изготовления алмазоносного слоя наиболее пригодно связующее с повышенным (не ниже 7%) содержанием отвердителя — уротропина. В качестве связующего могут быть использованы также и другие смолы и полимерные материалы. Для изготовления корпусов применяют алюминевый и стальной прокат, а также алюмобакелит. В качестве вспомогательных материалов применяют ткани и марлю для протирки пресс-форм; этиловый спирт, ацетон и бензин для промывки и обезжиривания поверхностей (например, перед склейкой); смазочный материал Ц221 для смазки поверхности пресс-форм, с целью предотвращения налипания связки на детали; порошки абразивных материалов для притирки плоскостей алмазоносного слоя и корпуса перед склейкой; кальку для пакетов, в которых хранятся навески шихты алмазоносного слоя, и другие.

Составы органических связок. На основе связующего ПБ готовят различные связки. Широко распространена связка Б1, состоящая из смеси связующего ПБ и порошка карбида бора. Частицы карбида бора, прочно закрепленные в рабочем слое, увеличивают жесткость материала связки, улучшают процесс самозатачивания инструмента при шлифовании. Зернистость карбида бора и количество его изменяются в зависимости от зернистости и концентрации алмазов. На связке Б1 изготавливаются круги для шлифования и заточки твердых сплавов. Профильные инструменты, например круги формы А5П, А2П, изготавливают с использованием связки Б2, в состав которой входит железный порошок. Частицы железного порошка образуют каркас, повышающий теплопроводность алмазоносного слоя. Быстрый отвод тепла препятствует перегреву и разрушению поверхности алмазоносного слоя, что снижает расход алмазов при обработке и увеличивает стойкость профиля. В состав связок Б3, Б4 и БР, применяемых для чистового и доводочного шлифования металлов, вводят соответственно микропорошки электрокорунда, зеленого карбида кремния и резиновой муки. Круги из металлизированных алмазов на новой связке Б8 при заточке твердосплавного инструмента обеспечивают большую производительность, чем круги на связке Б1.

Приготовление шихты алмазоносного слоя. В соответствии с расчетом готовят навеску шихты связки и алмазов и смешивают их для получения шихты алмазоносного слоя. Основная цель этого этапа — приготовление навесок однородной и сыпучей смеси шихты связки с равномерно распределенны-

ми по всему объему частицами алмазов. Так как в состав жестких органических связок входит наполнитель, количество которого изменяется в зависимости от концентрации, а зерновой состав — от зернистости алмазов, номенклатура составов шихты связок велика. В новой связке Б8 зерновой состав наполнителя не зависит от зернистости алмазов, что упрощает процесс приготовления шихты связки. В промышленном производстве инструмента на органической связке шихту связки готовят на партию инструмента и используют затем по мере необходимости.

Приготовление шихты связки включает операции подготовки, дозирования и смешивания компонентов. Качество исходных компонентов контролируют на соответствие требованиям технических условий или стандартов на поставляемый материал. Связующее И порошки наполнителя тщательно сушат в сушильном шкафу при температуре 25—30 °С до тех пор, пока влаги останется не более 0,5%. Большое содержание влаги приводит к образованию пузырей и вздутий на поверхности инструмента. Для удаления комков и посторонних примесей связующее ПБ просеивают через сито с размером ячеек 80—100 мкм. Наполнители просеивают так, чтобы размер зерен был меньше зернистости алмазного порошка. При использовании в качестве наполнителей абразивных материалов в зерне подбирают соответствующую зернистость. В этом случае просеивание не производят. Применяемые для приготовления шихты связки Б1 порошки карбида бора подвергают обогащению и химической очистке. Обогащение заключается в отмывке порошка в слабо концентрированной серной кислоте с целью удаления свободного графита. Химическая очистка полученного продукта смесью концентрированной серной кислоты с хромпиком производится для удаления из порошка окислов бора. После подготовки компоненты шихты связки развешивают в соответствии с рецептурой, засыпают в барабан и смешивают в течение 5—7 ч. Коэффициент заполнения объема барабана смесителя составляет 0,3—0,4, частота вращения 30—40 об/мин.

По окончании смешивания смесь выгружают из барабана и после контроля однородности упаковывают в непрозрачную тару с плотно закрывающейся крышкой. Это предотвращает окисление связующего, разложение его под воздействием света и поглощение влаги. Приготовленная шихта должна иметь хорошую сыпучесть, быть однородной по составу. Для проверки качества шихты связки изготавливают контрольные образцы путем горячего прессования и определяют твердость, предел прочности и удельную ударную вязкость. Контрольные величины проверяемых показателей предусмотрены в технических условиях на связку. Шихта связки может храниться в герметичной таре, в условиях, исключающих повышение влажности, до 14 суток.

Для приготовления шихты алмазоносного слоя отвешивают необходимое количество шихты связки на технических весах с точностью до 0,1 г, алмазов—на аналитических с точностью до 0,1 мг. При серийном производстве навески готовят на партию инструмента с одинаковой характеристикой алмазоносного слоя, при единичном — на одну штуку. Количество алмазов без

покрытия определяют по известному объему алмазоносного слоя и заданной концентрации.

Смешивание шихты связки и алмазов производят без увлажнителя. Если навеска шихты связки превышает 0,5 кг, то ее смешивают с алмазами в барабанном смесителе не менее 3 ч. При меньшей навеске шихту связки и алмазы смешивают вручную в течение 10—15 мин. Шихту, приготовленную с использованием микропорошков алмаза, трижды протирают через сито с размером ячеек 160 мкм, чтобы „разбить слипающиеся частицы алмаза. Для каждой зернистости микропорошка применяют отдельное сито. Срок хранения готовой шихты алмазоносного слоя не должен превышать двух суток. Следует предохранять шихту от вибраций, ударов, потряхиваний, так как при этом нарушается равномерное распределение частиц алмазов и других компонентов шихты из-за большой разницы в плотности компонентов.

Горячее прессование в пресс-формах обеспечивает высокую плотность алмазоносного слоя, прочное удержание алмазов в связке, большую точность геометрической формы и размеров. Алмазоносный слой инструмента на жестких органических связках прессуют на гидравлических прессах с подогревными плитами. Технологические режимы прессования — давление, температура нагрева и время изотермической выдержки — оказывают большое влияние на качество инструмента. При использовании связующего ПБ высокое качество алмазоносного слоя достигается при соблюдении таких режимов: давление прессования 300—500 кгс/см<sup>2</sup>, температура нагрева 180° ± 10°, время выдержки при термической обработке на прессе не менее 7 мин на 1 мм толщины рабочего слоя. Алмазоносный слой инструмента прессуют в пресс-формах закрытого типа. Конструкции прессформ, как правило, предусматривают прессование «до упора». Детали прессформ изготавливают из малоуглеродистой стали с последующей цементацией, закалкой и хромированием рабочих поверхностей. Чтобы увеличить срок службы прессформ, предотвратить прилипание алмазоносного слоя к деталям, их формующие поверхности обрабатывают до 9—10-го класса шероховатости. Качественное изготовление алмазоносного слоя возможно только при обеспечении зазоров в соединениях прессформ не более 0,02 мм. При больших зазорах из-за утечки связующего нельзя достичь заданной плотности.

Этап прессования включает следующие операции: сборку и смазку прессформ, засыпку шихты алмазоносного слоя в полость пресс-формы, горячее прессование на гидравлических прессах, охлаждение и разборку прессформы и извлечение алмазоносного слоя. При сборке детали прессформ покрывают тонким слоем теплостойкой смазки. Смазку наносят на очищенные от загрязнений, промытые ацетоном и тщательно высушенные формующие поверхности. Наличие слоя смазки облегчает процесс прессования и препятствует прилипанию алмазоносного слоя к деталям прессформ. Объем шихты алмазоносного слоя в непрессованном состоянии в 3—4 раза больше объема алмазоносного слоя. Поэтому объем загрузочной камеры прессформы, куда засыпают шихту, должен быть во столько же раз больше. При формова-

нии алмазонасного слоя цилиндрической формы высота камеры превышает конечную высоту алмазонасного слоя в 3—4 раза.

Засыпка и разравнивание шихты алмазонасного слоя в полости пресс-формы производится вручную. Тщательное разравнивание обеспечивает равномерную, плотность и твердость алмазонасного слоя. При засыпке и разравнивании шихты используют вращающиеся столики. После засыпки и разравнивания шихты, а также сборки пресс-формы выполняют горячее прессование на гидравлическом прессе. Для нагрева пресс-форм пресс должен быть оборудован подогревными плитами. Так как в процессе горячего прессования выделяется большое количество газов, на оборудовании должны быть предусмотрены вытяжные устройства. Поверхности плит пресса шлифуют и выставляют так, чтобы параллельность их была в пределах  $\pm 0,05$  мм на длине 100 мм. Это обеспечивает равную толщину алмазонасного слоя после прессования. Пресс-форму устанавливают на плиту пресса и при опускании верхней плиты к пуансону прикладывают силу, равную 40—50% от полной расчетной силы прессования.

От плит пресса пресс-форма нагревается до 100 °С, после чего силу, приложенную к пуансону, увеличивают до расчетной и нагревают пресс-форму до 180 °С. Температуру нагрева контролируют термометром или термопарой. С момента достижения заданной температуры нагрева отсчитывают время изотермической выдержки термической обработки из расчета 7 мин на 1 мм толщины прессуемого рабочего слоя. Как было показано ранее, при нагреве связующего ПБ в интервале температур 50—100 °С оно размягчается и затем отвердевает при температуре 140—180 °С. Приложение в процессе нагрева давления способствует получению беспористого слоя, так как из объема алмазонасного слоя удаляются газы. Изотермическая выдержка при максимальной температуре нагрева необходима для того, чтобы обеспечить завершение процессов поликонденсации связующего ПБ.

Прессование алмазонасного слоя в две стадии выполняют по следующим причинам. Как известно, вязкость связующего ПБ при нагреве до 115 °С резко уменьшается. При взаимодействии с отвердителем в этом же интервале температур активно образуются газы. Поэтому меньшее давление прессования на первой стадии обеспечивает лучшие условия для удаления газов, что предотвращает образование пор и пузырей. Помимо этого, приложение полного давления прессования после разжижения смолы и уплотнения ее при малом давлении уменьшает передраблывание хрупких частиц алмазов АСО. После изотермической выдержки пресс-форму снимают с пресса, охлаждают в воздушном охладителе и распрессовывают. При извлечении алмазонасного слоя, изготовленного из микропорошков алмаза, температура пресс-формы должна быть в пределах 100—120 °С. При более низкой температуре из-за хрупкости брикетов могут образоваться трещины. При изготовлении остальных инструментов распрессовка производится при нормальной температуре.

Процесс горячего прессования включает большое количество операций, связанных с перемещениями пресс-формы, их установкой и т. д. Это требует

значительных затрат ручного труда. В настоящее время разработана и изготовлена поточная полуавтоматическая линия, на которой осуществляются все этапы горячего прессования после загрузки шихты алмазносного слоя в камеру пресс-форм и установки пуансона. На Томилинском заводе алмазного инструмента один из гидравлических прессов модернизирован так, что на нем одновременно размещаются пресс-формы в несколько этажей. Для этого на прессе установлены промежуточные нагревательные плиты и рычажная система их перемещения. Такая модернизация во много раз повысила производительность пресса.

Если термическая обработка алмазносного слоя для стабилизации свойств выполняется на гидравлическом прессе, то значительную часть времени он используется непроизводительно для поддержания температуры пресс-форм при изотермической выдержке. Потери достигают 40% всего времени работы пресса. Поэтому при серийном изготовлении инструментов применяют технологию, предусматривающую раздельное выполнение операций прессования на гидравлических прессах и термическую обработку в электропечах. В процессе длительного нагрева в электропечи при тщательно контролируемом температурном режиме полностью завершается поликонденсация связующего, что способствует повышению качества алмазносного слоя. При раздельной термической обработке повышается коэффициент использования прессов, вследствие того, что они применяются только во время горячего прессования, ускоряется оборот пресс-формы, так как термическая обработка производится в свободном состоянии.

Алмазносный слой прессуют в два этапа так, как описано ранее, заканчивая операцию при температуре 160 °С без изотермической выдержки. Затем пресс-форму охлаждают и разбирают. Для придания алмазносному слою соответствующих физико-механических свойств термическая обработка производится в специальных низкотемпературных электропечах. Одновременно в печь загружают партию инструментов и производят нагрев, выдержку и охлаждение по режиму. Медленное охлаждение изделий производят вместе с печью.

Из опыта изготовления абразивных кругов на бакелитовой связке известно, что в процессе нагрева при бакелизации с поверхности инструмента испаряются и выгорают фенолформальдегидные смолы, что ухудшает их свойства. Термическая обработка инструмента на органической связке без доступа кислорода в специальной газовой защитной среде при повышенной температуре может способствовать повышению качества инструмента. Однако для такой обработки требуется более сложное оборудование.

После термической обработки производят окончательную механическую обработку и испытания инструмента.

Контроль качества алмазносного слоя включает: осмотр инструмента для выявления трещин, сколов, пористости, пузырей и вздутий; проверку геометрических размеров слоя; определение твердости и величины торцового и радиального биения. При наличии дефектов или отклонений размеров от чер-

тежных инструменты бракуют и передают на рекуперацию. При проверке качества руководствуются требованиями технических условий на инструмент.

Брак по трещинам и сколам алмазоносного слоя, как правило, является следствием неправильного выполнения операции прессования, некачественного изготовления пресс-форм, наличия на формующей поверхности забоин и глубоких царапин. Для предотвращения такого брака следует тщательно контролировать состояние деталей пресс-форм, бережно и аккуратно обращаться с ними, применять при разборке медные молотки, не использовать стальные скребки при очистке поверхности формующих полостей. Большая навеска шихты алмазоносного слоя по сравнению с расчетной может также быть причиной появления трещин. Особую осторожность надо соблюдать при прессовании инструментов из микропорошков алмаза, имеющих пониженную прочность и склонность к трещинообразованию.

Из-за утечки связующего через зазоры в подвижных соединениях пресс-форм алмазоносный слой может оказаться пористым. Поэтому перед сборкой тщательно контролируют размеры деталей пресс-форм и определяют зазоры. Нормальные зазоры восстанавливают путем размерного хромирования, поверхностей деталей. Пористость алмазоносного слоя может быть также следствием заниженной навески шихты алмазоносного слоя против расчетной, неправильного выбора высоты ограничителей при прессовании до упора. Пузыри и вздутия на алмазоносном слое появляются из-за избытка влаги в шихте, завышения давления в первой стадии прессования. Чтобы предотвратить эти дефекты, компоненты необходимо хранить в герметичной таре, применять их для приготовления шихты связки после сушки, точно выдерживать давление при прессовании. Неточности геометрических размеров и формы алмазоносного слоя могут быть следствием неправильной сборки пресс-форм, некачественного разравнивания шихты, перекосов при прессовании, неточной установки плит пресса, некачественного изготовления деталей пресс-формы и их износа. Для предотвращения брака необходимо следить за состоянием оборудования, оснастки и тщательно выполнять сборку пресс-формы, засыпку и разравнивание шихты алмазоносного слоя и горячее прессование.

Твердость алмазоносного слоя является комплексной характеристикой качества выполнения операций технологического процесса — смешиваний, разравниваний, горячего прессования, термической обработки. Для измерения твердости используют приборы типа ТКН-2. В качестве наконечника применяют стальной шарик диаметром 5 мм, который вдавливают в слой с силой 60 кгс. Твердость оценивается по глубине отпечатка и определяется в условных единицах по показаниям стрелочного индикатора прибора ТКН-2. Показания считывают со шкалы В. Твердость определяют как среднее арифметическое нескольких (три—пять) отдельных измерений. Твердость независимо от марки и зернистости алмазов должна быть не ниже предусмотренной техническими условиями. Например, для связки Б1 твердость должна быть не менее 105 единиц, связки БР—80 единиц, связки Б8—100 единиц и т. д.

## 41.5. Изготовление алмазного абразивного инструмента на эластичной связке

Изготовление инструмента на эластичных связках включает операции приготовления связки, смешивания алмазов со связкой, вырезки заготовок, вулканизации их с одновременным прикреплением к основе. В отличие от изготовления инструментов на вулканитовой связке здесь вулканизация алмазодносного слоя производится в пресс-форме под давлением, что обеспечивает высокую точность инструмента и позволяет создать при необходимости на поверхности алмазодносного слоя рельеф в виде чередующихся выступов и впадин. Для приготовления каучукосодержащей связки используют смеси синтетического бутадиен-нитрильного каучука, совмещенного с поливинилхлоридной смолой, с добавками вулканизирующих агентов, наполнителей, ускорителей вулканизации и мягчителей. В качестве этих компонентов в основном применяют те же вещества и в тех же примерно количествах, что и при изготовлении вулканитовых кругов. Особенностью эластичных связок алмазодносного инструмента по сравнению с вулканитовыми является применение каучука, совмещенного с поливинилхлоридной смолой, например игелитом, и связующим ПБ. Полученные на такой основе материалы превосходят чистый каучук по прочности, сопротивлению истиранию и пластичности. Совмещение каучуков со связующим ПБ повышает также прочность удержания зерен алмазов в связке.

Физико-механические свойства и эластичность материалов на основе каучука во многом зависят от содержания серы. Для получения гибких инструментов содержание серы по отношению к массе каучука не должно превышать 10—15%. В тех случаях, когда количество серы составляет 30—40%, получают жесткие эбонитовые или полуэбонитовые связки. Технологический процесс изготовления каучукосодержащих смесей для эластичных связок не отличается от технологии изготовления вулканитовых абразивных масс. Важную роль играет тщательное проведение операций смешивания компонентов с каучуком, которое выполняется путем вальцевания. От равномерности распределения компонентов по всему объему алмазодносного слоя во многом зависит качество и эффективность применения инструмента. Смешивание каучука с другими компонентами производят на водоохлаждаемых валках, вращающихся с различной скоростью. Вначале в зазор вводят каучук, совмещенный со смолами, а затем после равномерного распределения его по валку небольшими порциями загружают серу, окись цинка и магнезия. Охлаждение валков предотвращает разогрев и преждевременную вулканизацию смеси. Для улучшения пластичности в смесь добавляют мягчители, например дибутилфталат, и вещества, уменьшающие прилипание вальцуемой смеси к валкам, такие, как стеарин. В последнюю очередь в смесь вводят ускорители вулканизации.

Приготовленные связки хранят в помещении при температуре не выше 25 °С в местах, защищенных от прямого попадания света. Так как при длительном хранении качество смеси снижается, срок хранения ограничивают десятью сутками. В приготовленную в соответствии с расчетом навеску связки

вводят путем вальцевания алмазы и приготавливают, таким образом, материал, из которого при вулканизации получают алмазоносный слой. Для улучшения прочности закрепления алмазов в каучуковой связке их предварительно обрабатывают 20%-ным спиртовым раствором связующего ПБ. Количество раствора составляет 5% от массы алмазов. Такая обработка повышает качество алмазоносного слоя на каучуковой связке. Так как в процессе смешивания связки с алмазами происходит перетирание смеси, зерновой состав порошка изменяется. Дробление порошков будет тем меньше, чем быстрее произведено смешивание и чем меньше усилия, действующие на смесь в процессе вальцевания. Для обеспечения точных размеров алмазоносного слоя приготовленный в результате смешивания связки и алмазов материал подвергают калибрующей прокатке на каландровых вальцах. Из полученной в результате этой операции ленты вырезают заготовки алмазоносного слоя, форма которых соответствует форме инструмента. Так как точность прокатки невысока, для обеспечения точного содержания алмазов в алмазоносном слое определяют массу полученной заготовки и при необходимости корректируют ее, добавляя тонкие полоски, прокатанные из остатков ленты. После вырезки заготовки алмазоносного слоя неиспользованные остатки ленты можно прокатать вторично. Для придания алмазоносному слою требуемых физико-механических свойств производят его вулканизацию. Эту операцию совмещают с прикреплением алмазоносного слоя к основе. Например, процесс вулканизации дисков выполняют под давлением в пресс-форме. В пресс-форму укладывают заготовку основы, вырезанную из ткани, пропитанной аппретирующим составом. В качестве основы дисков используют хлопчатобумажные ткани, а для бесконечных лент — лавсан повышенной прочности. Ткани аппретируют для придания им эластичности, обеспечения прочного сцепления основы с рабочим слоем, уменьшения вытяжки в процессе работы. Между тканевой основой и алмазоносным слоем размещают промежуточный слой из эластичной резины. Промежуточный слой улучшает эксплуатационные свойства инструмента, повышает его эластичность. При наличии подслоя обеспечивается полное срабатывание алмазоносного слоя.

Техника выполнения вулканизации не отличается от горячего прессования органических связок. На уложенные в пресс-форму заготовки основы, промежуточного и алмазоносного слоев устанавливают пуансон и сжимают на гидравлическом прессе. Одновременно пресс-форму нагревают до температуры 170—175 °С с выдержкой 20—25 мин. Во время термической обработки происходит вулканизация каучука и соединение всех слоев в одно целое. Если на пуансоне нанесен рельеф, то отпечаток его остается на алмазоносном слое. Чтобы вулканизируемый слой не прилипал к деталям пресс-формы, пуансон и обойму смазывают. Можно также использовать для этих целей разделительную прокладку из целофана. Описанный технологический процесс можно использовать и для изготовления бесконечных лент. В качестве основы в этом случае применяют бесшовную рукавную ткань из лавсана, которую режут на ленты нужной ширины. На полученную заготовку на специальном приспособо-

блении последовательно напрессовывают участки алмазоносного слоя до заполнения всей ленты. Таким образом получают бесшовные ленты. Как правило, алмазоносный слой ленты изготавливают с использованием жесткой связки, прочно закрепляющей алмазы. Чтобы ленте придать высокую гибкость, слой через небольшие равные расстояния надламывают.

На эластичных каучукосодержащих связках могут быть изготовлены не только гибкие инструменты в виде дисков и лент, но также и другие, например, круги, хонинговальные бруски и т. п. При окончательной обработке алмазного абразивного инструмента на эластичной связке удаляют заусенцы и вытечки, образовавшиеся при вулканизации. На нерабочую поверхность дисков наносят клеевой слой для соединения диска с шайбой станка. При контроле качества инструмента проверяют прочность соединения основы с алмазоносным слоем, наличие

дефектов, разрывов, отслоений, крупных раковин. Качественный инструмент упаковывают и отправляют потребителю. В случае необходимости алмазы могут быть извлечены (рекуперированы) из эластичных связок и после соответствующей обработки вновь использованы.

#### **41.6. Изготовление алмазного абразивного инструмента на металлической связке**

Алмазные частицы в металлической связке можно закреплять методом литья алмазосодержащих сплавов; зачеканкой и шаржированием зерен в металлический, изготовленный из пластичных материалов корпус; методами порошковой металлургии и электрохимического осаждения. Промышленное значение имеют два последних метода, причем в общем объеме выпуска преобладает инструмент, изготовленный методами - порошковой металлургии. Суть метода порошковой металлургии заключается в том, что смесь металлических порошков с другими компонентами подвергают уплотнению и последующей термической обработке (спеканию) при температуре ниже температуры плавления хотя бы одного из компонентов. В результате процессов диффузии, расплавления легкоплавких компонентов с образованием растворов спрессованное тело после термической обработки приобретает высокую прочность, электропроводность и другие физико-механические свойства, приближающиеся к свойствам, аналогичным по составу материалов, полученных литьем. Использование в качестве исходных материалов порошков позволяет формовать в пресс-форме заготовки точные по форме и размерам, что сводит к минимуму объем механической обработки.

Температура нагрева инструмента при спекании значительно ниже температуры литого материала, из которого изготовлен порошок. Кроме того, отсутствуют многие ограничения, связанные с выбором компонентов сплавов. В отличие от литья методы порошковой металлургии позволяют создавать композиции, включающие несплавленные друг с другом материалы, что и используется при закреплении алмазных частиц в металлической связке. При производстве алмазного инструмента полностью реализуются преимущества

порошковой металлургии перед другими методами изготовления деталей из металлов и их сплавов. Например, возможность получения этим методом точных заготовок алмазосодержащего слоя позволяет сократить объем механической обработки труднообрабатываемых алмазосодержащих материалов. Большое значение имеет возможность методом порошковой металлургии получать композиционные материалы из неплавящихся веществ, что позволяет создавать наиболее эффективные связки для конкретных условий обработки и вводить в состав неметаллические наполнители, твердые смазки и т. п. Существенным является и то преимущество, что спекание происходит при более низкой температуре, чем при литье. Снижение температуры при изготовлении алмазного инструмента является одним из решающих факторов при выборе варианта технологического процесса.

Следует учитывать также, что при использовании в качестве компонентов шихты связки металлических порошков легко обеспечить равномерное распределение зерен алмазов по всему объему алмазосодержащего слоя.

Преимущества метода порошковой металлургии обуславливают широкое применение его в промышленном производстве алмазного инструмента. Однако в ряде случаев, например, при производстве тонких (менее 0,2 мм) отрезных кругов, сложнофасонных и мелких инструментов, метод порошковой металлургии не может быть использован из-за технологических трудностей. Для закрепления алмазов в металлической связке при выпуске таких инструментов используются методы электрохимического производства.

Изготовление алмазосодержащего слоя методом порошковой металлургии. В производстве алмазного инструмента на металлической связке в настоящее время, широко распространен процесс, включающий операции приготовления алмазосодержащей порошковой смеси (шихты алмазосодержащего слоя), брикетирование ее, спекание и уплотнение в нагретом состоянии с последующим охлаждением под давлением. В процессе изготовления из смеси алмазов и шихты связки формируется пористый брикет алмазосодержащего слоя, который в результате термической обработки и уплотнения приобретает высокую прочность, износостойкость, точную геометрическую форму и размеры. Пластическая деформация в процессе уплотнения материала связки, нагретого при спекании выше температуры рекристаллизации, обеспечивает прочное охватывание и закрепление алмазных зерен, равномерно распределенных по всему объему алмазосодержащего слоя.

Принципиально можно изготовить алмазосодержащий слой на металлической связке без уплотнения после спекания, что существенно упрощает технологический процесс и применяемую оснастку. Однако из-за наличия пор в алмазосодержащем слое в этом случае снижается прочность закрепления алмазов и как следствие — стойкость инструмента. Для повышения прочности закрепления алмазов в пористом слое необходимо использовать связки, химически взаимодействующие с алмазами во время спекания. При этом прочность удержания обеспечивается не только силами механического закрепления, но и путем химического соединения связки с алмазами. Такие связки называются адгезион-

но-активными и применяются в настоящее время для изготовления, например, хонинговальных брусков.

Инструменты простой формы можно изготовить методом пропитки. В этом случае смешивают алмазы с металлическими порошками, прессуют из полученной смеси пористый брикет, который пропитывают расплавленным металлом, имеющим температуру плавления, более низкую, по сравнению с температурой плавления металла, из которого приготовлена шихта. Несмотря на определенные преимущества описанных методов изготовления инструмента без уплотнения, они не получили широкого применения в промышленности. В настоящее время основным остается способ изготовления инструмента на металлической связке, включающий операцию уплотнения слоя в нагретом состоянии.

Применяемые материалы. В качестве основных компонентов шихты связки используются порошки чистых металлов меди, олова, железа, никеля и др. Металлические порошки получают дроблением или распылением расплавов, электролизом из солей, восстановлением окислов. Смешивая порошки металлов, взятые в определенном заданном соотношении, получают шихту различных металлических связок. Технология приготовления шихты связки существенно упрощается в том случае, когда для ее изготовления используют металлические порошки, полученные распылением литого многокомпонентного сплава. В результате распыления получают однородные по составу зерна сплава, которые и используют в качестве шихты связки. Однако таким путем могут быть получены порошки из сплавов с относительно низкой (до 700°C) температурой плавления.

Важными характеристиками порошков являются форма, размер частиц, насыпная масса и прессуемость. Форма и размер частиц зависят от способа получения порошка. Эти характеристики наряду с другими влияют на прочность брикета, полученного при спрессовывании порошков, и величину усадки брикета при спекании. По форме различают сферические, дендритные (разветвленные) и осколочные порошки. Прочность брикета, спрессованного из частиц дендритной формы, выше, чем у брикетов, изготовленных из сферических и осколочных порошков того же металла. Размер частиц металлического порошка колеблется от долей микрометра до 0,5 мм. Для изготовления алмазного инструмента используют в основном мелкие порошки дендритной формы, частицы которых проходят через сито с квадратными ячейками размером в свету 40—100 мкм.

Насыпная масса (количество порошка в единице объема) зависит от совокупного действия ряда факторов — материала, формы, зернового состава, состояния поверхности частиц, их размера. Плотность порошка, как правило, в 3—5 раз меньше плотности компактного изделия, из-за чего объем загрузочной камеры пресс-формы для прессования должен быть во столько же раз больше.

Прессуемость — свойство металлического порошка образовывать под воздействием обжатия прочные брикеты, не изменяющие своей формы после

снятия - давления. Прессуемость характеризуется изменением плотности брикета под воздействием увеличивающегося давления. Она зависит в основном от пластичности металла, из которого изготовлен порошок, формы его частиц, способа получения. Порошки пластичных металлов меди, олова и алюминия обладают лучшей прессуемостью по сравнению с порошками железа, кобальта и никеля.

Корпуса инструмента на металлических связках в основном изготавливают из стали. При выпуске простых по форме инструментов корпус прессуют из металлического порошка одновременно с алмазоносным слоем. При производстве крупногабаритного инструмента, корпус для облегчения изготавливают из алюминия. В этом случае алмазоносный слой напрессовывают на промежуточное стальное кольцо, а затем кольцо соединяют с корпусом.

Вспомогательные материалы используют для увлажнения шихты при смешивании, для защиты алмазоносного слоя и поверхностей деталей пресс-форм и изделий от окисления, для протирки оснастки и. т. п. Ниже приведены характеристики вспомогательных материалов, используемых при изготовлении алмазного абразивного инструмента на металлической связке.

Составы металлических связок. При выборе состава связки учитывают эксплуатационные и технологические требования. К первым относят: износостойкость, твердость, прочность удержания алмазов, теплопроводность, коэффициент трения и другие свойства, определяющие эффективность работы инструмента. Однако не во всех случаях удастся использовать составы, наилучшие по эксплуатационным соображениям, из-за ограничений, накладываемых возможностями технологического процесса изготовления инструмента. Например, температура спекания алмазоносного слоя ограничивается термостойкостью алмазов и прочностью материала пресс-формы, в которой производят уплотнение. По этим соображениям температура спекания не может превышать  $860^{\circ}\text{C}$ , что ограничивает возможности использования - в качестве связок металлов, которые имеют более высокую температуру спекания. При определении состава связки должны быть учтены и некоторые другие технологические требования. Шихта связки должна иметь хорошую прессуемость и образовывать прочные брикеты при умеренных (не более  $4000 \text{ кгс/см}^2$ ) давлениях прессования, так как более высокое давление может привести к существенному дроблению алмазов. При температуре спекания материал связки алмазоносного слоя должен иметь высокую пластичность, чтобы его уплотнение до беспористого состояния осуществлялось при давлении не - более  $1500 \text{ кгс/см}^2$ . При больших давлениях пресс-формы быстро выходят из строя из-за деформаций деталей.. Кроме того, материал связки должен обеспечивать прочное соединение с корпусом и промежуточным металлическим кольцом в процессе спекания и горячей допрессовки за счет диффузии. В тех случаях, когда алмазоносный слой припаивается к корпусу, материал связки должен хорошо смачиваться припоем. Таким образом, выбор состава связки, полностью удовлетворяющего, эксплуатационным и технологическим требованиям, является сложной задачей. При ее решении большое внимание должно быть

уделено выбору основного материала, преобладающего в составе связки и определяющего технологические режимы изготовления и физико-механические свойства алмазоносного слоя.

Как правило, пригодность материала связки оценивают по износостойкости в условиях абразивного износа. При этом необходимо учитывать, что алмазоносный слой является композиционным материалом и его износ определяется скоростью износа как связки, так и алмазов. Зерна алмазов, выступая над поверхностью, защищают связку от износа. Поэтому длительность эксплуатации инструмента при прочих равных условиях определяется не только свойствами связки и стойкостью ее по отношению к абразивному износу, но и прочностью закрепления алмазов.

Прочное закрепление алмазов обеспечивается при применении в качестве основы связки железа, кобальта, никеля, хрома, стали, твердого сплава и т. д. Однако эти материалы в чистом виде в качестве связок не применяют, так как они плохо прессуются при умеренных давлениях, а их термическая обработка производится при высокой температуре. Поэтому для улучшения прессуемости и снижения температуры спекания в композиции на основе железа и других вышеуказанных металлов вводят пластичные материалы, такие как медь, олово и др. Введение этих металлов снижает стойкость материала связки к абразивному изнашиванию. Однако износостойкость алмазоносного слоя при этом может остаться достаточно высокой, так как повышение пластичности материала связки приводит при прочих равных условиях к лучшему схватыванию и увеличению прочности удержания алмазных зерен, защищающих связку от износа. Этим же, по-видимому, объясняется высокая размерная стойкость инструмента на металлических связках на основе меди, алюминия и других металлов, которые в чистом виде не отличаются долговечностью в условиях абразивного износа.

Высокая износостойкость алмазоносного слоя может быть достигнута в результате прочного закрепления зерен алмазов в адгезионно-активных связках. В этом случае зерна во время спекания смачиваются связкой и прочно соединяются с ней. Для характеристики активности взаимодействия алмазов и расплавленного металла определяют угол смачивания, который образуется между поверхностью капли расплавленного металла и плоскостью кристалла алмаза, на котором она расположена. Капля металла, смачивающего алмаз, растекается по его поверхности; у металлов, не смачивающих, — не растекается. Количественно активность взаимодействия связки с алмазом определяют величиной краевого угла смачивания. Для металлов, смачивающих алмаз (титан, кобальт, хром), этот угол меньше  $90^\circ$ , для несмачивающих (медь, олово и других) — больше. Установлено, что небольшая добавка адгезионно-активного к алмазу металла, например, титана, приводит к образованию сплавов, смачивающих алмаз. Из-за высокой прочности удержания алмазов использование адгезионно-активных связок является перспективным. Следует отметить также, что при применении таких связок можно изготавливать инструменты без уплотнения алмазоносного слоя в нагретом состоянии.

По составу металлические связки делятся на однокомпонентные и многокомпонентные. Однокомпонентные связки на основе меди или алюминия отличаются хорошей пластичностью и прессуемостью. Однако их применение ограничено, так как твердость и износостойкость алмазосодержащих материалов на основе чистых металлов невысоки. Высокая износостойкость может быть достигнута при использовании в качестве связки таких материалов, как кобальт. Однако из-за его дефицитности и высоких технологических режимов изготовления этот материал не получил широкого распространения.

Многокомпонентные связки, как правило, готовят, смешивая металлические порошки с различными добавками неметаллических веществ, абразивных материалов, твердых смазок и др. Сочетание прочной и пластичной металлической основы с легирующими элементами и наполнителями обеспечивает прочное удержание алмазов, высокую твердость, износостойкость алмазоносного слоя инструмента при хороших режущих свойствах. Использование многокомпонентных связок позволяет наилучшим образом обеспечить как технологические, так и эксплуатационные свойства алмазоносного слоя. В качестве основного компонента материала связки используются медь, алюминий, железо, кобальт, твердый сплав и другие металлы.

Связки на основе меди с добавками олова, свинца, цинка пригодны для изготовления многих видов абразивного алмазного инструмента, применяемого для обработки твердого сплава и неметаллических материалов. Эти составы хорошо прессуются и спекаются при умеренных температурах, обладают высокой прочностью, теплопроводностью и удовлетворительной износостойкостью. В промышленности, как правило, используют составы типа бронз с различным соотношением меди, олова и других материалов.

Инструменты с алмазоносным слоем на основе алюминия изготавливают для обработки стекла, шлифования твердых сплавов, заточки твердосплавного инструмента. Термическая обработка алмазоносного слоя на алюминиевой связке может быть выполнена без защитной среды при сравнительно низкой температуре (ниже  $600^{\circ}\text{C}$ ), что является важным технологическим достоинством. Шихту связки на основе алюминия можно приготовить, не только смешивая порошки в заданном соотношении, но и из литого сплава. В этом случае вначале сплавляются компоненты, входящие в состав связки, а затем в специальном устройстве производят распыление сплава. Застывая, брызги металла образуют порошок, который после отсева используют в качестве шихты связки.

Связки на основе железа используют для изготовления инструмента, применяемого для резания и шлифования неметаллических материалов, когда требуется высокая износостойкость и прочность алмазоносного слоя. Температура термической обработки, давление брикетирования и горячей допрессовки у этих составов выше чем у бронзовых и алюминиевых. Поэтому для уменьшения пластичности и снижения температуры спекания в состав связок на основе железа вводят дополнительно порошки меди, олова и др.

Наиболее износостойкие и прочные связки могут быть изготовлены на

основе твердых сплавов методом пропитки или горячего прессования при кратковременном воздействии высоких температур, достигающих 1400° С. Время, в течение которого алмазосодержащий слой подвергают высокотемпературному нагреву, строго ограничивается из-за возможного окисления и графитизации алмазов.

Как правило, состав связки для конкретных условий обработки выбирается экспериментально. Широко применяется, например, связка М1 на основе оловянистой бронзы с содержанием (по массе) меди 80% и олова 20%. Инструменты на этой связке используются преимущественно для обработки неметаллических материалов. Связка обеспечивает высокие физико-механические свойства алмазосодержащего слоя и технологична в изготовлении.

Приготовление шихты алмазосодержащего слоя. Шихта алмазосодержащего слоя после смешивания при высокой степени равномерности распределения всех компонентов по объему должна иметь состав, соответствующий заданному, обладать хорошей сыпучестью, не комковаться и не расслаиваться в процессе хранения, Транспортировки и засыпки в полость пресс-формы. Оборудование и технологические приемы выполнения операций приготовления алмазосодержащей шихты на металлической связке принципиально не отличаются от описанных в разделе для органических жестких связок. Вначале из компонентов готовят шихту связки, а затем по мере необходимости отвешивают требуемое количество шихты связки и смешивают с алмазами. Поэтому технологический процесс приготовления шихты алмазосодержащего слоя включает следующие основные операции: подготовку и дозирование компонентов шихты связки и алмазов, смешивание этих навесок с увлажнением.

Характеристики металлических порошков и материалов, применяемых для изготовления шихты связки, должны соответствовать требованиям технических условий. Основные показатели качества, химический состав, гранулометрический состав проверяют в заводской лаборатории. Подготовка компонентов, как правило, включает операции просеивания на ситах, а в некоторых случаях дробления и классификации. Компоненты, которые поставляются в виде готовых порошков, должны быть просеяны через сита для удаления крупных частиц. Обычно для изготовления инструмента применяют мелкие фракции металлических порошков, просеянные через сита с квадратными ячейками с размером в свету 40—100 мкм. Мелкие порошки металлов более активны при спекании, для их спекания требуются меньшие температуры. Однако при просеивании стандартных порошков для получения мелких фракций остается большое количество крупных. Поэтому очень мелкие порошки, отсеянные на ситах с размером ячеек 40 мкм, целесообразно применять для приготовления шихты алмазосодержащего слоя инструмента только из микропорошков алмазов. Шихта, в состав которой входят шлифпорошки алмазов, может быть приготовлена из металлических порошков, просеянных через сита с размером ячеек 63—100 мкм.

Для большинства металлических связок плотность шихты 1,5— 2 г/см<sup>3</sup>. Так как в состав шихты связки входят компоненты, существенно различающи-

еся по плотности, высокое качество смеси достигается только при длительном смешивании. Время смешивания, достаточное для равномерного распределения компонентов по всему объему шихты связки, определяется экспериментально. При частоте вращения барабана 30—50 об/мин и коэффициенте заполнения объема 0,4 длительность смешивания для получения однородной шихты достигает 24—48 ч. Качество смешивания шихты связки проверяют химическим анализом, для чего из разных точек объема смесителя или тары, где хранится шихта связки, отбирают пробы. Процентное содержание компонентов не должно отличаться от заданного более чем на 0,5%. В шихте не должно быть комков и крупных слипшихся, частиц компонентов.

Для комплексной, проверки качества шихты связки отбирают пробу и изготавливают контрольные образцы. Затем определяют твердость полученного материала, прочность на изгиб, удельную ударную вязкость. Полученные значения должны быть не ниже предусмотренных техническими условиями на связку. После проверки годную шихту связки упаковывают в герметичную тару, в которой она может храниться не более 14 суток. При более длительном хранении компоненты могут окислиться, что снизит качество шихты.

По мере необходимости из шихты связки приготавливаются навески, которые смешивают с навесками алмазов вручную или в смесителях. Количество алмазного порошка по известному объему инструмента концентрации и массе покрытия определяется по тем же формулам, что и для органических связок.

Для предотвращения расслаивания компонентов шихты алмазоносного слоя и улучшения равномерности их распределения смешивание производят с добавкой увлажнителя. В качестве увлажнителя могут быть использованы бензин, веретенное и вазелиновое масло, смесь глицерина со спиртом и другие вещества. Наилучший эффект получают при использовании 20%-ного раствора глицерина в спирте. Такая жидкость хорошо и равномерно смачивает частицы шихты. После испарения спирта на поверхности частиц остается тонкая пленка глицерина, склеивающая частицы и полностью сгорающая при спекании. Последовательность и содержание операций приготовления шихты алмазоносного слоя зависит от крупности порошков алмазов.

Смешивание шихты связки со шлифопорошками алмазов выполняют в такой последовательности: тщательно смешивают навеску порошка алмаза с увлажнителем, количество которого определяют из расчета 1—3% от массы шихты связки. Увлажненную навеску алмазного порошка затем перемешивают с шихтой связки вручную в течение 3—20 мин или при большой массе шихты алмазоносного слоя (более 0,5 кг) в барабанных смесителях. При такой последовательности к увлажненной поверхности зерен алмаза прилипают частицы компонентов связки, что способствует равномерному распределению алмазов в связке при смешивании. Время смешивания компонентов алмазоносного слоя меньше, чем при приготовлении шихты связки. При указанных выше режимах качественное смешивание может быть достигнуто за 5—15 ч. Для разбивания слипшихся частиц шихты связки или алмазов во время смешивания в барабан смесителя могут быть загружены стальные шары диаметром 5—15 мм

из расчета 5—10 шт. на каждый килограмм приготавливаемой шихты. После смешивания алмазосодержащую смесь развешивают на отдельные порции, которые используют для изготовления инструмента.

При приготовлении шихты алмазоносного слоя из микропорошков алмаза особое внимание следует обращать на чистоту оснастки и оборудования. Попадание в металлическую связку даже одного зерна более крупной зернистости по сравнению с остальными, может привести к образованию на обрабатываемой поверхности царапин. Чтобы предотвратить попадание крупных зерен в микропорошки необходимо:

а) при приготовлении смесей, содержащих микропорошки, оборудовать отдельное помещение;

б) для каждой зернистости алмазного порошка иметь отдельные емкости для смешивания и отдельную оснастку;

в) при переходе от одной зернистости к другой тщательно очищать все поверхности оснастки и оборудования от остатков шихты, протирать и просушивать их;

г) при последовательном приготовлении навесок шихты алмазоносного слоя различной зернистости алмаза начинать с той навески, в состав которой входит самый мелкий порошок, переходя потом к более крупным.

При смешивании шихты связки с микропорошками алмазов, склонными к слипанию, для получения однородной шихты вводят дополнительную операцию. После предварительного смешивания сухой шихты связки и алмаза полученную смесь 3—4 раза протирают через сито с размером ячеек в свету 160—200 мкм и затем увлажняют. Это обеспечивает растирание комков и равномерное распределение зерен алмаза по всему объему шихты. Для каждой зернистости микропорошков необходимо иметь отдельное сито. Увлажненную шихту смешивают в барабанном смесителе так, как было описано ранее. При контроле качества шихты алмазоносного слоя проверяют под микроскопом равномерность распределения зерен алмазов по всему объему. В качественно приготовленной шихте не должно быть слипшихся зерен. После контроля качества навески используют для брикетирования алмазоносного слоя.

Брикетирование. Операции брикетирования, спекания и уплотнения можно рассматривать как последовательные стадии превращения смеси разрозненных частиц связки и алмазов в твердое тело определенной формы. Для получения точных размеров алмазоносного слоя брикетирование и уплотнение производят в пресс-формах. Поскольку температура и давление при брикетировании и уплотнении существенно различаются. Для выполнения этих операций используют, как правило, две различные пресс-формы. Это позволяет упростить пресс-формы для спекания, работающие при высоких давлениях и температурах, уменьшить расход дорогостоящих жаропрочных материалов и снизить трудоемкость обработки деталей. В некоторых случаях, при изготовлении фасонных инструментов, когда перекладка брикета в другую пресс-форму невозможна, используют для брикетирования и уплотнения одну и ту же пресс-форму. В результате брикетирования сыпучая шихта алмазоносного

слоя спрессовывается в заготовку, форма и размеры которой близки, к окончательным. Операция производится при комнатной температуре. Так как полученный при этом брикет, как правило, перекалывают для спекания и уплотнения в другую пресс-форму, он должен быть прочным, иметь неосыпающиеся края. Качество брикетов зависит в основном от свойств шихты связки, давления прессования, конструкции и точности пресс-формы.

Спрессовывание шихты алмазосного слоя на металлической связке в брикет под воздействием внешнего давления подчиняется общим закономерностям прессования металлических порошков и смесей. Из-за наличия в составе шихты большого количества алмазных зерен (до 50 объемных процентов), тормозящих процесс ее формования, для каждого состава существует предел уплотнения, который не может быть превзойден простым повышением давления прессования. Поэтому в результате первой стадии формования получают пористый брикет. Прочность и другие его свойства во многом определяют давлением при прессовании. Давление брикетирования, при котором получают прочные неосыпающиеся брикеты алмазосного слоя с пористостью, не превышающей 15—25%, подбирают экспериментально. Для большинства металлических связок давление лежит в пределах 2000—4000 кгс/см<sup>2</sup>. Для бронзовой связки М1 достаточно, например, давление 3000 кгс/см<sup>2</sup>. Более высокое давление прессования приводит к передрабливанию алмазов. Конструкция пресс-формы и схема прессования алмазосного слоя зависят от размеров и формы изготавливаемого инструмента. Алмазосный слой простой конфигурации с соотношением высоты к ширине не более 3:1 брикетируют в пресс-формах по схеме одностороннего прессования. При соотношениях размеров алмазосного слоя, превышающих указанные, одностороннее прессование не обеспечивает равномерной плотности по высоте. Для уменьшения «потерь на силы трения шихты о стенки обоймы применяют пресс-формы с перемещающимся корпусом. В пресс-формах такой конструкции можно формировать алмазосный слой с соотношением высоты к ширине 10:1.

Брикетирование алмазосного слоя может быть выполнено «по давлению» или «до упора». В первом случае трудно обеспечить точные размеры брикета, так как давление, непосредственно приложенное к слою, зависит от многих факторов: точности приборов, в которой заданные размеры и пористость брикета гарантируются точностью размеров пресс-форм и величиной навески шихты алмазосного слоя. Расчетная сила брикетирования алмазосного слоя при прессовании «до упора» определяется так же, как и для органических связок.

При брикетировании алмазосного слоя выполняют операции: подготовку и сборку пресс-формы, укладку корпуса или промежуточного кольца, засыпку и разравнивание навески шихты безалмазного и алмазосного слоев, прессование, разборку и извлечение брикета. В тех случаях, когда уплотнение после спекания производят в той же пресс-форме, что и брикетирование, например, при изготовлении хонинговальных брусков, последние две операции не выполняют. Для холодного брикетирования алмазосного слоя шли-

фовальных кругов используют пресс-формы той же конструкции, что и для органических связок. Перед сборкой все детали пресс-форм тщательно очищают, а формующие полости промывают ацетоном и протирают чистой ветошью для удаления остатков шихты от предыдущего формования.

После засыпки шихты, разравнивания и установки пуансона пресс-форму переносят на гидравлический пресс. При перемещении верхней плиты к пуансону прикладывают силу, соответствующую расчетной. Скорость прессования практически не влияет на качество брикета. Извлеченный из пресс-формы брикет увеличивает свои размеры. Изменение размеров (упругое последствие) зависит от состава шихты, давления брикетирования, конструкции пресс-формы. Величина упругого последствия, определенная экспериментальным путем, составляет около 0,1—0,3% от размера алмазоносного слоя. Поэтому размеры формующих полостей пресс-формы для брикетирования должны быть уменьшены на эту величину по сравнению с камерой пресс-формы для горячей допрессовки. После распрессовки пресс-формы контролируют размеры и качество брикета. Не допускаются сколы, осыпавшиеся края и другие дефекты. Брикет должен быть равномерно пропрессован по всей площади. Наличие несквозных трещин допускается, так как в процессе горячей допрессовки они завариваются. Брикеты при хранении на воздухе окисляются и должны быть переданы на спекание в возможно более короткие сроки.

Спекание. Для термической обработки алмазоносный слой нагревают в контролируемой среде или на воздухе до температуры не выше (0,7—0,8) температуры плавления основного компонента шихты. Во время спекания по крайней мере один из компонентов шихты, занимающий большую часть объема, не расплавляется и брикет сохраняет форму. При спекании пористых металлических порошковых тел в результате протекания процессов диффузии, рекристаллизации, образования расплавов и т. п. происходит усадка или рост брикета. При спекании существенно повышается прочность спрессованного тела. Например, предел прочности на изгиб образцов, изготовленных на связке М1, при 100%-ной концентрации алмазов повышается с 130 до 2000 кгс/см<sup>2</sup>.

Спекание может производиться в защитной среде, на воздухе и в вакууме; наилучшие условия — в вакуумных печах. Нагрев в вакууме предотвращает окисление поверхности. При откачке воздуха и нагреве очищается поверхность металлических частиц, из которых спрессован брикет, от загрязнений, в том числе от тонких пленок жира. В высоком вакууме происходит разложение (диссоциация) окислов некоторых металлов, в результате чего обнажаются чистые поверхности. Вакуумная среда является наилучшей также для защиты алмазов от окисления и графитизации. Таким образом в вакууме обеспечиваются наилучшие условия для спекания. Вакуумное спекание, однако, малоприспособно для основного варианта технологического процесса изготовления инструмента на металлической связке, включающего уплотнение при повышенной температуре. Для извлечения нагретой пресс-формы из вакуумной печи требуются сложные устройства — шлюзы. Поэтому вакуумное спекание применяют только для тех связок, которые обеспечивают достаточную

прочность закрепления алмазов без уплотнения.

В промышленном производстве алмазного инструмента на металлической связке в основном используют камерные или туннельные электрические печи. Высокое качество алмазоносного слоя со связкой на основе бронзы, железа и т. п. может быть получено при спекании в защитной среде, предохраняющей частицы компонентов от окисления во время нагрева. В качестве защитно-восстановительной среды используют водород или смесь азота с водородом, полученную при разложении аммиака. Для спекания в защитной среде камерные электрические печи оборудуют герметичными выдвижными муфелями из жаропрочной стали. Система газопроводов и приборов обеспечивает регулирование и контроль расхода и давления газов.

При спекании в защитной среде необходимо соблюдать следующую последовательность операций. После загрузки пресс-формы и герметизации муфеля полностью вытесняют воздух, находящийся в нем, азотом. Затем включают подачу водорода или диссоциированного аммиака. После проверки пробы на отсутствие «гремучего газа» на выходе из муфеля газ поджигают. По горящему факелу контролируют подачу водорода в муфель. Обычно в муфеле поддерживается давление 150 мм вод. ст., что препятствует подсосыванию воздуха. При любых перерывах в подаче газа печь должна быть отключена, а муфель срочно заполнен азотом. В противном случае в муфель может попасть воздух и образоваться взрывающаяся «гремучая смесь». При спекании в защитной среде следует иметь в виду, что температура внутри муфеля отличается от температуры камеры печи, так как его оболочка выполняет роль экрана по отношению к нагревателям. Поэтому температура спекания измеряется термопарой, которая вводится в муфель и располагается в непосредственной близости от пресс-формы. По длине муфеля температура распределяется также неравномерно. Для каждой печи должна быть определена рабочая зона с равномерной температурой по ее длине, в которой и размещают пресс-формы.

Процесс спекания значительно упрощается, когда в качестве основы связки используют алюминий. В этом случае для спекания не требуется защитная среда и камерные печи могут быть использованы без переоборудования. Особенность процесса спекания алмазоносного слоя на металлической связке заключается в том, что нагрев при спекании производят в пресс-формах для уплотнения. При подготовке к спеканию детали пресс-формы обезжирируют и покрывают тонким слоем смазки, например, коллоидно-графитовым препаратом (ГОСТ 5245—50). Тонкая пленка графита, остающаяся на поверхности после высыхания смазки, предотвращает припекание алмазоносного слоя к деталям пресс-форм. В полость пресс-формы укладывают брикет алмазоносного слоя и корпус или переходное кольцо поверхность которых покрыта гальваническим путем тонким (10—15 мкм) слоем меди и тщательно очищена от загрязнений. Собранный пресс-форму помещают в печь и нагревают до температуры спекания. Температура спекания определяется составом связки и, как правило, равна 500—830°C. Для алюминиевых связок температура близка к нижнему пределу, для связок на основе кобальта и железа — к верх-

нему.

Для равномерного прогрева и полного протекания процессов спекания во всем объеме алмазоносного слоя производят изотермическую выдержку при максимальной температуре нагрева. Время выдержки в зависимости от размера пресс-формы изменяется от 1 до 3 ч. После выдержки пресс-формы извлекают из печи и устанавливают на гидравлический пресс для уплотнения. Если спекание производят в защитной среде, перед извлечением пресс-форм муфель заполняют азотом до полного вытеснения водорода или диссоциированного аммиака.

Уплотнение является одной из важнейших операций, во многом определяющей прочность удержания алмазов, точность формы и надежность соединения алмазоносного слоя с корпусом. Выполняют уплотнение в одноместных или многоместных пресс-формах. Конструктивно пресс-формы для уплотнения существенно отличаются от пресс-форм для прессования. Как правило, формующие их полости образуются несколькими составными деталями, прочно соединенными после сборки конусными обоймами или клиньями. Такая конструкция наиболее приемлема в условиях воздействия высоких температур и спекания. При разборке пресс-формы для извлечения изделия клиновое соединение имеет большие преимущества перед любыми другими, например резьбовыми. После ослабления клинового соединения детали пресс-форм легко разбираются и изделие освобождают без выпрессовки, которая неизбежно приводит к задирам на поверхности пресс-формы.

Детали, образующие формующую полость пресс-форм, изготавливают из жаропрочных сплавов на основе никеля и хрома, выдерживающих при температуре до 850°C давление 2000 кгс/см<sup>2</sup> без существенных деформаций. При изготовлении инструмента на связках с алюминиевой основой, для которых температура спекания и давление уплотнения ниже, чем на бронзовых, могут быть использованы менее дефицитные материалы. Применение нежаропрочных материалов нежелательно, так как при высоких давлении уплотнения и температуре детали быстро выходят из строя.

Давление для уплотнения различных связок находится в пределах 600—1500 кгс/см<sup>2</sup>. Меньшее давление применяется при изготовлении инструмента на связках с алюминиевой основой, большее — на железной, кобальтовой и т. п. Для связки М1 давление составляет 750 кгс/см<sup>2</sup>. Уплотнение производят «до упора». Усилие пресса должно быть в этом случае примерно в 1,5 раза больше расчетного. Во время спекания и уплотнения происходит прочное соединение алмазоносного слоя с корпусом или переходным элементом за счет процессов диффузии. Алмазоносный слой после уплотнения охлаждают в пресс-формах под давлением до температуры 200—300°C, что предотвращает коробление инструмента из-за внутренних напряжений, возникающих при неравномерном остывании. После охлаждения пресс-форму разбирают и извлекают изделие.

Контроль качества. После операции спекания и уплотнения контролируют качество изделия. Проверяют, как правило, геометрические размеры, твердость алмазоносного слоя и прочность соединения его с корпусом или проме-

жуточным кольцом.

Геометрические размеры измеряют универсальными или специальными инструментами и приборами, обеспечивающими требуемую точность. Важной характеристикой алмазосносного слоя является твердость, которая комплексно характеризует качество выполнения операций. Твердость зависит от состава связки, пористости алмазосносного слоя, качества выполнения процессов спекания и уплотнения. Чем больше пористость при неизменном составе связки, тем ниже твердость и наоборот. Заниженная температура спекания, недостаточное давление горячей допрессовки и другие отклонения от режимов технологического процесса приводят к снижению твердости алмазосносного слоя и прочности удержания алмазов, к увеличению износа инструмента в процессе эксплуатации. Твердость алмазосносного слоя на металлической связке измеряют на твердомере ТК-2 по шкале В. Наконечником служит стальной закаленный шарик диаметром 1,588 мм. Твердость определяется как среднеарифметическое значение нескольких (3—5) замеров, выполненных в точках, равномерно расположенных на поверхности алмазосносного слоя. Твердость алмазосносного слоя мало изменяется с изменением концентрации, зернистости и марки алмазов. Поэтому в качестве контрольного значения твердости алмазосносного слоя может быть принята та же величина, что и для связки. Алмазосносный слой подвергается также визуальному контролю. На поверхности его не допускаются трещины, сколы и раковины.

## **42 ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

### **42.1. Технологические процессы изготовления резцов**

*Технологический процесс изготовления токарного проходного резца  
с напайной пластиной из твёрдого сплава  
в условиях единичного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку.
2. Галтовочная. Очистить заготовку.
3. Фрезерная. Фрезеровать опорную поверхность.
4. Слесарная. Зачистить заусенцы и снять фаски на торце.
5. Фрезерная. Фрезеровать главную заднюю поверхность.
6. Фрезерная. Фрезеровать вспомогательную заднюю поверхность.
7. Фрезерная. Фрезеровать гнездо под пластинку.
8. Слесарная. Зачистить заусенцы на головке резца.
9. Маркировочная. Клеймить заготовку.
10. Термическая. Закалить, отпустить.
11. Припаять пластинку из твёрдого сплава.
12. Шлифовальная. Снять излишки припоя.
13. Заточная. Заточить предварительно и окончательно.
14. Доводочная. Довести режущие кромки.

- 15.Контрольная. Контроль параметров резца.
- 16.Упаковка резца.

*Технологический процесс изготовления токарного проходного отогнутого резца с напайной пластиной из твёрдого сплава в условиях крупносерийного производства*

- 1.Заготовительная. Рубка заготовки на две державки.
- 2.Термическая. Нагрев для штамповки.
- 3.Штамповочная. Штамповать заготовку на две державки.
- 4.Разделительная. Разломать заготовку на две державки.
- 5.Галтовочная. Очистить поковки от окалины и коррозии
- 6.Слесарная. Зачистить остатки перемычки после разлома, заусенцы и задние грани.
- 7.Фрезерная. Фрезеровать опорную плоскость.
- 8.Шлифовальная. Шлифовать опорную плоскость.
- 9.Виброобработка. Зачистить заусенцы и притупить острые кромки.
- 10.Фрезерная. Фрезеровать переднюю поверхность.
- 11.Фрезерная. Фрезеровать гнездо под пластинку твёрдого сплава.
- 12.Слесарная. Зачистить заусенцы после фрезерования.
- 13.Контрольная. Контроль параметров резца.
- 14.Моечная. Промыть и обезжирить поверхность гнезда под пластинку.
- 15.Пайка. Пайка пластинки твёрдого сплава.
- 16.Маркировочная. Клеймить знаки маркировки.
- 17.Заточная. Заточить переднюю поверхность по пластинке твёрдого сплава.
- 18.Заточная. Заточить главную заднюю поверхность по пластинке твёрдого сплава.
- 19.Заточная. Заточить вспомогательную заднюю (внешнюю) поверхность по пластинке твёрдого сплава.
- 20.Заточная. Заточить вспомогательную заднюю (внутреннюю) поверхность по пластинке твёрдого сплава.
- 21.Доводочная. Довести режущую кромку по передней поверхности.
- 22.Доводочная. Довести режущую кромку по главной задней поверхности.
- 23.Доводочная. Довести радиусы при вершине резца.
- 24.Моечная. Промыть, сушить.
- 25.Контрольная. Контроль параметров резца.

*Технологический процесс изготовления призматического фасонного резца составной конструкции с режущей частью из быстрорежущей стали в условиях единичного производства*

- 1.Заготовительная. Отрезать заготовку корпуса резца.
- 2.Заготовительная. Отрезать заготовку рабочей части.

- 3.Галтовочная. Очистить заготовки в галтовочном барабане.
- 4.Слесарная. Зачистить поверхности заготовок под сварку.
- 5.Сварить заготовки встык.
- 6.Термическая. Отжиг заготовки резца призматического.
- 7.Слесарная. Снять грат после сварки.
- 8.Дробеструйная. Очистить заготовки от окалины.
- 9.Строгальная. Строгать заготовки с четырёх сторон по профилю с припуском под шлифование.
- 10.Слесарная. Разметить профиль режущей кромки резца.
- 11.Строгальная или фрезерная. Обработать профиль фасонной режущей поверхности (строгать или фрезеровать).
- 12.Фрезерная. Фрезеровать переднюю поверхность.
- 13.Маркировка резца.
- 14.Термическая. Закалка, отпуск.
- 15.Слесарная. Очистка от окалины.
- 16.Шлифовальная. Шлифование передней поверхности резца.
- 17.Контроль.
- 18.Упаковка резца.

*Технологический процесс изготовления круглого фасонного цельного резца из быстрорежущей стали в условиях единичного производства*

- 1.Заготовительная. Отрезать заготовку.
- 2.Кузнечная. Отковать заготовку.
- 3.Термическая. Отжечь заготовку.
- 4.Галтовочная. Очистить заготовку.
- 5.Токарная. Точить торец, сверлить отверстие центральное, расточить отверстие, снять фаску, развёртывание отверстия, точение наружной поверхности предварительное.
- 6.Токарная. Точить второй торец, снять фаску, точение предварительное оставшейся части наружной поверхности.
- 7.Шлифовальная. Шлифование двух торцов.
- 8.Сверлильная. Сверление отверстия под штифт.
- 9.Токарная. Точение предварительное фасонной поверхности резца.
- 10.Фрезерная. Фрезеровать выемку.
- 11.Слесарная. Снять заусенцы после точения и фрезерования.
- 12.Маркировать резец.
- 13.Термическая. Закалить резец.
- 14.Дробеструйная. Дробеструйная очистка от окалины.
- 15.Слесарная. Рихтовать резец.
- 16.Шлифовальная. Шлифовать торцы.
- 17.Шлифовальная. Шлифовать центральное отверстие.
- 18.Шлифовальная. Шлифовать профиль резца предварительно и окончательно.
- 19.Шлифовальная. Шлифовать выемку и переднюю поверхность резца.

20. Слесарная. Размагнитить резец.
21. Цианирование резца.
22. Контрольная. Контроль всех параметров резца.
23. Упаковка резца.

#### **42.2. Технологические процессы изготовления осевого инструмента**

*Технологический процесс изготовления спирального цельного сверла из быстрорежущей стали с цилиндрическим хвостовиком в условиях среднесерийного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку на специальном автомате с образованием наружного центра с углом 120 градусов со стороны рабочей части и под прямым углом со стороны хвостовика.
2. Термическая. Закалить, отпустить.
3. Шлифовальная. Черновое шлифование заготовки.
4. Шлифовальная. Чистовое шлифование с образованием обратной конусности на рабочей части сверла.
5. Шлифовальная. Вышлифовка стружечных канавок.
6. Шлифовальная. Вышлифовка спинки.
7. Заточная. Заточить сверло предварительно и окончательно.
8. Выварка и пассивирование.
9. Промывка сверла.
10. Маркировочная. Клеймить сверло методом накатывания.
11. Контроль.
12. Упаковка сверла.

*Технологический процесс изготовления спирального составного сверла из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком в условиях среднесерийного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку рабочей части сверла на специальном автомате с образованием наружного центра с углом 120 градусов со стороны рабочей части и под прямым углом со стороны хвостовика.
2. Термическая. Закалить, отпустить.
3. Заготовительная. Отрезать заготовку хвостовика.
4. Сварить заготовки.
5. Токарная. Обработать рабочую часть сверла.
6. Токарная. Обработать хвостовик сверла.
7. Токарная. Подрезка торца со стороны хвостовика с образованием закругления и фаски.
8. Маркировка сверла.
9. Шлифовальная. Шлифование конического хвостовика.
10. Шлифовальная. Шлифование рабочей части сверла.

- 11.Фрезерная. Фрезерование канавок и спинок на полуавтоматическом станке.
- 12.Фрезерная. Фрезерование лапки.
- 13.Слесарная. Снятие заусенцев.
- 14.Шлифовальная. Полирование канавок.
- 15.Заточная. Затачивание задней поверхности сверла.
- 16.Термическая. Термическая обработка рабочей части и лапки сверла.
- 17.Слесарная. Полирование канавок вручную.
- 18.Шлифовальная. Шлифование центрального отверстия.
- 19.Шлифовальная. Предварительное шлифование рабочей части сверла.
- 20.Шлифовальная. Предварительное шлифование хвостовика сверла.
- 21.Шлифовальная. Окончательное шлифование рабочей и хвостовой частей сверла.
- 22.Шлифовальная. Предварительная заточка угла 120 градусов и окончательная заточка.
- 23.Заточная. Заточка перемычки предварительная и окончательная.
- 24.Контрольная. Контроль параметров инструмента.
- 25.Упаковка сверла.

*Технологический процесс изготовления  
спирального цельного сверла из быстрорежущей стали*

*с цилиндрическим хвостовиком в условиях массового производства*

- 1.Заготовительная. Отрезка заготовки на эксцентриковом прессе.
- 2.Токарная. Снятие фасок с двух сторон.
- 3.Обезжиривание заготовок.
- 4.Фрезерная. Фрезерование поводка.
- 5.Слесарная. Снятие фасок после фрезерования.
- 6.Прокатка профиля на станке-автомате.
- 7.Термическая. Закалка и отпуск.
- 8.Слесарная. Отрезка прибыли со стороны рабочей части.
- 9.Шлифовальная. Черновое шлифование сверла и хвостовика.
- 10.Шлифовальная. Шлифование наружного конуса.
- 11.Шлифовальная. Чистовое шлифование сверла с образованием обратной конусности.
- 12.Шлифовальная. Чистовое шлифование хвостовика.
- 13.Заточная. Черновое и чистовое затачивание.
- 14.Маркировка.
- 15.Контрольная. Контроль параметров инструмента.
- 16.Упаковка сверла.

*Технологический процесс изготовления зенкера из быстрорежущей  
стали с коническим хвостовиком сварной конструкции  
в условиях единичного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку рабочей части.
2. Заготовительная. Отрезать заготовку хвостовика.
3. Токарная. Подрезать торец рабочей части.
4. Токарная. Подрезать торец хвостовой части.
5. Галтовочная. Очистить заготовку в галтовочном барабане.
6. Сварить заготовки встык.
7. Термическая. Отжечь заготовку после сварки.
8. Слесарная. Рихтовать заготовку.
9. Дробеструйная. Очистить заготовку от окалины.
10. Токарная. Обточить сварной шов.
11. Токарная. Подрезать торцы, центровать с двух сторон.
12. Токарная. Обточить рабочую часть, шейку, фаску и заборный конус.
13. Токарная. Обточить конус Морзе.
14. Фрезерная. Фрезеровать лапку.
15. Фрезерная. Фрезеровать зубья по цилиндру.
16. Фрезерная. Фрезеровать затыльную поверхность.
17. Слесарная. Зачистить заусенцы после фрезерования.
18. Маркировать зенкер.
19. Термическая. Закалить зенкер.
20. Слесарная. Рихтовать зенкер.
21. Слесарная. Очистить от окалины.
22. Слесарная. Зачистить центра.
23. Шлифовальная. Шлифовать канавки
24. Слесарная. Полировать канавки.
25. Шлифовальная. Шлифовать конус Морзе.
26. Шлифовальная. Шлифовать рабочую часть.
27. Шлифовальная. Шлифовать заборный конус.
28. Заточная. Заточить зенкер по передней поверхности.
29. Заточная. Заточить зенкер по задней поверхности.
30. Шлифовальная. Шлифовать задние поверхности зубьев.
31. Контрольная. Контроль параметров инструмента.
32. Упаковка зенкера.

*Технологический процесс изготовления зенкера  
из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком  
сварной конструкции в условиях массового производства*

1. Отрезная. Отрезать заготовку рабочей части.
2. Отрезная. Отрезать заготовку хвостовой части.
3. Галтовочная. Очистить под сварку рабочую и хвостовую части.
4. Комплектовочная. Комплектовать заготовки под сварку.
5. Токарная. Обточить ступень под сварку у заготовки большего диаметра.
6. Сварочная. Сварить заготовки.
7. Термическая. Отжечь сварную заготовку.

- 8.Сортировочная. Сортировать заготовки по типоразмерам после отжига.
- 9.Токарная. Снять сварочный грат.
- 10.Правильная. Править.
- 11.Токарная. Центровать торцы с двух сторон с одновременной подрезкой со стороны хвостовой части под углом.
- 12.Токарная. Проточить рабочую часть и заборный конус.
- 13.Токарная. Проточить ступень под лапку, конус Морзе и шейку.
- 14.Фрезерная. Фрезеровать стружечные канавки на четырёх изделиях одновременно.
- 15.Фрезерная. Фрезеровать лапку.
- 16.Слесарная. Снять заусенцы после фрезерования зуба и лапки.
- 17.Маркировочная. Клеймить.
- 18.Термическая. Закалить. Отпустить. Выварить. Травить. Нейтрализовать. Пассивировать. Подкалить лапку. Промыть.
- 19.Зачистная. Зачистить центровые отверстия со стороны хвостовой и рабочей частей.
- 20.Заточная. Заточить передние поверхности зубьев.
- 21.Шлифовальная. Шлифовать хвостовую часть.
- 22.Шлифовальная. Шлифовать ленточки рабочей части по цилиндру.
- 23.Заточная. Заточить режущую поверхность под углом.
- 24.Заточная. Заточить плоскость под углом.
- 25.Химико-термическая. Промыть. Сушить. Цианировать. Охладить. Выварить. Промыть. Пассивировать.
- 26.Контрольная. Испытать на работоспособность.
- 27.Провести антикоррозийную обработку.
- 28.Упаковка инструмента.

*Технологический процесс изготовления  
зенковки из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком сварной конструкции в условиях единичного производства*

- 1.Заготовительная. Отрезать заготовку рабочей части.
- 2.Заготовительная. Отрезать заготовку хвостовой части.
- 3.Токарная. Подрезать торец рабочей части.
- 4.Токарная. Подрезать торец хвостовой части.
- 5.Галтовочная. Очистить заготовки в галтовочном барабане.
- 6.Сварочная. Сварить заготовку встык.
- 7.Термическая. Отжечь заготовку после сварки.
- 8.Рихтовочная. Рихтовать.
- 9.Дробеструйная. Очистить от окалины.
- 10.Контрольная. Проверить заготовку на твёрдость.
- 11.Токарная. Обточить сварочный шов.
- 12.Токарная. Подрезать торцы, центровать с двух сторон.
- 13.Токарная. Обточить конус Морзе.
- 14.Токарная. Обточить рабочую часть и шейку.

- 15.Токарная. Обточить рабочий конус.
- 16.Фрезерная. Фрезеровать лапку.
- 17.Фрезерная. Фрезеровать зубья.
- 18.Слесарная. Зачистить заусенцы после фрезерования.
- 19.Маркировочная. Клеймить.
- 20.Термическая. Закалить, отпустить.
- 21.Дробеструйная. Очистить от окалины.
- 22.Слесарная. Зачистить центры.
- 23.Заточная. Заточить передние поверхности зубьев.
- 24.Шлифовальная. Шлифовать конус Морзе.
- 25.Шлифовальная. Шлифовать режущую часть под углом.
- 26.Заточная. Заточить задние поверхности зубьев.
- 27.Контрольная. Контроль параметров инструмента.
- 28.Упаковка.

*Технологический процесс изготовления  
насадной цельной развёртки из быстрорежущей стали  
в условиях массового производства*

- 1.Заготовительная. Отрезать заготовку.
- 2.Шлифовальная. Шлифовать торцы.
- 3.Токарная. Центровать торец, сверлить отверстие, проточить предварительно наружную поверхность.
- 4.Токарная. Развернуть конусное отверстие предварительно, проточить ступень.
- 5.Токарная. Проточить наружную поверхность предварительно.
- 6.Токарная. Проточить наружную поверхность окончательно, снять фаску, развернуть отверстие окончательно, обработать фаску в отверстии.
- 7.Токарная. Проточить наружную поверхность окончательно, снять фаску, обработать фаску в отверстии.
- 8.Токарная. Расточить выточку в отверстии.
- 9.Фрезерная. Фрезеровать шпоночный паз.
- 10.Фрезерная. Фрезеровать стружечные канавки.
- 11.Слесарная. Зачистить заусенцы и снять фаски на рёбрах шпоночного паза.
- 12.Маркировать развёртку.
- 13.Термическая. Закалить и отпустить развёртку.
- 14.Выварить, травить и промыть развёртку.
- 15.Дробеструйная обработка. Очистить развёртку.
- 16.Шлифовальная. Шлифовать отверстие.
- 17.Шлифовальная. Шлифовать по наружному диаметру предварительно и окончательно.
- 18.Заточная. Заточить передние поверхности зубьев.
- 19.Заточная. Заточить задние поверхности зубьев на калибрующей части и на заборном конусе.

20. Шлифовальная. Шлифовать обратный конус на калибрующей части.
21. Шлифовальная. Шлифовать зубья развёртки по наружному диаметру.
22. Химико-термическая. Промыть, сушить, цианировать, охладить, выварить, промыть, пассивировать.
23. Контроль всех параметров. Испытать на работоспособность.
24. Провести антикоррозионную обработку и упаковать.

*Технологический процесс изготовления  
насадной цельной развёртки из быстрорежущей стали  
в условиях единичного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку.
2. Токарная. Подрезать торцы в размер, сверлить, расточить, развернуть конусное отверстие, расточать выточку, точить поверху под шлифование, обточить выступ и снять фаску, обточить заборный конус и снять фаску.
3. Фрезерная. Фрезеровать ваз на торце.
4. Фрезерная. Фрезеровать зубья по диаметру.
5. Слесарная. Зачистить заусенцы после фрезерования.
6. Маркировочная. Клеймить.
7. Термическая. Закалить, отпустить.
8. Дробеструйная. Очистить от окалины.
9. Шлифовальная. Шлифовать конусное отверстие и торец.
10. Заточная. Заточить передние поверхности зубьев.
11. Шлифовальная. Шлифовать рабочую поверхность.
12. Шлифовальная. Шлифовать торец и фаску.
13. Шлифовальная. Шлифовать обратный конус.
14. Шлифовальная. Шлифовать заборный конус.
15. Заточная. Шлифовать фаску.
16. Заточная. Заточить задние поверхности окончательно.
17. Заточная. Заточить задние поверхности по заборному конусу и фаске.
18. Доводочная. Довести зубья по цилиндрической части.
19. Слесарная. Скруглить радиусы.
20. Контрольная. Контроль параметров инструмента.
21. Упаковка.

### **42.3. Технологические процессы изготовления протяжек**

*Технологический процесс производства  
илицевой составной протяжки  
из быстрорежущей стали в условиях единичного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку рабочей части.
2. Заготовительная. Отрезать заготовку хвостовой части.
3. Галтовочная. Очистить заготовки в галтовочном барабане.
4. Токарная. Подрезать торец с одной стороны, обточить уступ у рабочей части под сварку.

- 5.Сварочная. Сварить заготовки встык.
- 6.Термическая. Отжечь заготовку после сварки.
- 7.Токарная. Снять грат после сварки.
- 8.Токарная. Подрезать торцы и центровать с двух сторон.
- 9.Рихтовочная. Рихтовать.
- 10.Токарная. Обточить наружный диаметр и заднюю направляющую, снять фаску.
- 11.Токарная. Обточить замковую часть и шейку, снять фаску.
- 12.Токарная. Обточить диаметр рабочей части на конус и конус под круглые зубья.
- 13.Токарная. Обточить переходной конус.
- 14.Токарная. Обточить переднюю направляющую и диаметр калибрующихся частей.
- 15.Токарная. Нарезать профиль зубьев с шагом 1.
- 16.Токарная. Нарезать профиль зубьев с шагом 2.
- 17.Токарная. Обточить зубья по переднему углу и спинке с шагом 1.
- 18.Токарная. Обточить зубья по переднему углу и спинке с шагом 2.
- 19.Фрезерная. Фрезеровать шлицы на зубьях и задней направляющей.
- 20.Термическая. Закалить.
- 21.Дробеструйная. Очистить от окалины.
- 22.Слесарная. Очистить и шлифовать центра.
- 23.Рихтовочная. Рихтовать.
- 24.Заточная. Заточить передние поверхности и спинки зубьев предварительно.
- 25.Шлифовальная. Шлифовать шейку, замковую часть, переднюю и заднюю направляющие.
- 26.Шлифовальная. Шлифовать диаметры фасочных, шлицевых и круглых зубьев по конусу.
- 27.Шлифовальная. Шлифовать переходной конус.
- 28.Шлифовальная. Шлифовать по диаметру каждый зуб в размер.
- 29.Шлифовальная. Шлифовать калибрующие зубья круглые и шлицевые.
- 30.Шлифовальная. Шлифовать черновые и переходные зубья по заднему углу.
- 31.Шлифовальная. Шлифовать чистовые зубья по заднему углу.
- 32.Шлифовальная. Шлифовать калибрующие зубья по заднему углу.
- 33.Шлифовальная. Шлифовать шлицы на фасочных зубьях.
- 34.Шлифовальная. Шлифовать шлицы и поднутрение по шлицам.
- 35.Шлифовальная. Шлифовать выкружки на круглых зубьях.
- 36.Заточная. Заточить передние поверхности и спинки зубьев окончательно.
- 37.Доводочная. Довести задние поверхности зубьев.
- 38.Маркировочная. Клеймить.
- 39.Контрольная. Контроль параметров инструмента.

#### **42.4. Технологические процессы изготовления фрез**

*Технологический процесс изготовления дисковой трёхсторонней цельной фрезы с разнонаправленными зубьями из быстрорежущей стали в условиях крупносерийного производства*

1. Отрезная. Отрезать заготовку.
2. Термическая. Нагреть заготовки под штамповку.
3. Штамповочная. Штамповать заготовку.
4. Термическая. Отжечь заготовки.
5. Галтовочная. Очистить заготовку.
6. Токарная. Подрезать торец предварительно, центровать торец, сверлить отверстие, проточить выточку, подрезать дно выточки, развернуть отверстие предварительно, подрезать торец окончательно, развернуть отверстие окончательно.
7. Токарная. Проточить по наружному диаметру, подрезать торец, проточить канавку на торце, подрезать дно выточки, снять фаску в отверстии.
8. Маркировать.
9. Протяжная. Протянуть шпоночный паз.
10. Токарная. Проточить по наружному диаметру.
11. Фрезерная. Фрезеровать левые стружечные канавки на цилиндрической части.
12. Фрезерная. Фрезеровать правые стружечные канавки на цилиндрической части.
13. Фрезерная. Фрезеровать правые стружечные канавки на торце.
14. Фрезерная. Фрезеровать левые стружечные канавки на торце.
15. Термическая. Закалить, отпустить.
16. Шлифовальная. Шлифовать отверстие и торец.
17. Шлифовальная. Шлифовать второй торец.
18. Слесарная. Размагнитить.
19. Заточная. Заточить по передней поверхности зубья с левым наклоном.
20. Заточная. Заточить по передней поверхности зубья с правым наклоном.
21. Заточная. Заточить зубья с правым наклоном по задней поверхности.
22. Заточная. Заточить зубья с левым наклоном по задней поверхности.
23. Шлифовальная. Шлифовать опорные торцы.
24. Заточная. Заточить по задней поверхности торцовые зубья.
25. Заточная. Заточить заднюю поверхность торцовых зубьев.
26. Цианирование.
27. Контроль.

*Технологический процесс изготовления дисковой цельной фрезы из быстрорежущей стали в условиях единичного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку.

2. Кузнечная. Отковать заготовку.
3. Термическая. Отжечь заготовку.
4. Галтовочная. Очистить заготовку в галтовочном барабане.
5. Токарная. Подрезать торец, сверлить отверстие, расточить отверстие, обработать выточку начисто, снять фаску, развернуть отверстие, обточить наружную поверхность предварительно.
6. Токарная. Подрезать другой торец, снять фаску в отверстии, обточить оставшуюся часть наружной поверхности.
7. Шлифовальная. Шлифовать два торца.
8. Токарная. Обточить конус и радиус под затылование.
9. Токарная. Обточить наружную поверхность до радиуса под затылование.
10. Долбежная. Долбить шпоночный паз.
11. Слесарная. Зачистить заусенцы и снять фаску у шпоночного паза.
12. Фрезерная. Фрезеровать зубья по наружной поверхности.
13. Фрезерная. Фрезеровать скос у основания зубьев с одной стороны.
14. Фрезерная. Фрезеровать скос у основания зубьев с другой стороны.
15. Слесарная. Зачистить заусенцы после фрезерования.
16. Затыловочная. Затыловать зубья по профилю.
17. Маркировать. Клеймить.
18. Термическая. Закалить.
19. Дробеструйная. Очистить от окалины.
20. Рихтовочная. Рихтовать.
21. Шлифовальная. Шлифовать торец на плоскошлифовальном станке.
22. Шлифовальная. Шлифовать другой торец на плоскошлифовальном станке.
23. Шлифовальная. Шлифовать отверстие.
24. Размагнитить.
25. Заточная. Заточить передние поверхности зубьев под углом.
26. Заточная. Нанести риски на зубьях через зуб.
27. Контроль.
28. Упаковка и антикоррозийная обработка.

*Технологический процесс изготовления концевой шпоночной фрезы  
из быстрорежущей стали сварной конструкции  
с коническим хвостовиком в условиях единичного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку рабочей части.
2. Заготовительная. Отрезать заготовку хвостовой части.
3. Галтовочная. Очистить заготовки в галтовочном барабане.
4. Токарная. Обточить уступ под сварку.
5. Сварочная. Сварить заготовку встык.
6. Термическая. Отжечь заготовку после сварки.
7. Рихтовочная. Рихтовать.
8. Галтовочная. Очистить заготовку после термообработки.

- 9.Токарная. Снять грат после сварки.
- 10.Токарная. Подрезать торцы и центровать с двух сторон с учётом технологического центра.
- 11.Токарная. Сверлить, рассверлить, зенковать отверстие под резьбу и нарезать резьбу в хвостовике.
- 12.Токарная. Обточить конус Морзе.
- 13.Токарная. Обточить рабочую часть, шейку начисто, технологический центр.
- 14.Фрезерная. Фрезеровать зубья на цилиндрической поверхности.
- 15.Фрезерная. Фрезеровать заднюю поверхность.
- 16.Слесарная. Зачистить заусенцы после фрезерования.
- 17.Маркировочная. Клеймить фрезу.
- 18.Термическая. Закалить, отпустить.
- 19.Дробеструйная. Очистить от окалины.
- 20.Рихтовочная. Рихтовать после термообработки.
- 21.Слесарная. Зачистить центры.
- 22.Слесарная. Калибровать резьбу в хвостовой части после термообработки.
- 23.Заточная. Заточить передние поверхности зубьев.
- 24.Шлифовальная. Шлифовать рабочую часть.
- 25.Шлифовальная. Шлифовать конус Морзе.
- 26.Заточная. Заточить задние поверхности зубьев на цилиндрической части.
- 27.Заточная. Срезать технологический центр.
- 28.Заточная. Прорезать зубья на торце.
- 29.Заточная. Заточить фаску.
- 30.Заточная. Заточить задние поверхности на торце.
- 31.Цианирование.
- 32.Провести антикоррозионную обработку.
- 33.Контроль.
- 34.Упаковка.

*Технологический процесс изготовления сборной торцовой фрезы  
с пятигранными пластинами из твёрдого сплава  
в условиях среднесерийного производства.*

#### Обработка корпуса фрезы

- 1.Токарно-револьверная. Подрезать торец, сверлить отверстие, рассчитать торцовую выточку, расточить отверстие и обточить до кулачков, развернуть отверстие.
- 2.Токарная. Обточить по наружному диаметру, подрезать второй торец, подрезать буртик.
- 3.Токарная. Проточить прямоугольную канавку на торце канавочным резцом, проточить профильную канавку на торце профильным резцом.
- 4.Фрезерная. Фрезеровать шпоночный паз.

5. Фрезерная. Фрезеровать пазы под державку.
6. Протяжная. Протянуть пазы.
7. Сверлильная. Зенкеровать лунки под втулки.
8. Маркировать.
9. Термическая. Закалить и отпустить.
10. Шлифовальная. Шлифовать внутренний диаметр. Шлифовать базовый торец.
11. Токарная. Подрезать торец выточки.
12. Токарная. Проточить профильную канавку на торце.
13. Фрезерная. Фрезеровать базовые фаски.

#### Обработка державок под пластины или ножей

1. Отрезка заготовок под ножи.
  2. Фрезерование двух поверхностей набором, количество которых равно числу державок, устанавливаемых в одну фрезу.
  3. Фрезерование двух других поверхностей также набором.
  4. Фрезерование скоса.
  5. Сверление отверстий под штифт и крепёжный болт.
  6. Нарезание резьбы на торце державки.
  7. Термообработка державок.
  8. Шлифование скоса.
  9. Шлифование двух поверхностей набором.
  10. Шлифование двух других поверхностей также набором.
  11. Исправление отверстия и резьбы.
- Пятигранная пластинка из твердого сплава.
1. Сортировать по высоте и граням.
  2. Шлифовальная. Шлифовать по ленточке, шлифовать по базовой плоскости.
  3. Профильно-шлифовальная. Шлифовать грани и вершины.

#### Фреза (сборка)

1. Подготовить детали для сборки.
2. Надеть шайбу и пружины на болт.
3. Вставить втулки в лунки корпуса.
4. Вставить державки с надетыми на штифт режущими пластинками в пазы корпуса, вернуть болты в державки.

#### Контроль

1. Проверить на специальном приспособлении радиальное и торцовое биение режущих кромок пластин относительно отверстия и базового торца корпуса.

### **42.5. Технологические процессы изготовления резьбообразующего инструмента**

*Технологический процесс изготовления  
машинно-ручного метчика из быстрорежущей стали  
сварной конструкции для метрической резьбы  
в условиях единичного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку рабочей части.
2. Заготовительная. Отрезать заготовку хвостовой части.
3. Галтовочная. Очистить заготовки в галтовочном барабане.
4. Токарная. Обточить уступ под сварку.
5. Сварочная. Сварить заготовку встык.
6. Термическая. Отжечь заготовку после сварки.
7. Рихтовочная. Рихтовать.
8. Галтовочная. Очистить заготовку после термообработки.
9. Токарная. Снять грат после сварки.
10. Токарная. Обтачивание рабочей части.
11. Токарная. Обтачивание хвостовой части.
12. Токарная. Подрезание торца со стороны хвостовика и снятие фаски. Обработать центровое отверстие.
13. Токарная. Подрезание торца со стороны рабочей части и снятие фаски. Обработать центровое отверстие.
14. Токарная. Обтачивание на хвостовой части радиусной канавки.
15. Шлифовальная. Шлифование хвостовой части.
16. Шлифовальная. Шлифование рабочей части.
17. Фрезерная. Фрезерование квадрата.
18. Накатная. Накатывание резьбы на рабочей части.
19. Фрезерная. Фрезерование стружечных канавок.
20. Термическая обработка. Отпуск метчика.
21. Слесарная. Восстановление центровых отверстий.
22. Слесарная. Полирование канавок вручную.
23. Шлифовальная. Шлифование торца со стороны рабочей части.
24. Заточная. Затачивание передней поверхности.
25. Шлифовальная. Шлифование наружной поверхности рабочей части.
26. Шлифовальная. Шлифование профиля резьбы с затылованием по профилю.
27. Затыловочная. Затылование резьбы по наружной поверхности.
28. Шлифовальная. Шлифование на заборной части.
29. Шлифовальная. Шлифование хвостовой части.
30. Заточная. Окончательное затачивание по передней поверхности.
31. Химико-термическая. Цианирование.
32. Провести антикоррозионную обработку.
33. Маркировка.
34. Контроль.
35. Упаковка.

*Технологический процесс изготовления  
круглой цельной резбонарезной плашки  
из быстрорежущей стали для метрической резьбы  
в условиях единичного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку.
2. Токарная. Подрезать торец, центровать с одной стороны, обточить наружный диаметр, нарезать поштучно, снять фаску, сверлить отверстие.
3. Токарная. Подрезать торец, расточить отверстие, расточить заборный конус, подрезать другой торец, расточить заборный конус, развернуть отверстие, нарезать резьбу.
4. Фрезерная. Фрезеровать паз под углом 60 градусов.
5. Сверлильная. Сверлить стружечные и крепежные отверстия.
6. Слесарная. Запилить стружечные отверстия, зачистить заусенцы.
7. Затыловочная. Затыловать заборный конус.
8. Термическая. Закалить.
9. Слесарная. Калибровать резьбу метчиком.
10. Термическая. Отпустить перемычку.
11. Дробеструйная. Очистить от окалины.
12. Шлифовальная. Шлифовать наружный диаметр.
13. Шлифовальная. Шлифовать торцы.
14. Слесарная. Размагнитить.
15. Заточная. Заточить режущие поверхности с двух сторон.
16. Доводочная. Калибровать резьбу.
17. Слесарная. Маркировать.
18. Контроль.
19. Упаковка.

**42.6. Технологические процессы изготовления  
шлицеобразующего инструмента**

*Технологический процесс изготовления  
червячной цельной шлицевой фрезы из быстрорежущей стали  
в условиях единичного производства*

1. Заготовительная. Отрезать заготовку.
2. Кузнечная. Отковать заготовку.
3. Термическая. Отжечь заготовку.
4. Галтовочная. Очистить заготовку в галтовочном барабане.
5. Токарная. Подрезать торец, сверлить отверстие, рассверлить отверстие, обточить наружную поверхность.
6. Токарная. Подрезать другой торец, обточить оставшуюся часть наружной поверхности.
7. Токарная. Подрезать торец, расточить отверстие и выточку, снять фаску, развернуть отверстие.
8. Токарная. Подрезать другой торец, снять фаску.

9.Токарная. Обточить наружную поверхность, обточить буртик с образованием радиуса и снять фаски с одной стороны.

10.Токарная. Обточить буртик с образованием радиуса и снять фаски с другой стороны.

11.Долбежная. Долбить шпоночный паз.

12.Слесарная. Зачистить заусенцы на торцах шпоночного паза.

13.Токарная. Нарезать червяк.

14.Фрезерная. Фрезеровать канавки по цилиндру.

15.Слесарная. Зачистить заусенцы после фрезерования.

16.Маркировочная. Клеймить.

17.Термическая. Нормализовать.

18.Дробеструйная. Очистить от окалины.

19.Шлифовальная. Шлифовать отверстие предварительно.

20.Шлифовальная. Шлифовать торец предварительно с одной стороны.

21.Шлифовальная. Шлифовать торец предварительно с другой стороны.

22.Заточная. Заточить переднюю поверхность предварительно.

23.Токарная. Затыловать профиль зубьев.

24.Фрезерная. Срезать неполную нитку зубьев с одной стороны.

25.Фрезерная. Срезать неполную нитку зубьев с другой стороны.

26.Термическая. Закалить.

27.Дробеструйная. Очистить от окалины.

28.Шлифовальная. Шлифовать отверстие.

29.Доводочная. Довести отверстие.

30.Шлифовальная. Шлифовать буртик и торец буртика с одной стороны.

31.Шлифовальная. Шлифовать буртик и торец буртика с другой стороны.

32.Заточная. Заточить передние поверхности зубьев.

33.Шлифовальная. Шлифовать профиль зубьев.

34.Контрольная. Испытать фрезу нарезкой зубьев на кольце.

35.Упаковка.

#### **42.7. Технологические процессы изготовления зубообразующего инструмента**

*Технологический процесс изготовления дискового цельного зуборезного долбяка из быстрорежущей стали в условиях единичного производства*

1.Заготовительная. Отрезать заготовку.

2.Кузнечная. Отковать заготовку.

3.Термическая. Отжечь заготовку.

4.Галтовочная. Очистить заготовку в галтовочном барабане.

5.Токарная. Подрезать торец, сверлить отверстие, обточить наружный диаметр до кулачков.

6.Токарная. Подрезать другой торец, обточить оставшуюся часть наружного диаметра.

7.Токарная. Подрезать торец, расточить отверстие и выточку, проточить

кольцевую канавку, расточить канавку в выточке, обточить конус под углом  $5^\circ$ , снять фаску в отверстии.

8.Токарная. Подрезать другой торец, снять фаску по отверстию, обточить конус.

9.Токарная. Обточить наружный диаметр на конус под углом  $6^\circ$ .

10.Фрезерная. Фрезеровать профиль зубьев.

11.Слесарная. Снять заусенцы.

12.Термическая. Закалить.

13.Дробеструйная. Очистить от окалины.

14.Шлифовальная. Шлифовать зубья по передней поверхности.

15.Шлифовальная. Шлифовать опорный торец.

16.Размагнитить.

17.Притирочная. Притереть опорный торец.

18.Шлифовальная. Шлифовать отверстие.

19.Шлифовальная. Шлифовать внутренний торец.

20.Доводочная. Довести отверстие.

21.Доводочная. Довести внутренний торец.

22.Шлифовальная. Шлифовать передний угол предварительно.

23.Шлифовальная. Шлифовать задний угол предварительно.

24.Шлифовальная. Шлифовать профиль зубьев предварительно.

25.Шлифовальная. Шлифовать профиль зубьев окончательно.

26.Шлифовальная. Шлифовать задний угол окончательно.

27.Шлифовальная. Снять фаски на вершине зубьев.

28.Маркировочная. Клеймить.

29.Полировальная. Полировать профиль зубьев и опорных торец.

30.Шлифовальная. Шлифовать передний угол окончательно.

31.Контроль.

*Технологический процесс изготовления  
дискового цельного шевера из быстрорежущей стали  
в условиях единичного производства*

1.Заготовительная. Отрезка заготовки.

2.Кузнечная. Ковка заготовки.

3.Термическая. Отжиг.

4.Дробеструйная. Очистка от окалины.

5.Токарно-револьверная. Центрование торца, сверление отверстия, под-резка торца, точение выточки, зенкерование отверстия, снятие фаски, развёр-тывание отверстия, снятие фаски в отверстии.

6.Токарная. Подрезание второго торца, точение выточки, точение фаски в отверстии и на выточке.

7.Шлифовальная. Шлифование двух торцев.

8.Протяжная. Протягивание шпоночного паза.

9.Токарная. Черновое и чистовое точение наружной поверхности.

10.Слесарная. Снятие фаски у шпоночного паза и зачистка заусенцев.

11. Слесарная. Маркировка.
12. Фрезерная. Фрезерование зубьев.
13. Сверлильная. Сверление отверстий около зубьев.
14. Слесарная. Снятие заусенцев.
15. Долбёжная. Долбление канавок на боковых сторонах зубьев.
16. Термообработка. Закалка и отпуск.
17. Дробеструйная. Очистить от окалины.
18. Шлифовальная. Шлифование отверстия.
19. Шлифовальная. Шлифование торцев.
20. Шлифовальная. Шлифование наружной поверхности.
21. Слесарная. Размагнитить.
22. Притирочная. Притереть опорные торцы.
23. Шлифовальная. Черновое и чистовое шлифование зубьев по эвольвенте с двух сторон.
24. Контроль.

#### **42.8. Технологические процессы изготовления абразивного инструмента**

*Технологический процесс изготовления абразивного инструмента на керамической связке в условиях единичного производства*

1. Приготовление шихты связки.
2. Приготовление абразивного зерна.
3. Приготовление клеящего увлажнителя.
4. Дозирование.
5. Смешивание.
6. Рыхление.
7. Дозирование формовочной массы.
8. Укладка в пресс-форму.
9. Прессование.
10. Сушка.
11. Обжиг и охлаждение.
12. Механическая обработка торцов, посадочного отверстия и наружных поверхностей.
13. Контроль качества (проверка формы и размеров, определение дисбаланса, контроль твёрдости и проверка прочности на разрыв).
14. Упаковка.

*Технологический процесс изготовления алмазного абразивного инструмента на органической связке в условиях единичного производства*

1. Подготовка связующего материала (смесь фенольформальдегидной смолы с отвердителем).

2. Приготовление навески связующего вещества.
3. Подготовка наполнителя.
4. Приготовление навески наполнителя.
5. Смешивание связующего вещества с наполнителем.
6. Приготовление навески шихты связки.
7. Приготовление навески алмазов.
8. Приготовление шихты алмазоносного слоя.
9. Изготовление корпуса.
10. Подготовка корпуса и контроль корпуса.
11. Горячее прессование слоя алмазного.
12. Термообработка.
13. Окончательная механическая обработка.
14. Контроль параметров инструмента.

*Технологический процесс изготовления  
алмазного абразивного инструмента  
на эластичной связке в условиях единичного производства*

1. Раскрой ткани.
2. Подготовка (аппретирование) ткани.
3. Вырезка заготовки ткани.
4. Приготовление навески каучука.
5. Совмещение каучука со смолой.
6. Приготовление порошковых компонентов связки.
7. Смешивание компонентов связки.
8. Смешивание компонентов подслоя.
9. Приготовление навески алмазов.
10. Обработка алмазов связующим веществом.
11. Смешивание связки с алмазами.
12. Калибрующая прокатка подслоя.
13. Калибрующая прокатка алмазоносного слоя.
14. Вырезка заготовки подслоя.
15. Вырезка заготовки алмазоносного слоя.
16. Вулканизация под давлением.
17. Обрезка заусенцев.
18. Контроль и упаковка.

*Технологический процесс изготовления  
алмазного абразивного инструмента  
на металлической связке в условиях единичного производства*

1. Металлизация алмазов.
2. Приготовление навески алмазоносного порошка.
3. Изготовление корпуса инструмента.
4. Контроль корпуса инструмента.

5. Подготовка компонентов связки.
6. Смешивание компонентов связки.
7. Приготовление навески шихты связки.
8. Смешивание шихты связки с алмазами.
9. Приготовление навески шихты алмазоносного слоя.
10. Брикетирование шихты алмазоносного слоя.
11. Изготовление промежуточного кольца.
12. Гальваническое меднение переходного кольца.
13. Контроль переходного кольца.
14. Спекание брикета алмазоносного слоя.
15. Уплотнение брикета алмазоносного слоя.
16. Соединение алмазоносного слоя с корпусом инструмента.
17. Окончательная механическая обработка инструмента.
18. Контроль параметров инструмента.
19. Контроль работоспособности партии инструментов.
20. Упаковка инструмента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов, М.И. Станки инструментального производства /М.И. Михайлов, В.П. Кириленко. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010,– 189 с.
2. Дибнер, Л. Г. Справочник молодого заточника металлорежущего инструмента /Л. Г. Дибнер. – Москва: Высшая школа, 1990. – 208 с.
3. Ординарцев, И. А. Автоматизация производства режущего инструмента / И. А. Ординарцев, Г. Ф. Филиппов. – Ленинград: Машиностроение, 1972. – 264 с.
4. Металлорежущие станки / Под общ. ред. Н. С. Ачеркана. – М.: Машгиз, 1958. – 1016 с.
5. Чернов, Н. Н. Металлорежущие станки / Н. Н. Чернов. – М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.
6. Металлорежущие станки / Н. С. Колев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1980. – 500 с.
7. Палей, М.М. Технология производства металлорежущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
8. Барсов, А.И. Технология инструментального производства. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
9. Никитин, Ю.И. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента. – М.: Машиностроение, 1975. – 296 с.
10. Котельников, В.К. Приспособления для изготовления металлорежущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1985. – 175 с.
11. Семенченко, И.Н. Проектирование металлорежущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1985. – 953 с.
12. Ординарцев, И.А. Автоматизация производства металлорежущего инструмента. – Л.: Машиностроение, 1975. – 265 с.