

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»**

**Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»**

**М. И. Михайлов, В. П. Кириленко**

# **ОБОРУДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2016**

УДК 378.147.85:621.9.06.001.63(075.8)  
ББК 34.63-5я73  
М69

Рецензенты: проф. каф. «Металлорежущие станки и инструменты» Белорусского национального технического университета канд. техн. наук *А. М. Якимович*;  
проф. ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь д-р техн. наук *В. А. Ковтун*

**Михайлов, М. И.**  
М69 Оборудование инструментального производства : учеб. пособие / М. И. Михайлов, В. П. Кириленко ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – 270 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-292-2.

Приведены основные сведения о конструкциях металлорежущих станков инструментального производства и практические рекомендации по их применению. Даны примеры наладки станков с описанием основных узлов.

Для студентов машиностроительных специальностей вузов.

УДК 378.147.85:621.9.06.001.63(075.8)  
ББК 34.63-5я73

ISBN 978-985-535-292-2

© Михайлов М. И., Кириленко В. П., 2016  
© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2016

## 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 станко-инструментальному 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 ее 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 все 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 повышении профессиональной квалифи-

кации всех работников данного производства, в экономии времени, идущего на переналадку и на перестройку технологического процесса, т. е. в экономии подготовительно-заключительного времени. Технический – 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.

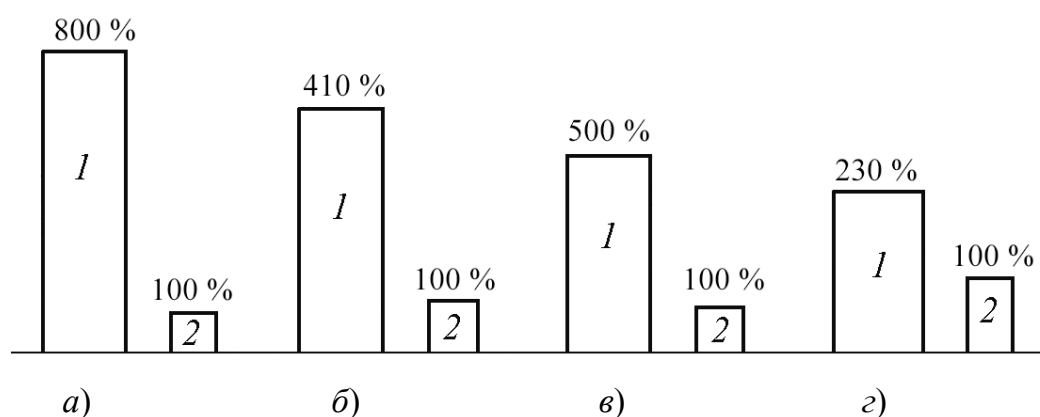


Рис. В.1. Сравнительная себестоимость изготовления инструментов:  
а – сверл; б – зенкеров; в – разверток; г – фрез

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 дает таблица.

### Сравнительная трудоемкость операции фрезерования стружечных канавок

Тип оборудования и приспособления	Время, мин					Производи- тельность, шт./в смену
	$T_{\text{маш}}$	$T_{\text{оп}}$	$T_{\text{всп}}$	$T_{\text{кальк}}$	$T_{\text{п-з}}$	
Универсально-фрезерный станок мод. FU450R: – с универсальной однопозицион- ной делительной головкой	7,1	7,4	0,3	8,5	25	55
– со специальной двухпозиционной делительной головкой с диском не- посредственного деления	3,5	4,1	0,6	4,9	41	95
– специализированный фрезерный полуавтомат мод. СИ-017 с четы- рехпозиционной автоматической делительной головкой	1,2	2,3	1,1	1,6	40	300

В таблице 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 видно, что даже при небольшой партии деталей (300 шт.) производительность обработки на специализированном станке в 5 раз выше, чем на универсальном станке, и в 3 раза выше, чем на универсальном станке, оснащенный дополнительным многопозиционным устройством. Данные таблицы также показывают, что время на наладку и обслуживание специального станка не превышает соответствующего времени для дополнительно оснащенного универсального станка. Это объясняется тем, что такие вспомогательные движения, как деление, переключение прямого и обратного ходов, подвод и отвод фрез на универсальном станке, производятся вручную. Кроме того, переналадка универсального станка несколько не проще, чем специализированного. Поэтому  $T_{\text{п-з}}$  при работе на этих станках примерно равны.

Такого же порядка повышение производительности труда будет иметь место и на многих других операциях производства режущего инструмента при использовании специализированных полуавтоматических и автоматических станков, в особенности там, где они создают возможность осуществить многостаночное обслуживание.

Эффективность от применения специализированных станков может быть получена за счет следующих мероприятий:

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.

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.

Что касается операций, носящих общемашиностроительный характер (отрезка, обработка торцов, точение, фрезерование и др.), то они 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. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

## 1.1. Технологическая классификация металлорежущих инструментов

Предлагаемая классификация инструментов служит основой научного совершенствования системы организации инструментального производства с целью повышения производительности труда, увеличения объемов выпуска, повышения качества и снижения себестоимости.

Разработанная система классификации инструмента предусматривает разделение всего многообразия металлорежущих инструментов по конструктивно-технологическим признакам (подобно деталям машиностроения) на четыре основных класса:

А – инструменты класса «Валики» (хвостовые или концевые инструменты);

Б – инструменты класса «Втулки» (насадные втулочные инструменты);

В – инструменты класса «Диски» (насадные дисковые инструменты);

Г – инструменты класса «Пластины» (плоские инструменты).

Все однодетальные инструменты укладываются в данную классификацию.

Что касается классификации сборных инструментов, то корпуса их можно отнести к одному из четырех установленных классов, режущие их элементы, как правило, относятся к классу пластин, а остальные детали являются деталями общемашиностроительного назначения (кольца, винты, штифты, клинья и т. п.).

С технологической точки зрения каждый из четырех основных классов подразделяется на группы в зависимости от характерных особенностей технологии изготовления инструментов (вида заготовки, необходимости пайки, сварки, инструментального материала и т. д.).

Класс А разделяется на следующие группы инструментов:

1) цельный, изготавливаемый из стали «серебрянки»; 2) сварной ( $d > 12$  мм); 3) твердосплавный с напайными пластинками или коронками; 4) цельный, изготавливаемый из горячекатаного материала, а также несварные корпуса сборного инструмента.

Классы Б, В и Г также разделяются на следующие группы инструментов: 1) цельный; 2) составной; 3) сборный.

При рассмотрении различных режущих инструментов с точки зрения технологии их изготовления можно отметить характерные особенности, отличающие инструменты от деталей машиностроения, но в то же время в них можно увидеть и много общего с этими деталями.

Если анализировать технологические особенности инструментов как деталей, то можно отметить следующее.

1. Инструменты являются сложными изделиями, ограниченными поверхностями разнообразных сложных профилей как в продольном, так и в поперечном сечениях.

2. В отличие от большинства машиностроительных деталей, геометрические формы которых состоят в основном из комбинации плоскостей, цилиндров и конусов, 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.

3. Даже однодетальные инструменты часто представляют собой изделия, состоящие из разнородных материалов (инструментальная сталь, конструкционная сталь, твердый сплав), неразъемно соединенных между собой разнообразными способами пайки или сварки.

4. В отличие от большинства машиностроительных деталей для инструментов характерны два термических цикла. Первый цикл – основная термическая обработка для создания режущих свойств осуществляется в середине технологического процесса, второй же – термический цикл производится после всех операций над окончательно сформированным инструментом и представляет собой химико-термическую обработку для повышения режущих свойств инструментов.

Технические требования к специализированным станкам, в особенности используемым на завершающей части технологического процесса, помимо специфики, упомянутой в п. 2 и 3, определяются и следующим.

1. Точность изготовления формообразующих элементов мерных режущих инструментов должна быть на 1÷2 качества выше точности размеров обрабатываемых ими поверхностей. Это определяет, в свою очередь, требования к точности соответствующих станков инструментального производства.



2. Для инструментов характерно большое количество острых режущих кромок, обладающих максимально достижимой твердостью ( $HRC\ 60\div 70$  – для инструментов из инструментальных сталей и  $HRA\ 90\div 93$  – для твердых сплавов). Поэтому для инструментов, особенно в закаленном состоянии, необходимы индивидуальные установки для загрузки и снятия их со станка, специальной укладки и т. д. Это определяет требования к элементам автоматизации станков (бункерам, магазинам и т. д.).

3. Качество инструментов определяется не только точностью размерно-геометрических форм и шероховатостью поверхностей, но и физико-механическими их характеристиками, такими как отсутствие обезуглероженного или вторичного закаленного слоя, значительных остаточных напряжений.

4. Современные инструментальные материалы можно с большим основанием отнести к труднообрабатываемым.

С точки зрения выбора характеристик специализированных станков удобно рассматривать общий или базовый технологический процесс.

*Первый цикл* – заготовительный.

Все операции заготовительного цикла являются общемашиностроительными операциями и если имеют свою специфику, то только в связи с физико-механическими характеристиками обрабатываемых материалов.

*Второй цикл* – основные формообразующие операции.

В этом цикле операций, когда инструменту придается форма близкая к окончательной, производится основной сьем материала, достигающий, как известно, 50–70 % первоначального объема заготовки.

*Третий цикл* – основная термическая обработка.

*Четвертый цикл* – шлифовально-заточные операции.

Эти операции можно подразделить на группу шлифовальных операций, во многом сходных с аналогичными операциями общемашиностроительного назначения, и группу заточных операций, свойственных только инструментальному производству.

*Пятый цикл операций* – дополнительная термообработка (химико-термическое улучшение режущих свойств).

## 1.2. Требования к оборудованию инструментального производства

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 или узкого круга их 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, в части круглошлифовальных, плоскошлифовальных, протяжных, центровочных и некоторых других типов станков инструментальные заводы и цехи удовлетворяются почти полностью универсальными станками названных типов. Также и в области токарных и токарно-револьверных станков инструментальное производство пользуется в основном станками 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 за точки режущих инструментов отдельных видов – резцов, сверл спиральных, сверл перовых и пушечных, червячных фрез, фрезерных

головок сегментных пил, метчиков, плашек, протяжек; к этой 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. СТАНКИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ**

### **2.1. Отрезные станки**

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. Исходными предпосылками для выбора отрезных станков служат следующие соображения.

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 быстрорежущие 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 концевой инструмента 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÷50 мм.

4. Резка на абразивно-отрезных станках является наиболее универсальной и одной из наиболее производительных. Она характеризу-

ется высоким качеством поверхности торцов вне зависимости от твердости обрабатываемого материала.

**Вертикально-отрезные автоматы мод. ЛА-5 и ЛА-6** являются специальными автоматами и предназначены 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  $120^\circ$  (рис. 2.1), тогда как нижний торец следующей заготовки остается перпендикулярным оси сверла.

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

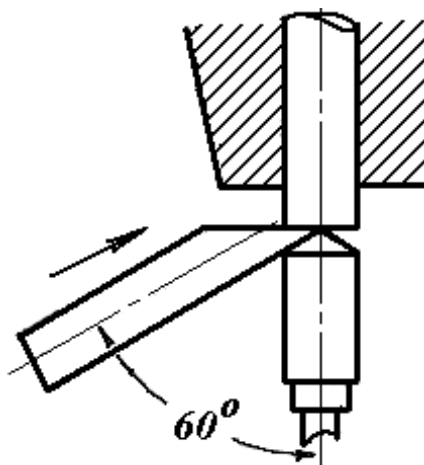


Рис. 2.1. Схема отрезки заготовки сверла

Станок ЛА-6 (рис. 2.2) имеет следующие основные узлы: станину, шпиндельную колонку, суппорт и бабку упора, охлаждение и электрооборудование.

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.

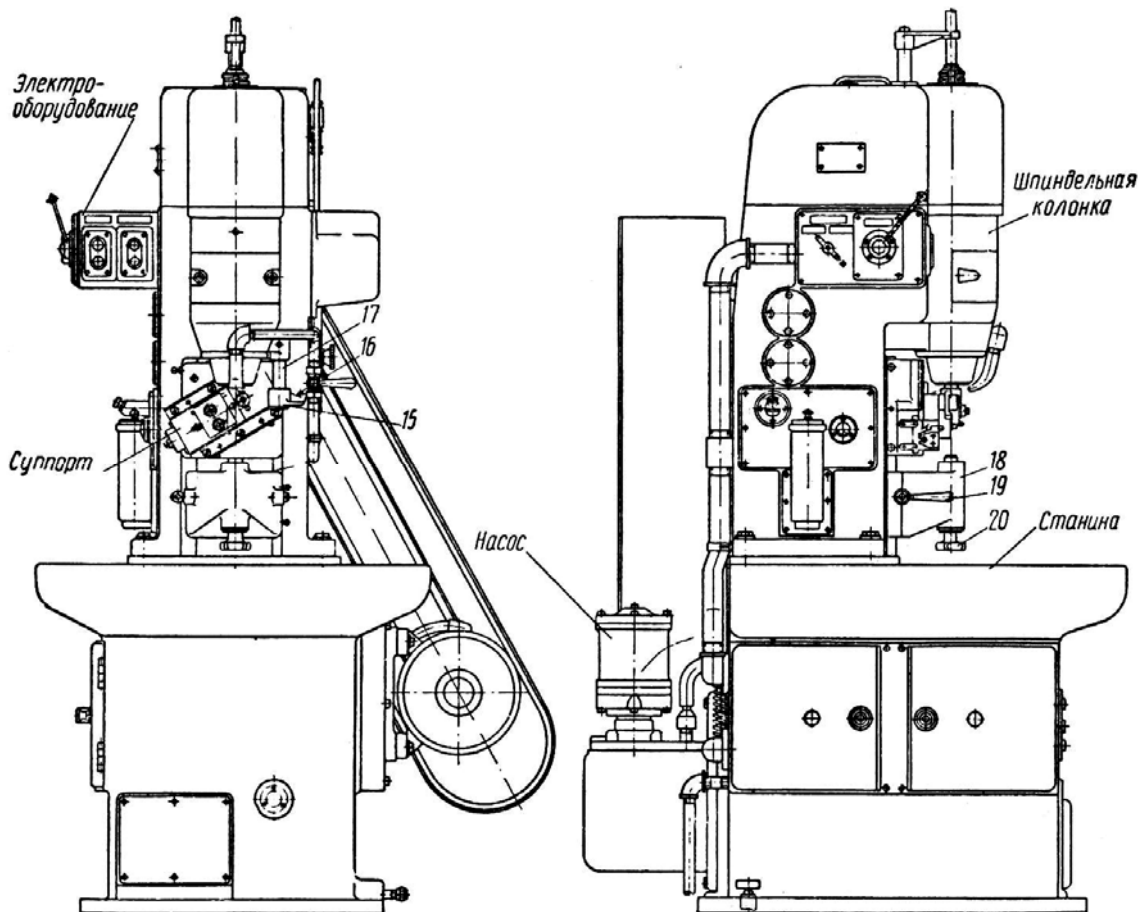


Рис. 2.2. Общий вид вертикально-отрезного автомата мод. ЛА-6

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 (рис. 2.3) и далее через пару конических зубчатых колес 1 и 2 на полый шпиндель, в котором помещается пруток.

На валу II закреплен червяк 7, который через червячное колесо 8 передает вращение валику 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.

Уравнение кинематического баланса вращения шпинделя имеет вид:

$$n_{\text{шп}} = 1420(2850) \frac{D_1 z_1}{D_2 z_2}, \text{ мин}^{-1}.$$

**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

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

На вертикальном валу VI закреплен цилиндрический барабан с кулачком 6 для освобождения прутка. При вращении вала VI кулачок нажимает на выступ 5 ползушки 4 и перемещает вниз стакан 3, сжимая при этом пружину 12 (рис. 2.4). 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. 2.3) вверх происходят под действием пружины 12 (рис. 2.4) в момент, когда кулачок 6 (рис. 2.3) 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 11 (рис. 2.3 и 2.4), 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.

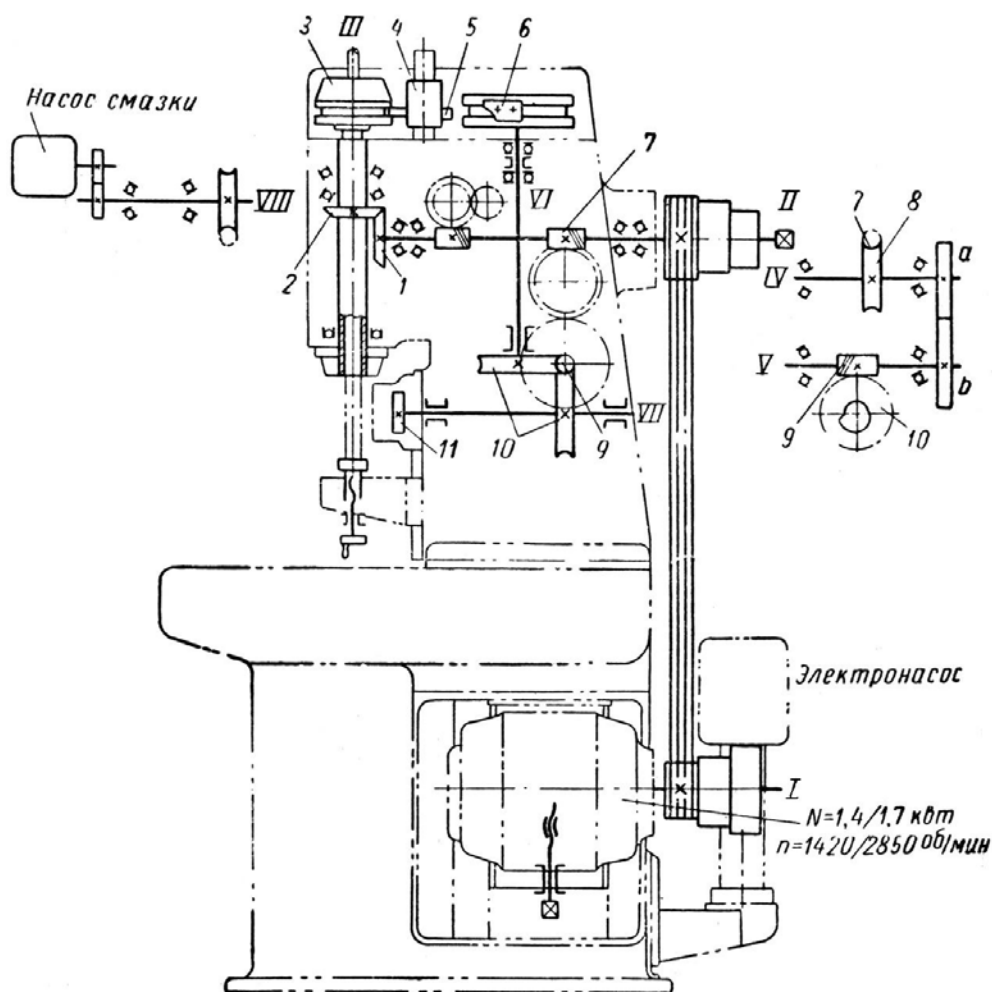


Рис. 2.3. Кинематическая схема автомата мод. ЛА-6

Уравнение кинематического баланса поперечной подачи резца:

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

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

Суппорт расположен под углом к оси шпинделя (рис. 2.1), 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 (рис. 2.2) 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 звездочки 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.

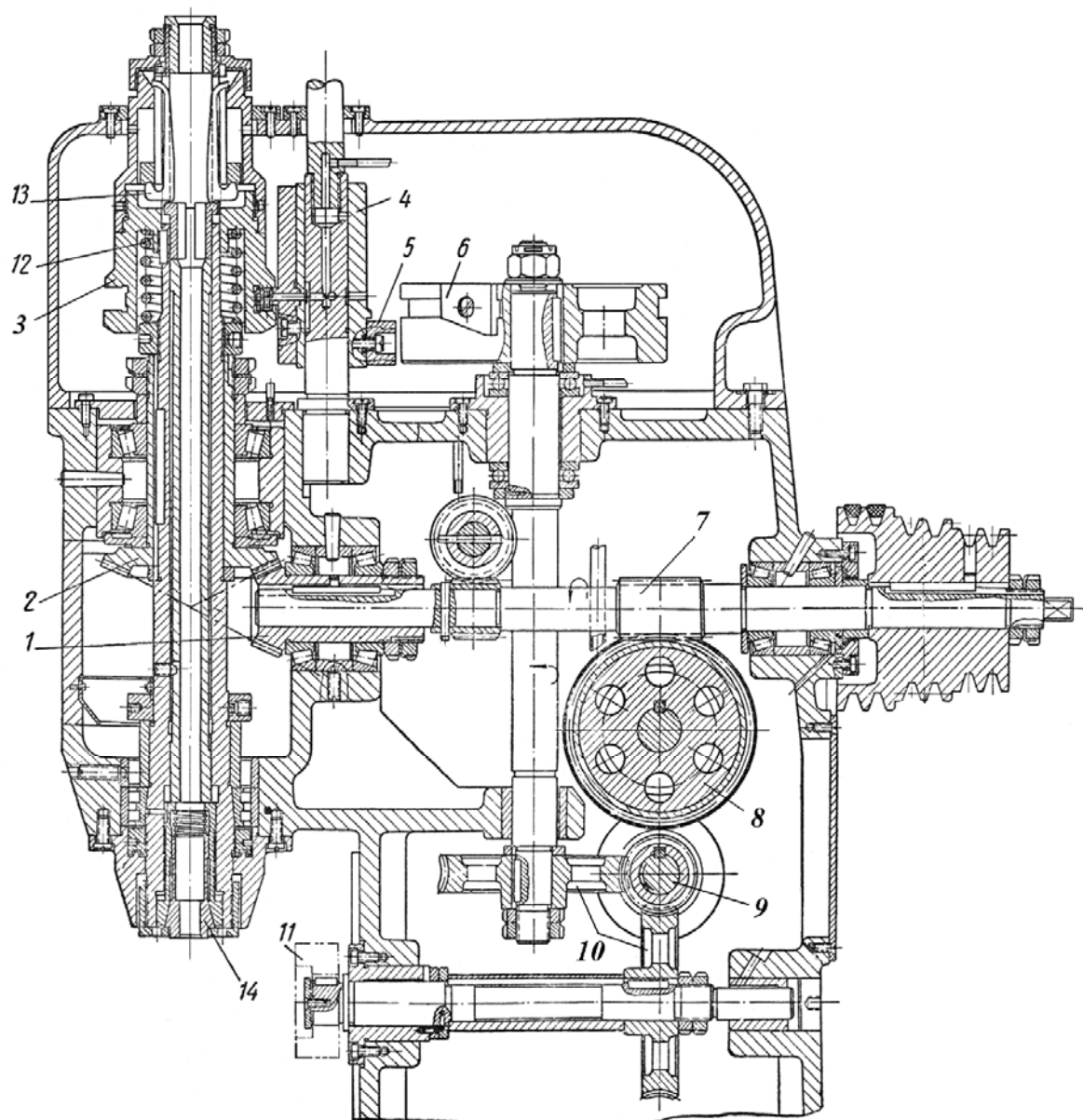


Рис. 2.4. Шпиндельная бабка автомата мод. ЛА-6



**Абразивно-отрезной автомат мод. СИ–030М** 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, об./мин..	3570; 2350
Электродвигатель главного движения:	
– мощность в кВт .....	13
– скорость 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 шлифовальному кругу. 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 шлифовальной головки с одновременным разжимом подвижных тисков; перемещение вдоль прутка; зажим подвижных тисков; отвод шлифовальной головки; отжим неподвижных тисков; подача прутка подвижными тисками; зажим неподвижных тисков; подача шлифовальной головки и т. д.

Движение от главного электродвигателя 5 (рис. 2.5) через клиноремennую передачу с натяжным роликом сообщается шпинделю абразивного инструмента. Ведущий шкив клиноремennой передачи 4 (рис. 2.6) – 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:  $n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \times D_1/D_2$ .

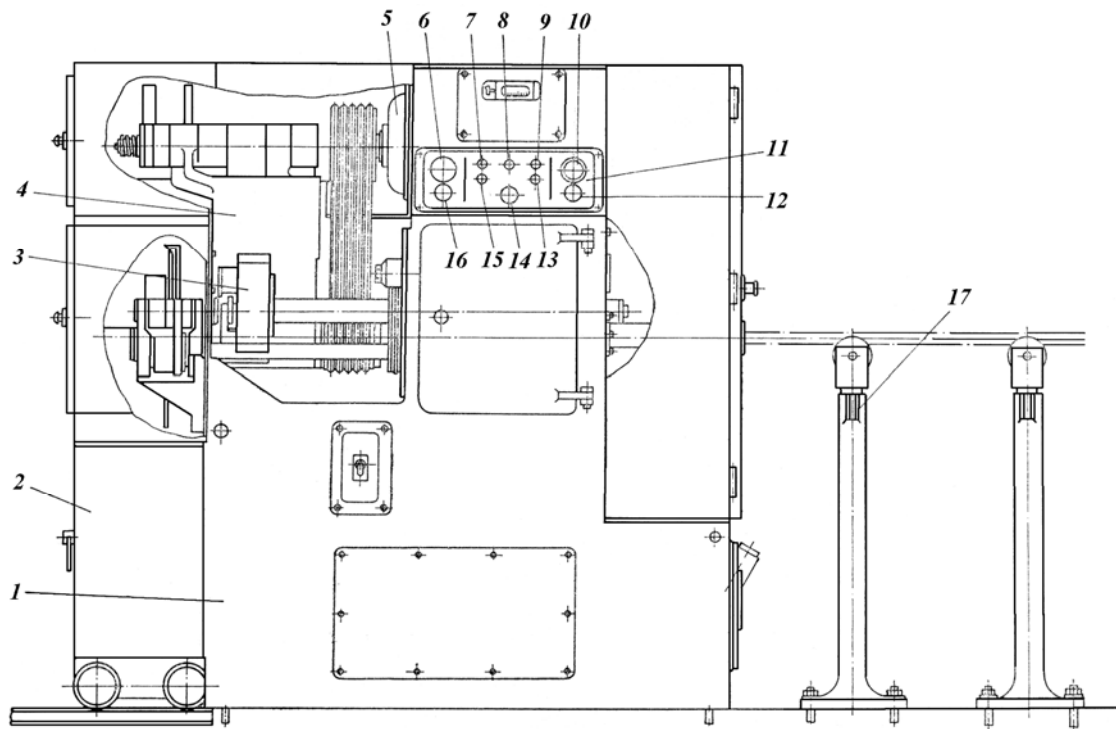


Рис. 2.5. Общий вид абразивно-отрезного автомата мод. СИ-030М:

- 1 – станина; 2 – блок системы охлаждения; 3 – механизм подачи и зажима прутка; 4 – шлифовальная головка; 5 – электродвигатель; 6 – кнопка «Стоп»; 7 – переключатель «Отвод–подвод»; 8 – лампочка «Напряжение»; 9 – лампочка «Круг 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

*Механизм подачи и зажима прутка* работает от трех связанных между собой гидроцилиндров последовательного действия. Цилиндр 11 (рис. 2.6), связанный с неподвижными тисками 6, обеспечивает зажим прутка и заготовки в процессе отрезки (с последующим разжимом); цилиндр 9, связанный с подвижными тисками 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.

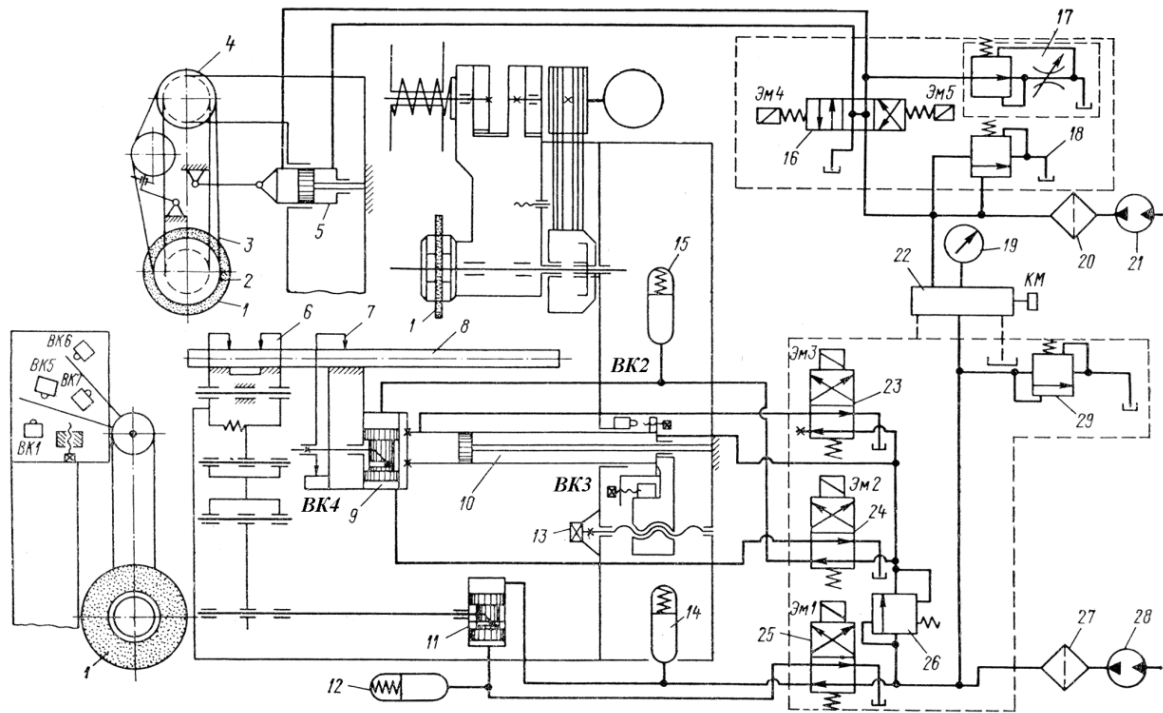


Рис. 2.6. Гидрокинематическая схема автомата мод. СИ-030М

Цикл работы всех трех цилиндров, а также цилиндра 5 подачи круга разбит на пять этапов (I–V); циклограмма работы автомата представлена на рис. 2.7.

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	—	—	—	—	—

Рис. 2.7. Циклограмма работы автомата мод. 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 рис. 2.8 показано схематическое изображение шлифовальной головки и устройства для автоматической компенсации износа инструмента и установки головки в исходное положение.

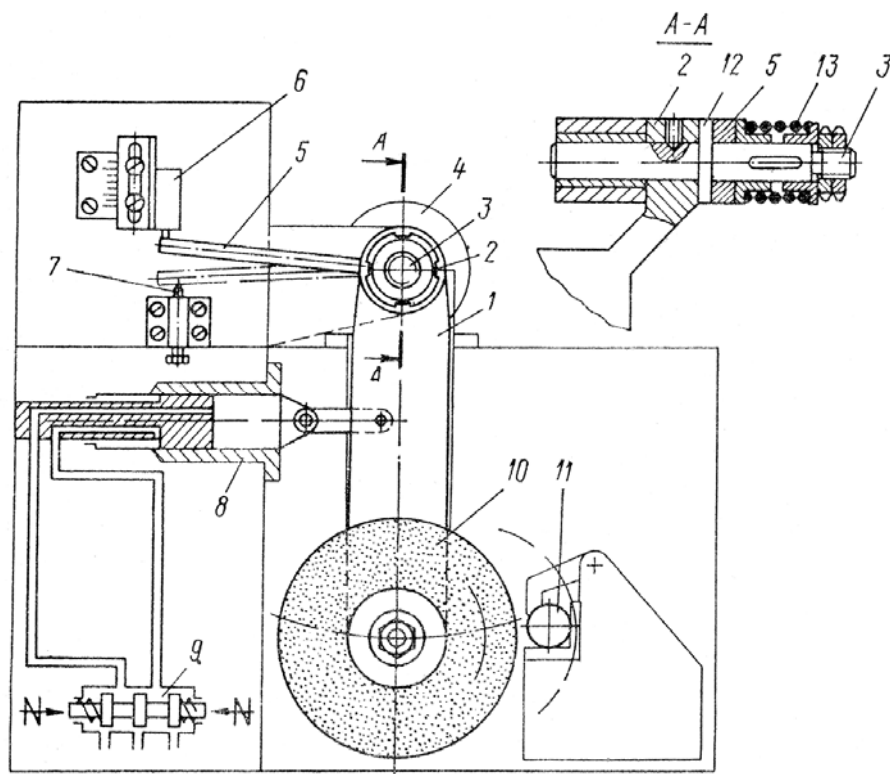


Рис. 2.8. Схема механизма компенсации износа инструмента (автомата мод. СИ-030М)

Шлифовальная головка *1* проушинами корпуса *2* подвешена на осях *3* кронштейна станины станка. Абразивный круг *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 со шлифовальной головкой (при разрезке и отводе головки) совершают качательное движение от гидроцилиндра *8*. При подаче головки *1* на прутки *11* рычаг *5* останавливается упором *7* и проскальзывает относительно головки на некоторый угол, достаточный для компенсации износа круга, 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.

Шлифовальная головка 1 (рис. 2.8) 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 исходного 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 (рис. 2.8). Конечный выключатель обеспечивает угол качания шлифовальной головки, соответствующий диаметру заготовки. Длина отрезаемой заготовки настраивается вращением рукоятки с лимбом 13 (рис. 2.6), связанных с винтом, перемещающим упор, ограничивающий ход цилиндра подачи прутка.

***Специальный отрезной автомат мод. СИ-052*** предназначен для разделения прутков диаметром 2÷6 мм на штучные заго-

товки 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÷6
- длина..... 20÷60

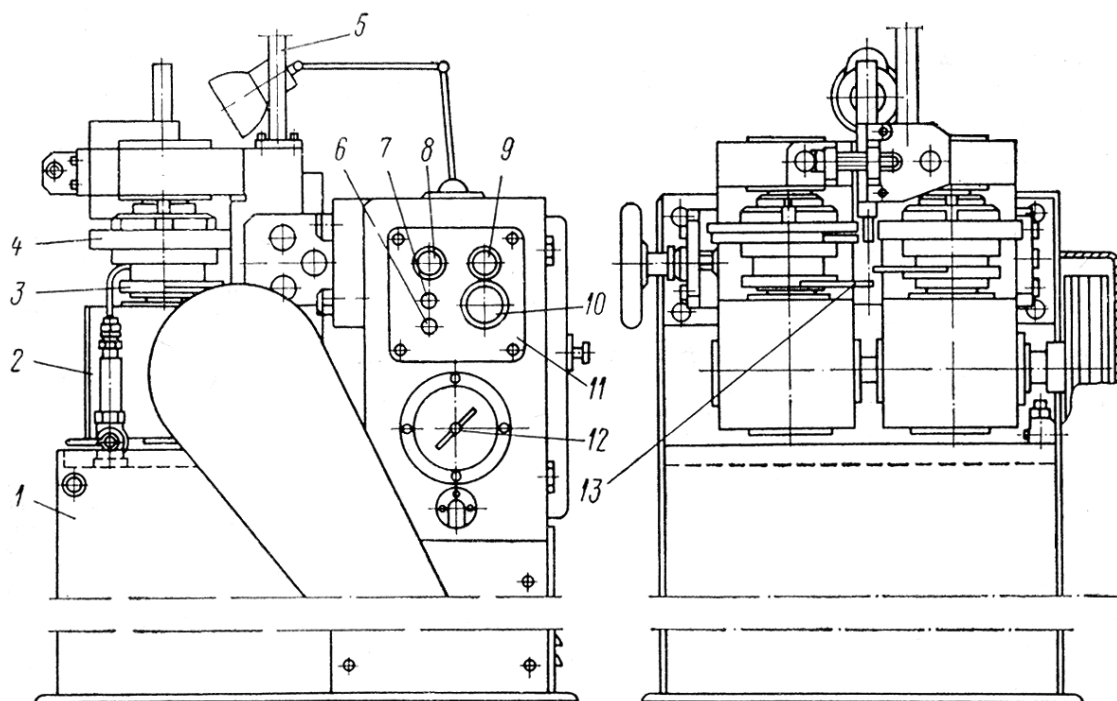
Наибольшая длина прутков, мм..... 5000

Производительность, шт./мин..... 1250

Диаметр рабочего и опорного дисков, м..... 175

Электродвигатель, кВт ..... 1,0

Габаритные размеры, мм..... 600 × 600 × 1100



*Рис. 2.9. Общий вид специального отрезного автомата мод. 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. 2.10) и пары винт-гайка.

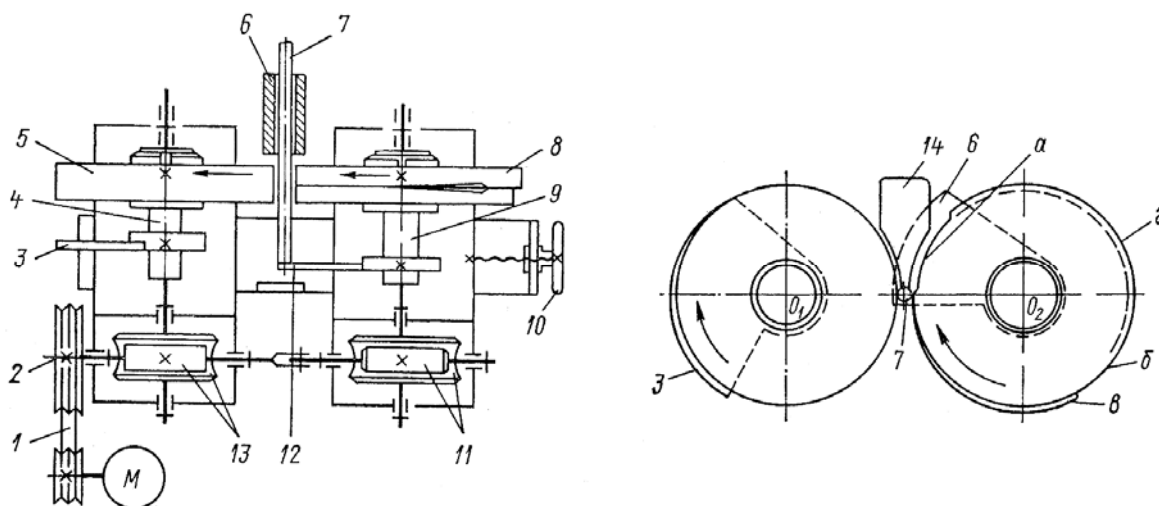


Рис. 2.10. Кинематическая схема автомат мод. СИ-052

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

Рабочий диск 5 и опорный диск 6 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 электродвигателем через клиноременную передачу 1. Обрабатываемый пруток за счет сил трения, создаваемых дисками 8 и 5, вращается с числом оборотов, пропорциональным 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.

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 *в* 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 (рис. 2.10), установить направляющую втулку 6 нужного диаметра и обрабатываемую



мый 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*.

## 2.2. Оборудование для сварки заготовок инструментов

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.

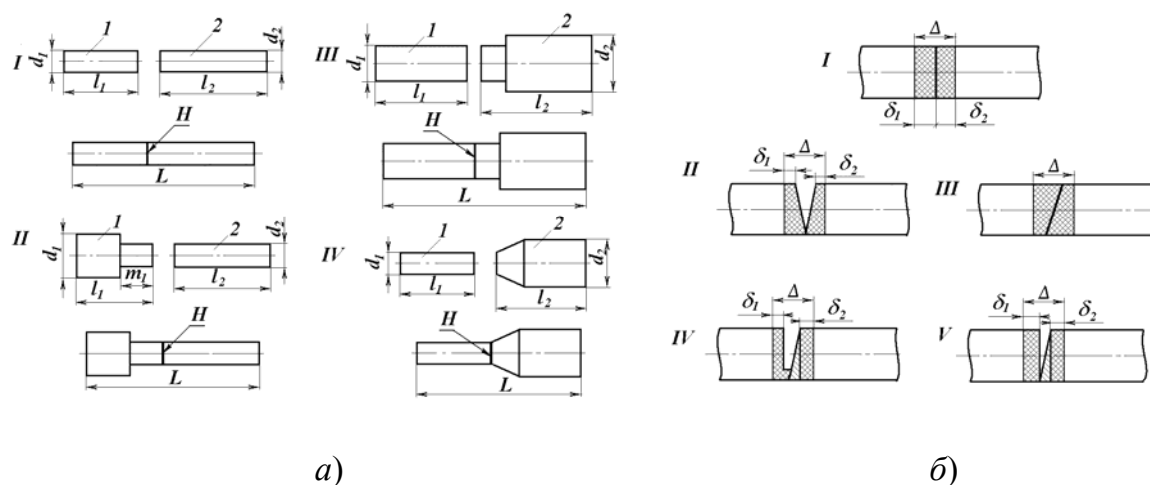


Рис. 2.11. Эскизы заготовок:

*а* – для сварки концевой инструмента; *б* – 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

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 *1*), 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 рис. 2.11, 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 вольфрамомолибденово-ванадиевых, вольфрамомолибденово-кобальтовых 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.

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

**Сварочный полуавтомат мод. МФ-327** предназначен для сварки трением заготовок инструмента круглого сечения (рис. 2.12).

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.

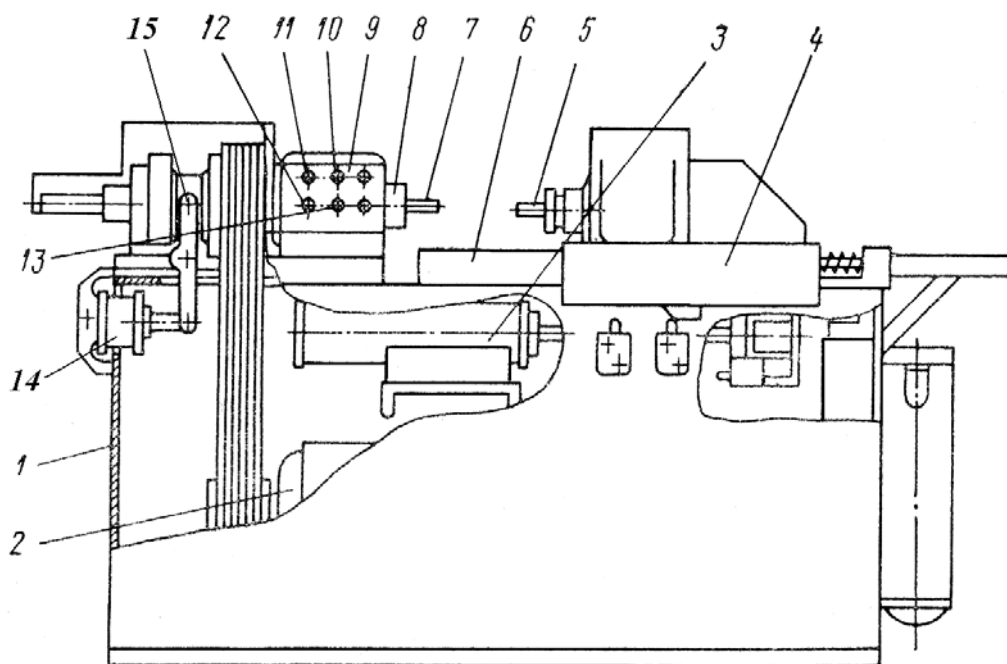


Рис. 2.12. Общий вид специального сварочного полуавтомата мод. МФ-327:

- 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 (рис. 2.13) 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. 2.12) 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 рис. 2.13. От электродвигателя 1 через клиноременную передачу 26 вращение сообщается шкиву 10, свободно сидящему 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). Перемещениями муфты управляет пневмоцилиндр 3, воздействующий на систему рычагов.

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 спорта 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. 2.12) 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 срабатывает 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 крайне правое положение, а шток цилиндра 28 возвращается в исходное (крайне правое) положение. Для предотвращения ударов при перемещениях суппорта в крайние положения в полуавтомате предусмотрены воздушные демпферы 27 и 29.

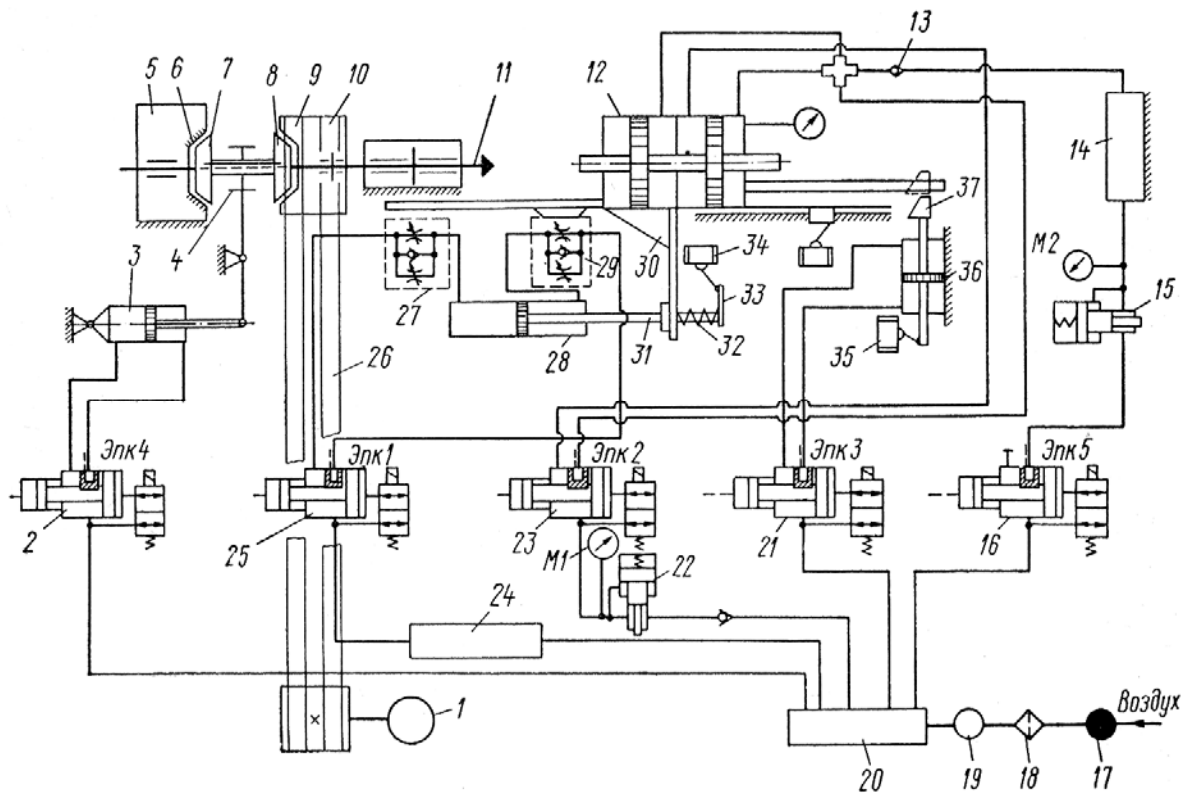


Рис. 2.13. Пневмокинематическая схема полуавтомата мод. МФ-327

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 (рис. 2.13) и контролируется манометром М1] и давления осадки (настраивается регулятором давления 15 и контролируется манометром М2), к настройке выдержек времени – реле РВ1, РВ2, РВ3.

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

### **2.2.2. Оборудование для стыковой электросварки**

Существуют три типа машин для электростыковой сварки инструмента оплавлением с подогревом: 1) машины с ручным приводом перемещения заготовок и 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 – близко к напряжению короткого замыкания. Частота замыканий и длительность нагрева определяются подбором 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÷40 МПа) и выдержка времени (3÷4 с), обеспечивающие прочное соединение заготовок.

*Техническая характеристика полуавтомата мод. СА-2:*

Размеры свариваемых заготовок, мм:	
диаметр.....	20÷60
длина.....	50÷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 × 1160 × 1810

Общий вид сварочного полуавтомата модели СА-2 приведен на рис. 2.14. 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.

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 подвиж-

ным 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.

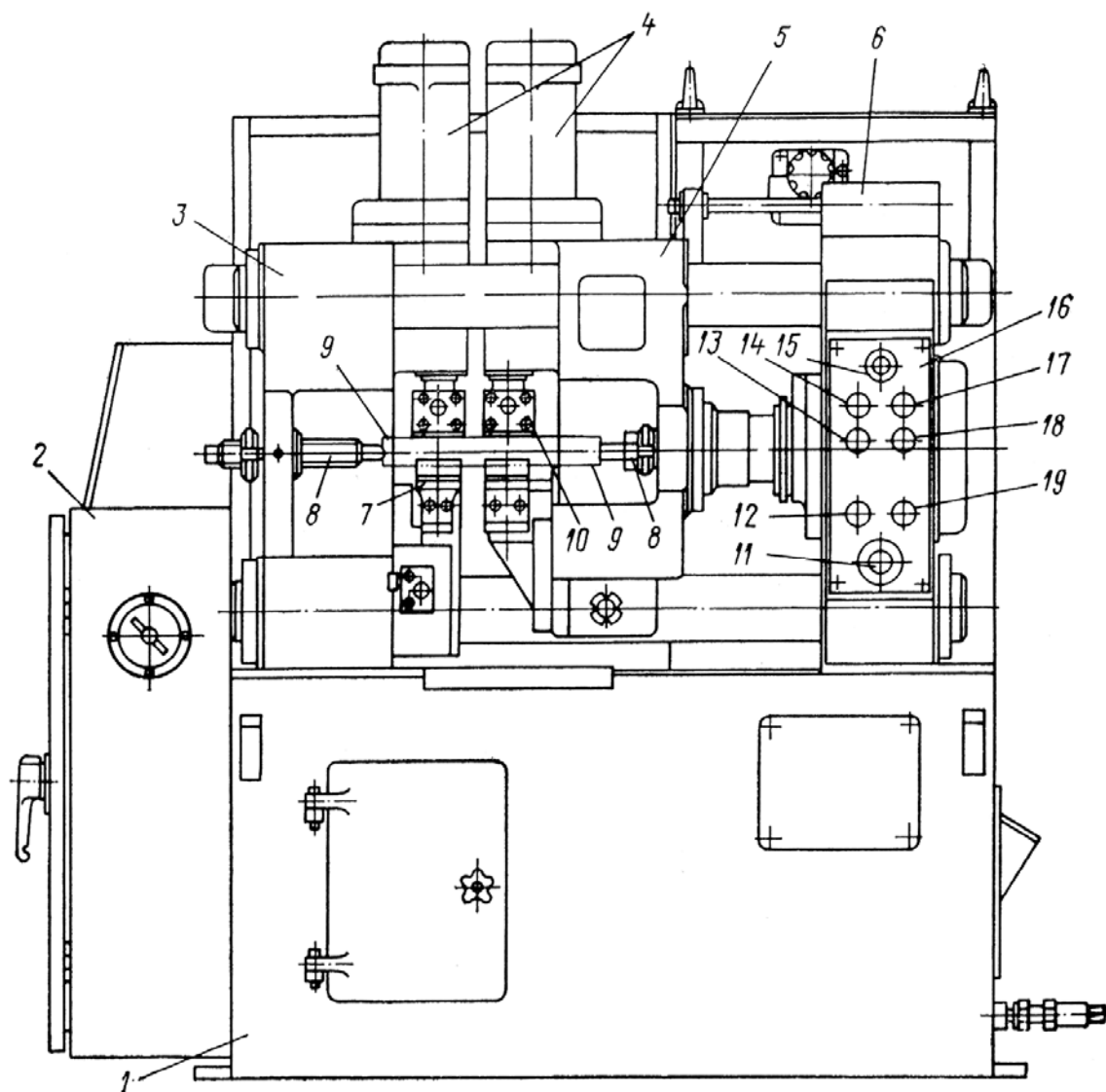


Рис. 2.14. Общий вид сварочного полуавтомата мод. СА-2:  
 1 – станина; 2 – шкаф электрооборудования; 3, 6 – левая и правая стойки;  
 4 – цилиндр зажима заготовок; 5 – каретка; 7, 10 – неподвижные  
 и подвижные призмы; 8 – упоры; 9 – свариваемые заготовки;  
 11 – регулятор реле напряжения для отвода каретки;  
 12 – переключатель режима работы; 13 – кнопка «→»;  
 14 – кнопка «Пуск»; 15 – лампочка «Напряжения»; 16 – панель  
 управления; 17 – кнопка «Стоп»; 18 – кнопка «←»;  
 19 – кнопка «Зажим–отжим»



*Настройка и наладка* станка производится в следующей последовательности. Упорами 8 (рис. 2.14) 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). Переключателем включается напряжение во вторичной цепи сварочного трансформатора (ориентировочные значения напряжения даны в паспорте станка, однако при сварке заготовок из быстрорежущих сталей, легированных ванадием, молибденом и кобальтом, с заготовками из углеродистых сталей величину напряжения следует повышать по сравнению с рекомендуемыми); по паспорту станка определяются: 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.

### 2.3. 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 рис. 2.15.

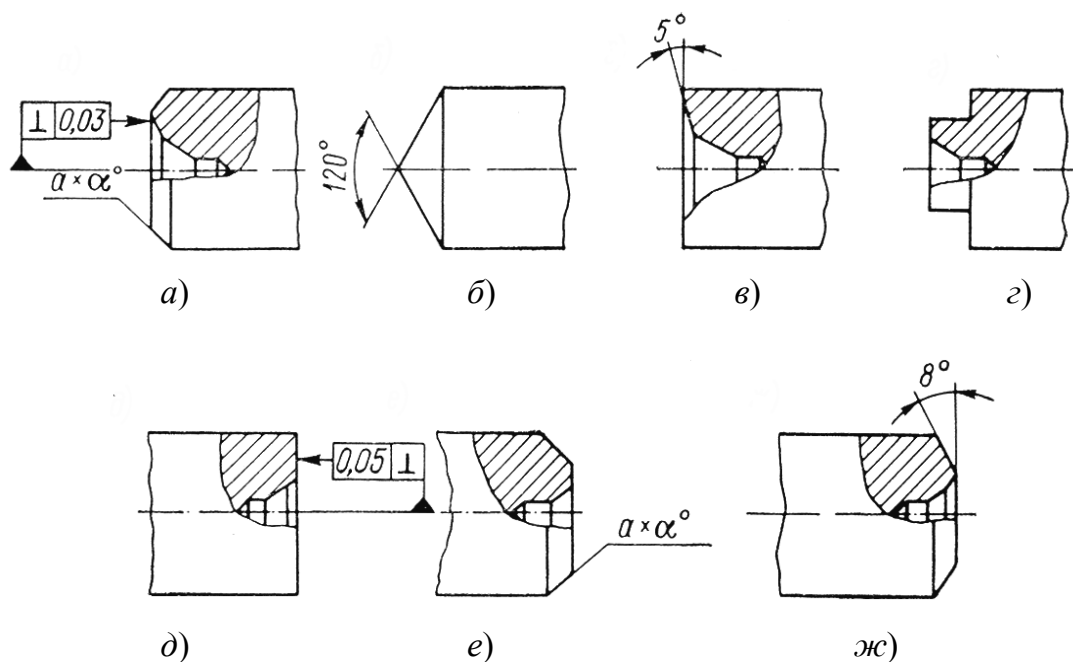


Рис. 2.15. Эскизы торцов заготовок концевых инструментов

Если торцы, показанные на рис. 2.15, *a*, *г*, *д* и *e*, свойственны как инструментам, так и машиностроительным деталям, то торцы форм, показанные на рис. 2.15, *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 центrovания заготовок малых и средних размеров ( $\text{Ø } 10\div 50$  мм) используется большей частью комбинированный инструментальный блок, состоящий из центровочного сверла 1 и многогранных пластин 2 твердого сплава для подрезки и обточки (рис. 2.16, *a*). 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 центrovания заготовок значительных размеров ( $\text{Ø } 50$  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 (рис. 2.16, *б*).

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 центrovания 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  $0,8\div 1,5$  мм на длине в  $200\div 300$  мм при диаметре в  $25\div 50$  мм.

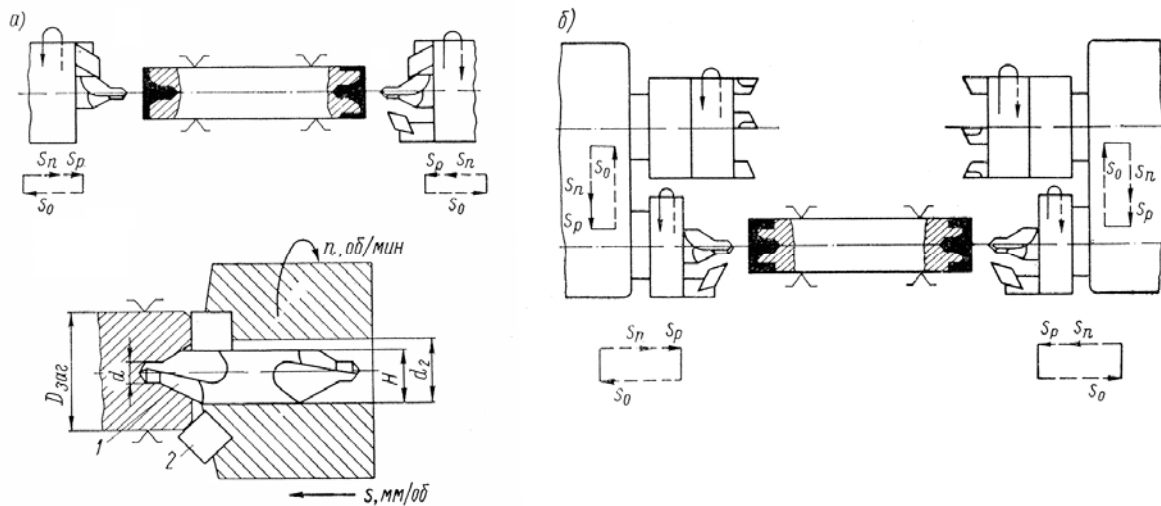


Рис. 2.16. Схема обработки торцов заготовок:  
 а – инструмента  $\varnothing 10\div 50$  мм; б – инструмента  $\varnothing$  выше 50 мм

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 комбинированного 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 (рис. 2.17) с соответствующим образом расположенными пластинками твердого сплава 1 и 2 (пластинки закрепляются клиньями).

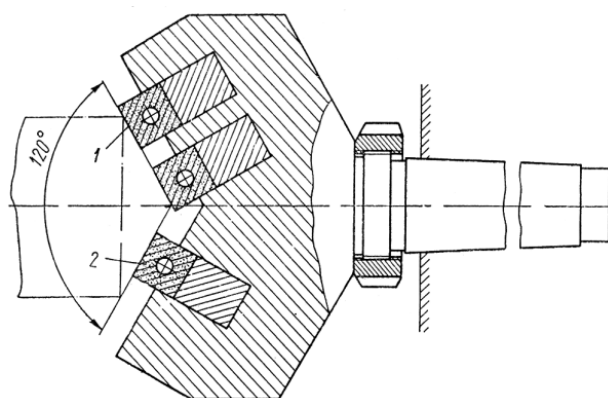


Рис. 2.17. Резцовый блок для обработки конических торцов (угол  $120^\circ$ )

Подрезка торца с одновременной центровкой может производиться также патроном, изображенным на рис. 2.18. 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.

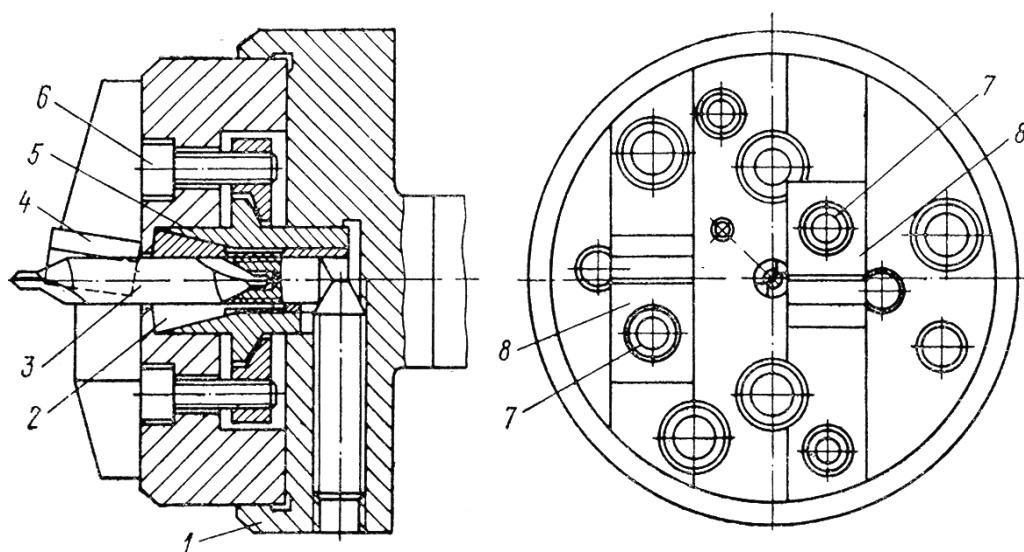


Рис. 2.18. Патрон для подрезки и одновременной зацентровки торцов заготовок

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.

**Станок мод. ВТ-13М** (рис. 2.19)

Станина 1 станка литая, чугунная, коробчатой формы. Верхняя часть станины выполнена в виде призматических направляющих, на которые устанавливаются основания правой 1б 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 чугуновых, 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.

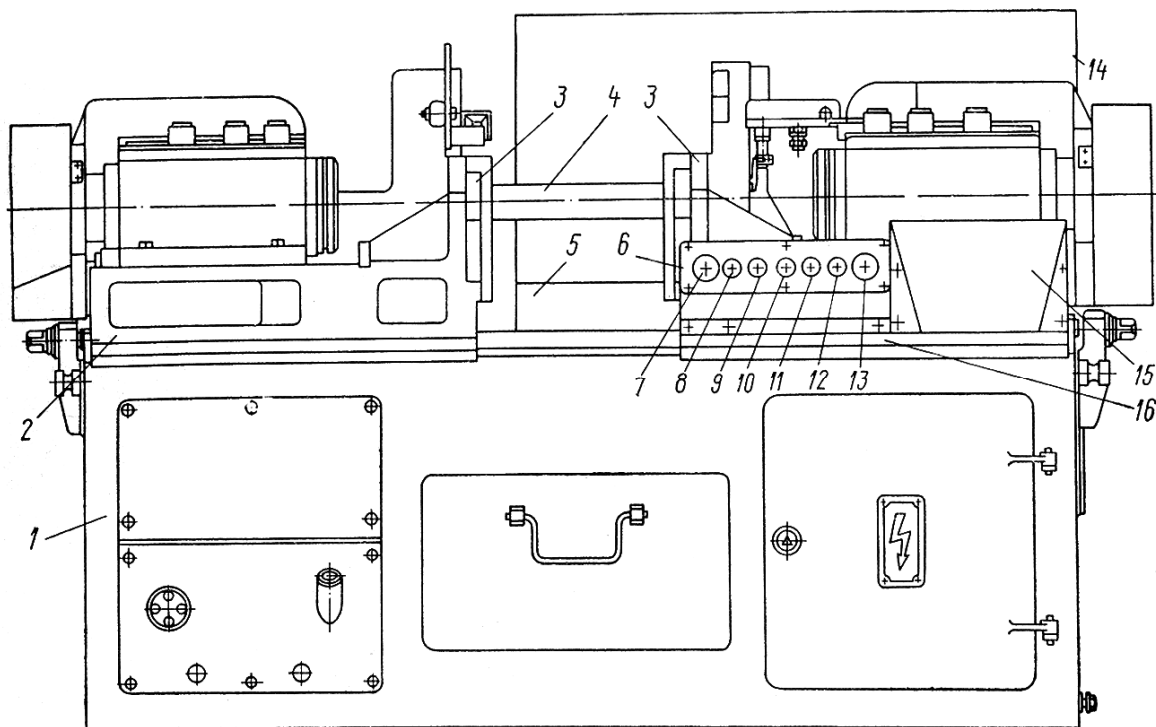


Рис. 2.19. Общий вид специального полуавтомата мод. ВТ-13М:

- 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

В корпусе 1 (рис. 2.20) 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 рис. 2.20 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 (рис. 2.19) определяется зажимными тисками 3, устанавливающими ее соосно со шпинделями бабок 2 и 16 и откидным упором 8 (рис. 2.20), относительно которого вывернется ее ле-

вый торец. Осевое перемещение инструментальных блоков за счет перемещения пинолей шпиндельных бабок производят в следующей последовательности: быстрый подвод, рабочая подача, быстрый отвод.

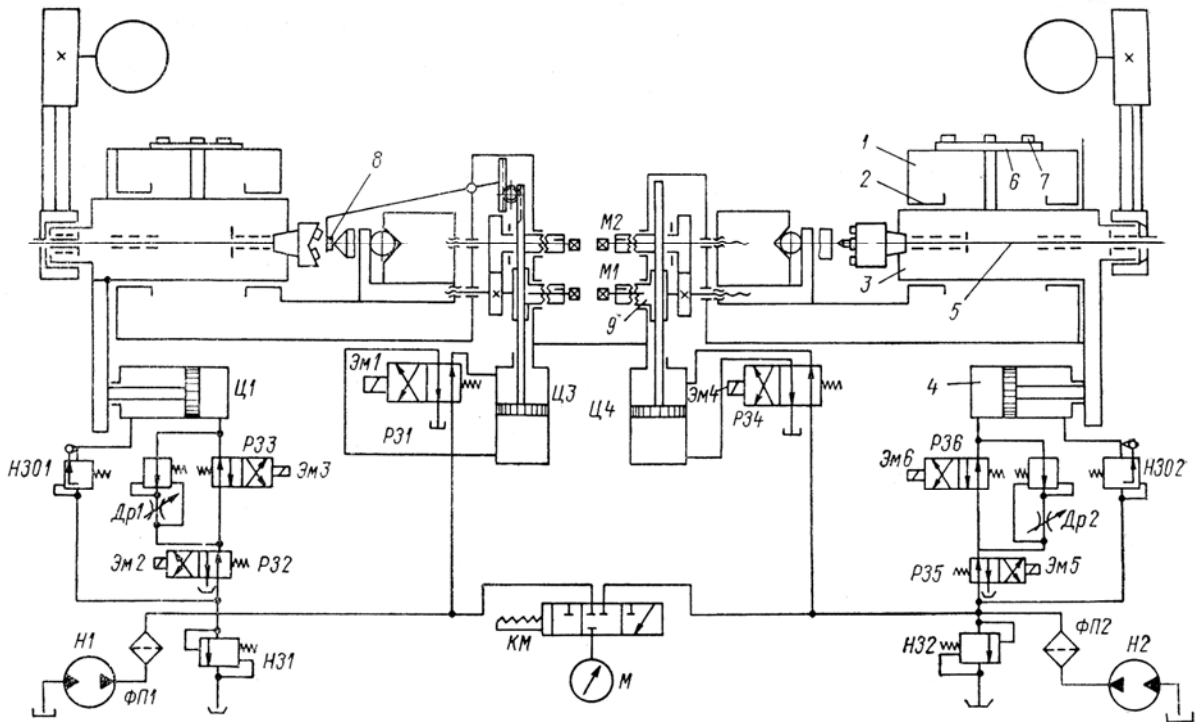


Рис. 2.20. Гидрокинематическая схема полуавтомата мод. ВТ-13М

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 производятся 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 (рис. 2.20) 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 правых тисков станка. Это позволяет значительно повысить плавность рабочей подачи и исключить взаимное влияние двух гидравлических цепей.

Масло, нагнетаемое в систему через пластинчатый фильтр ФП1 насосом Н1, при выключенном положении электромагнитов золотников Р32 и Р33 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 Н301 поступает в правую полость цилиндра, ускоряя отвод пиноли. Одновременно при выключенном положении магнита золотника Р31 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 Р31 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 Р32, который, переключаясь, запирает проход масла в правую полость цилиндра Ц1 и масло через напорный золотник Н301 (обеспечивающий сначала зажимы заготовки и последующее начало рабочей подачи) поступает в левую полость цилиндра Ц1. Из его правой полости (при включенном электромагните ЭМ3 золотника Р33) масло поступает через дроссель Др1 (регулирующий скорость рабочей подачи) и золотник Р32 на слив.

Работа механизмов правой бабки и правых тисков аналогична.



Регулирование давления и предохранение от перегрузки осуществляется посредством напорных золотников Н31 и Н32 (рекомендуемая величина давления 2,0 МПа).

Контроль рабочего давления обоих насосов производится с помощью общего манометра М, включаемого краном КМ, который на схеме изображен в среднем положении. Для подключения манометра к гидросистеме насоса Н1 необходимо переместить шток крана влево, для подключения манометра к гидросистеме насоса Н2 – 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:

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

В зависимости от выбранных режимов резания величина подачи регулируется (17÷280 мм/мин) дросселями подачи, 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. 2.19), 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.

### 3. СТАНКИ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ИНСТРУМЕНТОВ

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:

1) 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÷20 мм и длин 100÷200 мм;

2) для ряда инструментов характерно большое отношение длин к диаметру, достигающее у метчиков, сверл и зенкеров 20 и более, что определяет их малую жесткость;

3) 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;

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

С учетом изложенного 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 стан-

ки, 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. 3.1), которые при коротких циклах обработки позволяют значительно сократить время на установку и снятие заготовок.

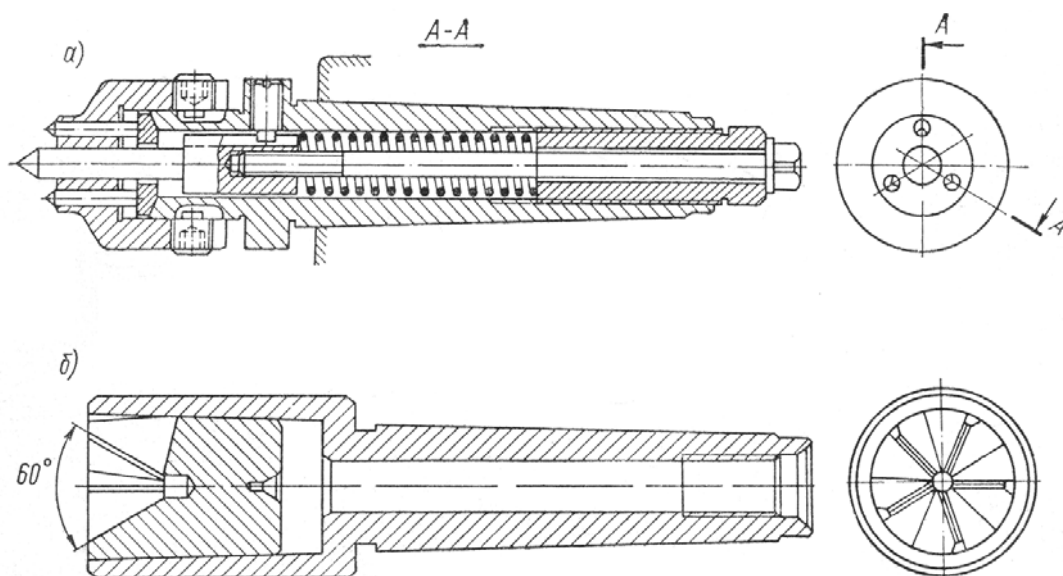


Рис. 3.1. Эскизы поводковых токарных патронов

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.

### 3.1. Токарно-копировальные станки

*Токарно-копировальный полуавтомат мод. ВТ-11А* предназначен для токарно-копировальной обработки в центрах или патроне заготовок концевой 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 про-

дольное 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 мод. ВТ-11А:*

Размеры обрабатываемой заготовки, мм:	
– диаметр .....	10÷50
– длина .....	100÷350
Частота вращения шпинделя, об./мин .....	2900; 2200; 1520; 1050; 820
Скорость перемещения продольного суппорта (регулируется бесступенчато), мм/мин .....	80÷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 × 1015 × 1375

Общий вид специального токарно-копировального полуавтомата мод. ВТ-11А показан на рис. 3.2.

Привод вращения шпинделя (рис. 3.3) осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу и двухступенчатый редуктор с парой сменных зубчатых колес.

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

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

*Настройка и наладка полуавтомата мод. ВТ-11А* 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.

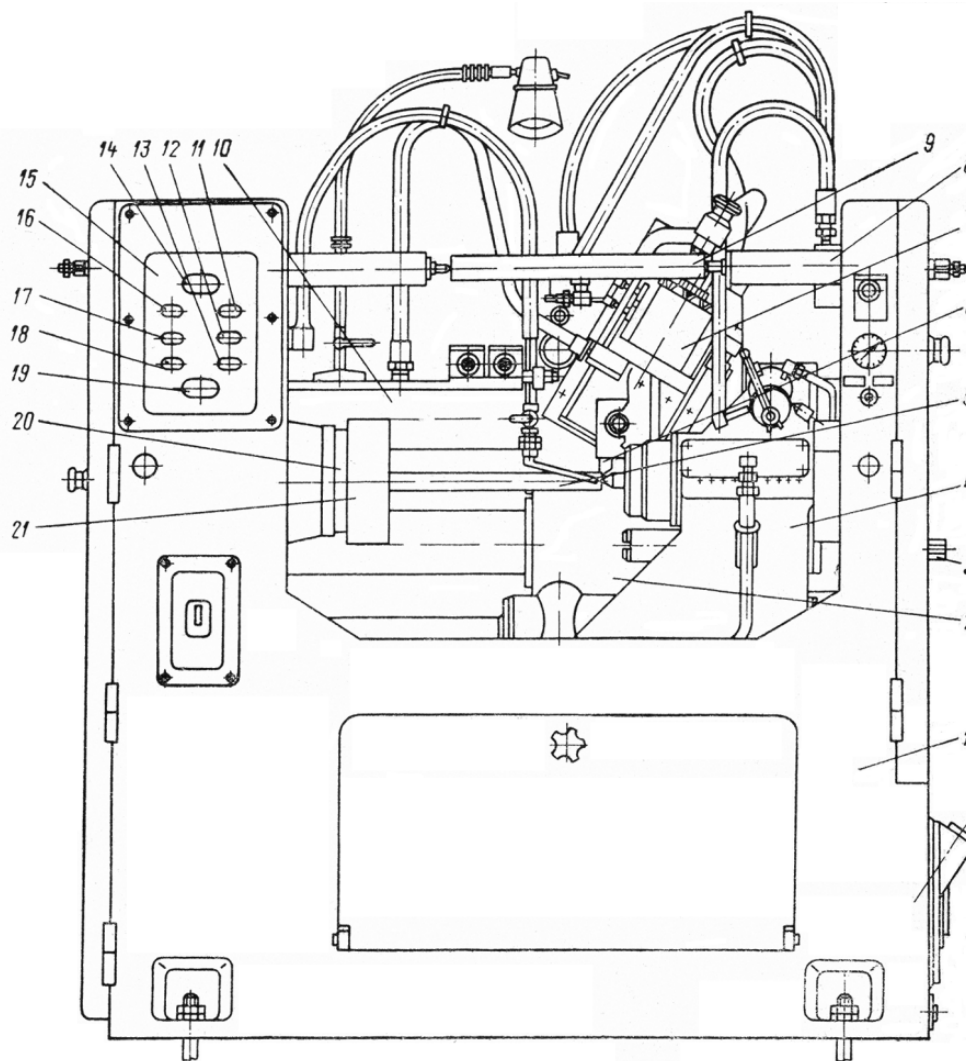


Рис. 3.2. Общий вид специального токарно-копировального полуавтомата мод. ВТ-11А:

- 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

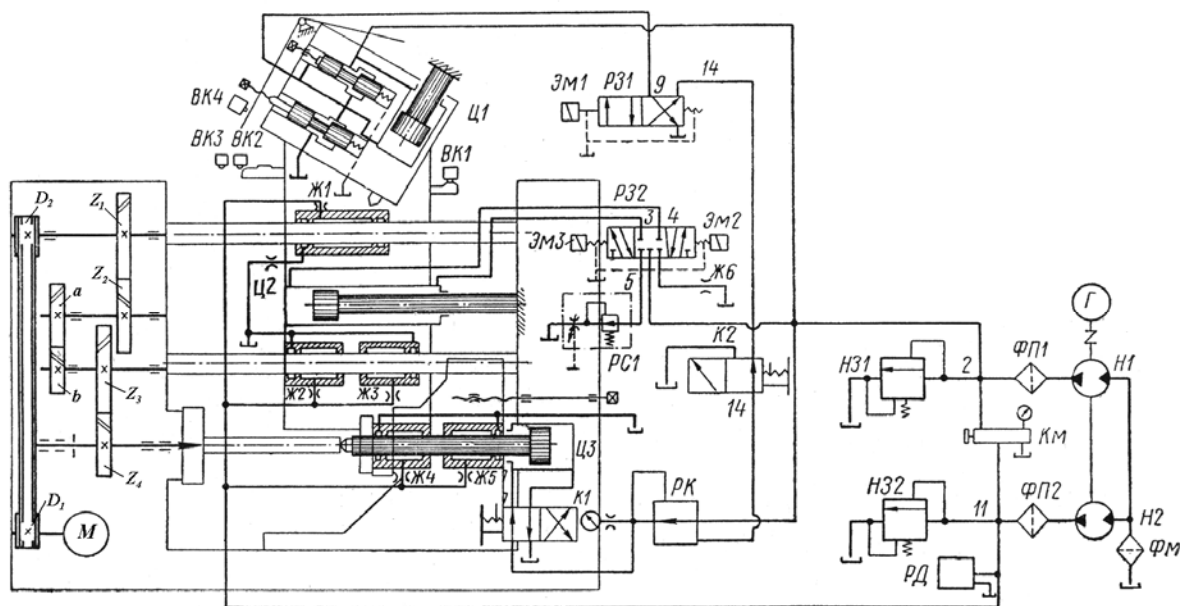


Рис. 3.3. Гидрокинематическая схема полуавтомата мод. ВТ-11А

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.

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

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

где  $P_{\text{окр}}$  – окружное усилие, передаваемое патроном, Н;  $P_{\text{ос}}$  – осевое усилие, создаваемое задней бабкой, Н;  $\sigma_{\text{в}}$  – 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.

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 оказывает 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 мод. ВТ1-11А) и вспомогательного. В качестве вспомогательного копира 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. 3.4) состоит из следящего золотника 4, щель 5 которого управляет расходом масла, а следовательно, и перемещением копирующего 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.

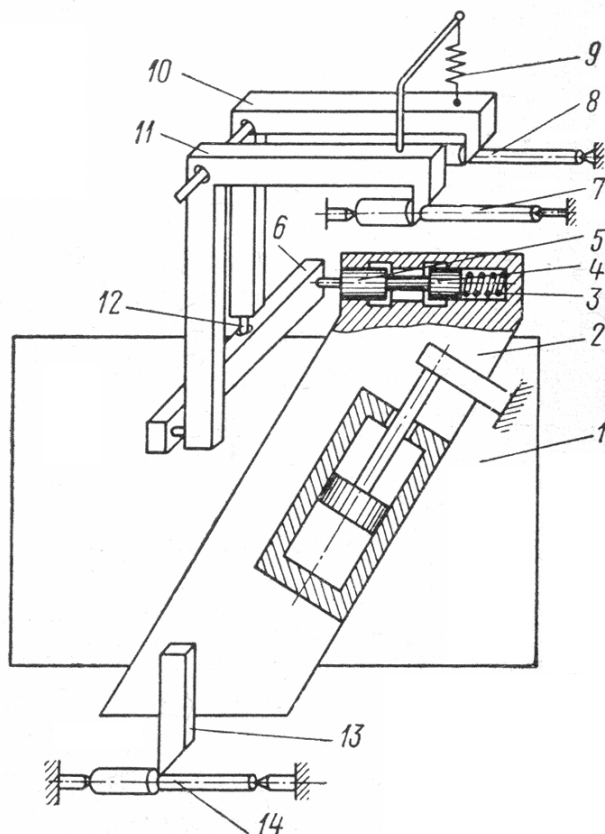


Рис. 3.4. Схема автоматического корректирующего устройства К-71 полуавтомата мод. ВТ-11А

Чувствительность устройства настраивается за счет отношения плеч рычага  $b$ , 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 мод. ВТ-11А. 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.

### 3.2. Токарные станки для обтачивания сверл

*Токарный полуавтомат мод. 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 3.5.

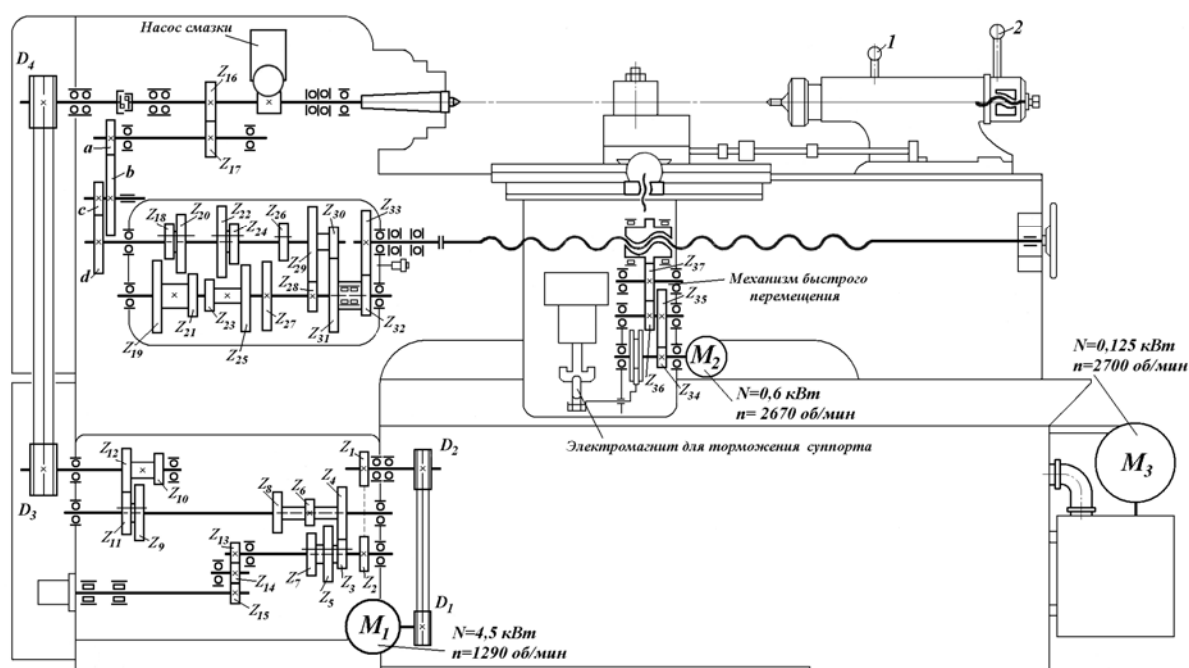


Рис. 3.5. Кинематическая схема токарного полуавтомата мод. КТ-16

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

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

Продольное рабочее перемещение сообщается суппорту посредством ходового винта и маточной 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  $0,1 \div 0,3$  мм/1 об. шпинделя.

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

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. 3.6).

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.

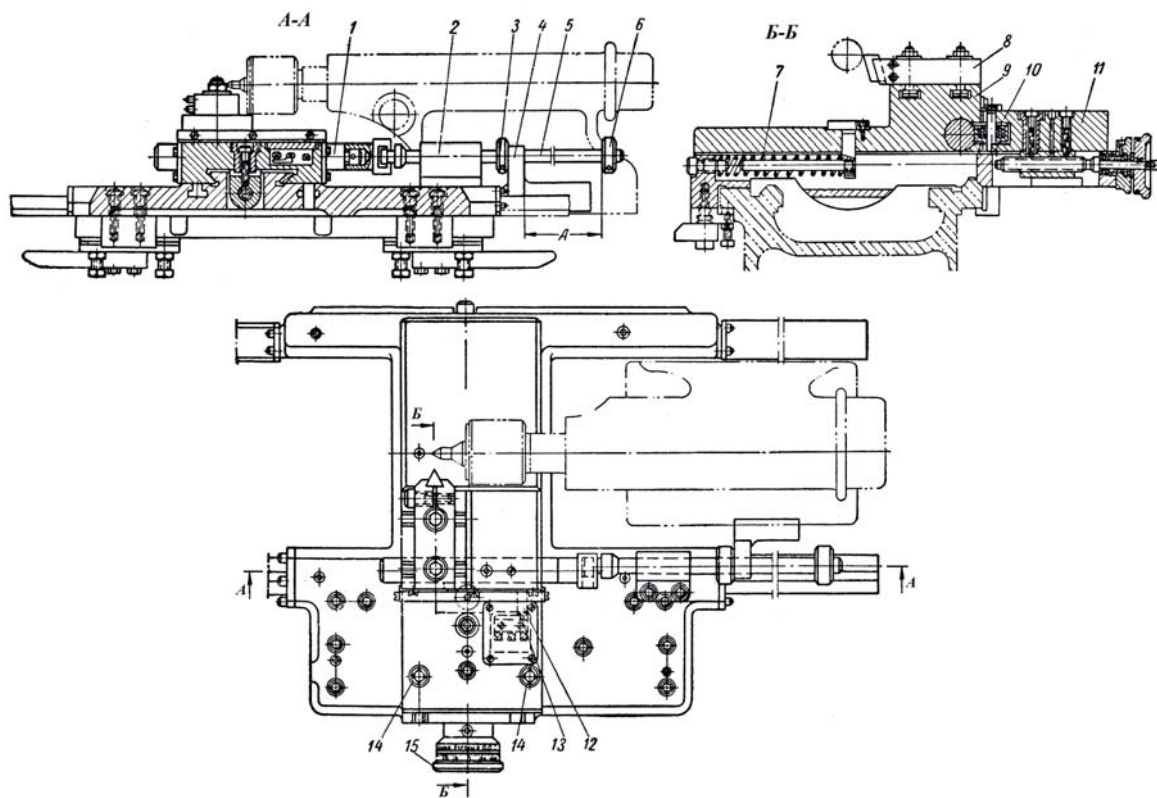


Рис. 3.6. Суппорт токарного полуавтомата мод. КТ-16

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*.

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. 3.6).

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 электродвигатель, включает электромагнит тормозного механизма (рис. 3.5) 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.

**Токарный полуавтомат мод. КТ-15** предназначен для полуавтоматической обработки конической хвостовой части спиральных сверл диаметром  $6 \div 32,5$  мм. Кинематическая схема станка дана на рис. 3.7. Высота центров станка и расстояние между центрами при выдвинутой пиноли задней бабки такие же, как у полуавтомата мод. 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 мод. КТ-16, и обеспечивает такие же частоты вращения шпинделя.

Передний и задний поперечные суппорты станка мод. 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 (барабанного) кулачка, поперечная подача – от дисковых кулачков, сидящих на распределительном валу.

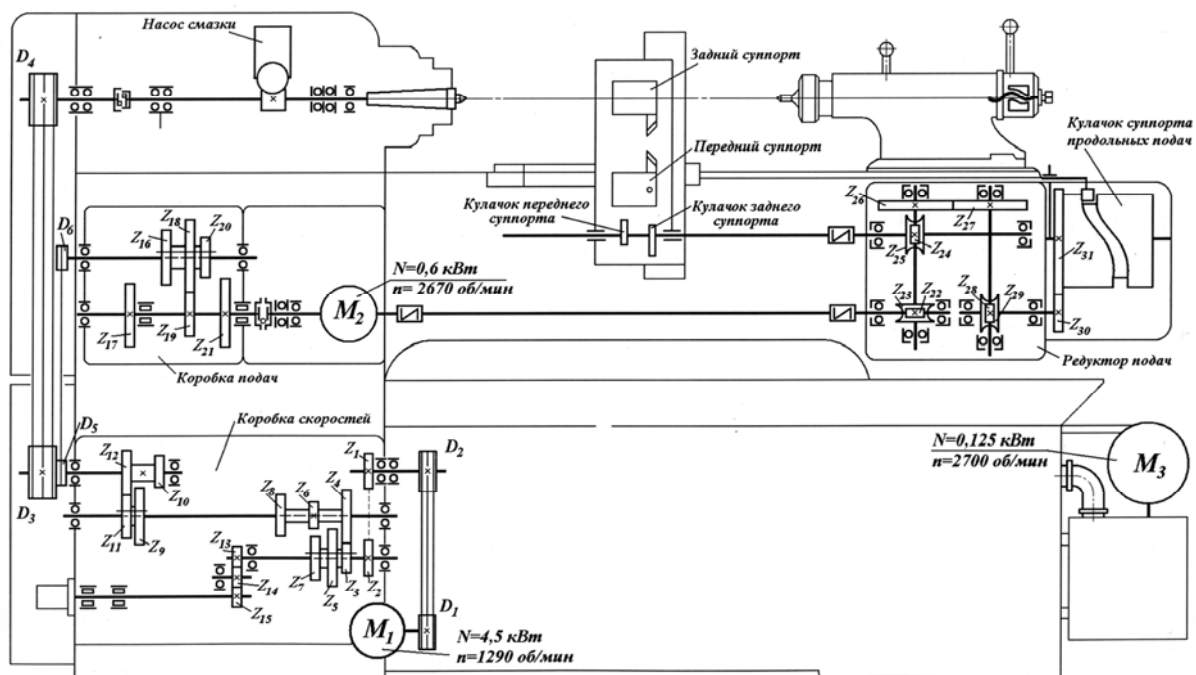


Рис. 3.7. Кинематическая схема токарного полуавтомата мод. КТ-15

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

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

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

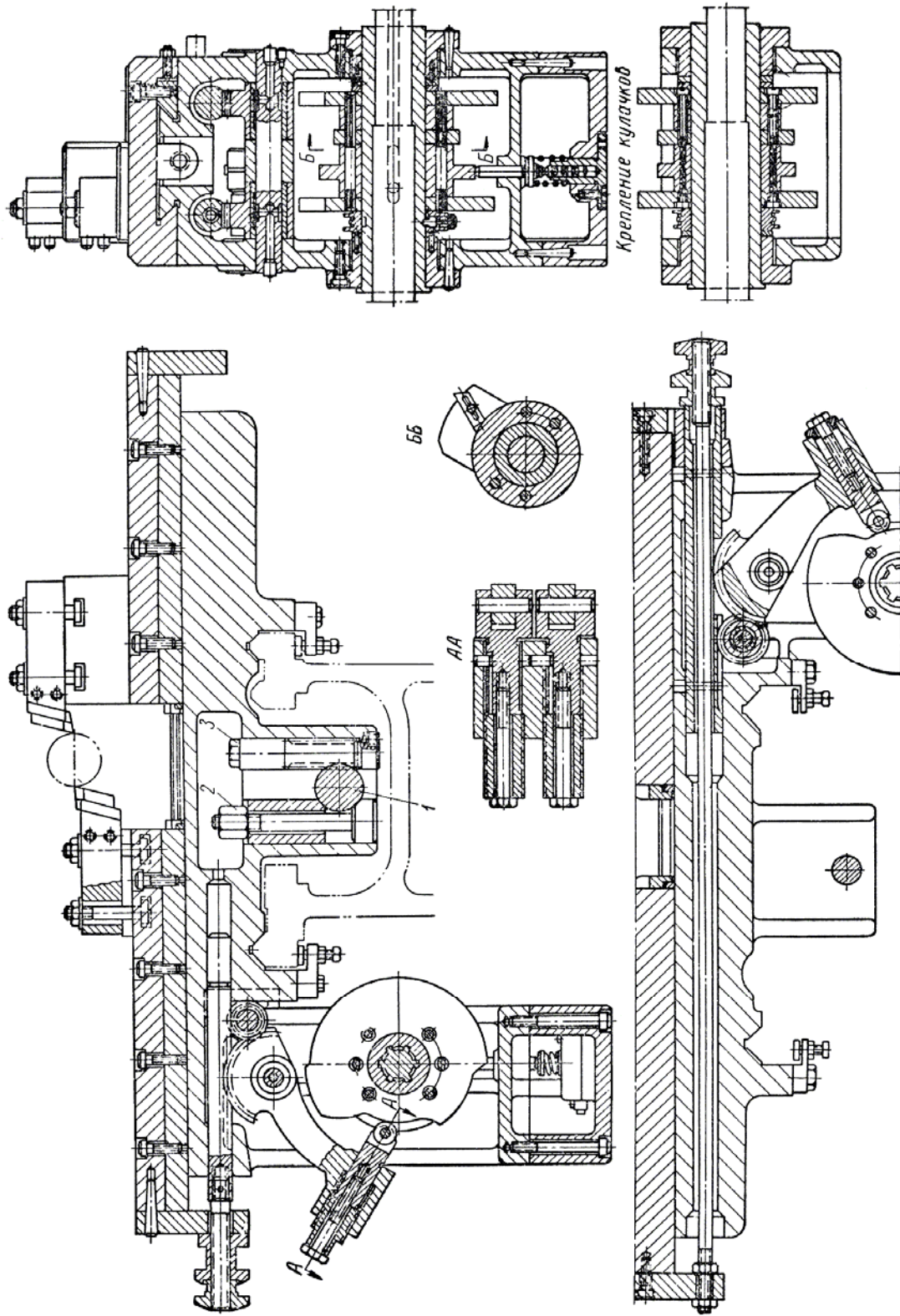
Уравнение кинематического баланса продольных подач, мм/об.:

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

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.



Крепление кулачков

Рис. 3.8. Суппорт токарного полуавтомата мод. КТ-15

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

Каретка суппорта получает продольное перемещение с помощью штока 1 (рис. 3.8) 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. Зубчатое колесо  $Z_{30}$  (рис. 3.7) редуктора подачи соединяется с валом посредством двусторонней мелкозубой муфты, которая позволяет при наладке устанавливать цилиндрический кулачок продольных подач в первоначальное положение.

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

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

## **4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТРУЖЕЧНЫХ КАНАВОК И ХВОСТОВИКОВ**

### **4.1. 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÷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. 4.1, 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.

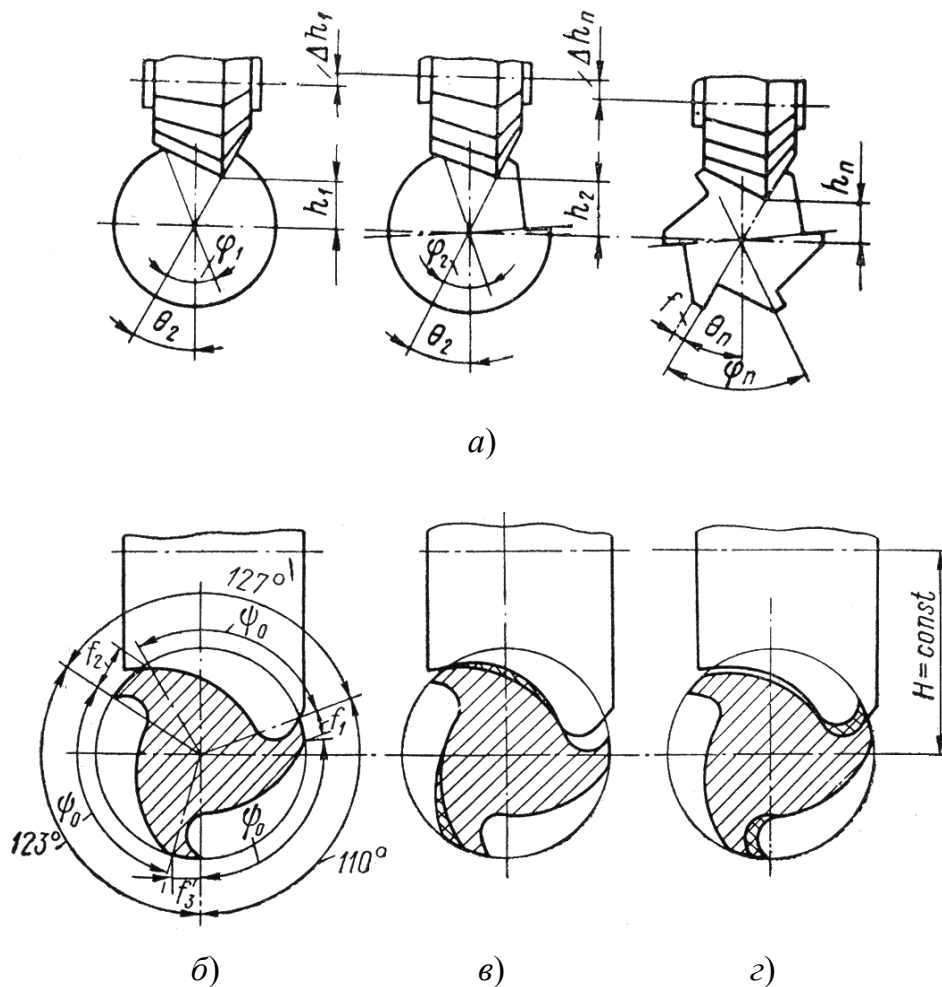


Рис. 4.1. Схемы обработки стружечных канавок многозубого инструмента с неравномерным угловым шагом зубьев:  
 а – за один цикл; б–г – за два полуцикла

2. Обработка канавок ведется за два полуцикла (рис. 4.1, б–г).

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. 4.1, г), так и со стороны спинки (рис. 4.1, в). Обработка производится для получения ленточек одинаковой ширины ( $f_1 = f_2 = \dots = f_n$ ). Расстояние между

осями инструмента и изделия при работе по этой 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.

**Специальный полуавтомат для фрезерования винтовых канавок мод. СИ-017** 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 (четырех 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 б (рис. 4.2) 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 производит-

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

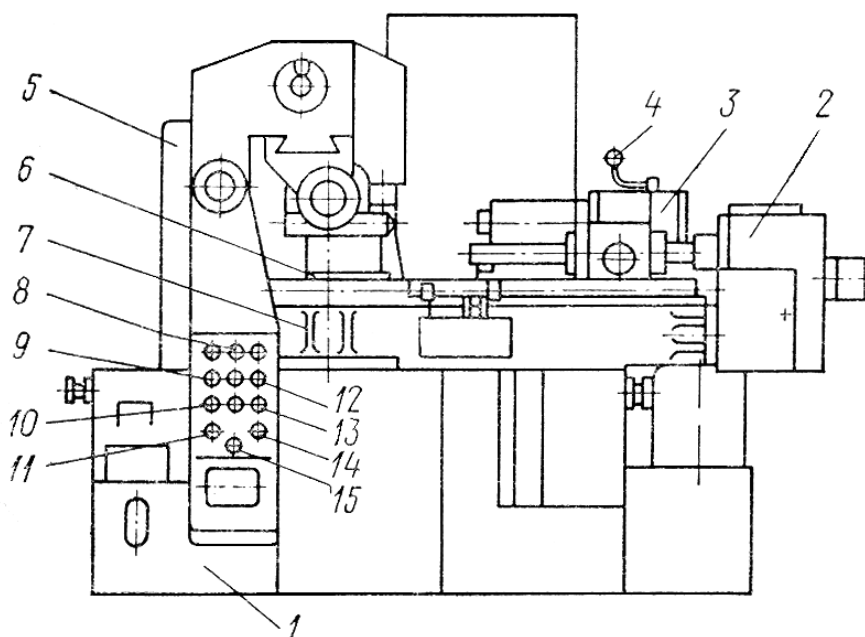


Рис. 4.2. Специальный фрезерный полуавтомат мод. СИ-017:  
 1 – станина; 2 – механизм подачи стола; 3 – шпиндельная бабка;  
 4 – рукоятка отвода шпиндельной бабки; 5 – фрезерная бабка;  
 6 – стойка; 7 – стол; 8 – лампочка «Напряжение»;  
 9 – кнопка «Насос»; 10 – кнопка «←»; 11 – переключатель  
 «Зажим–Отжим»; 12 – кнопка «Цикл»; 13 – кнопка «→»;  
 14 – переключатель режима работы; 15 – кнопка «Стоп»

Привод главного движения вращения шпинделя 2 с фрезами 1 (рис. 4.3) 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:

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

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.

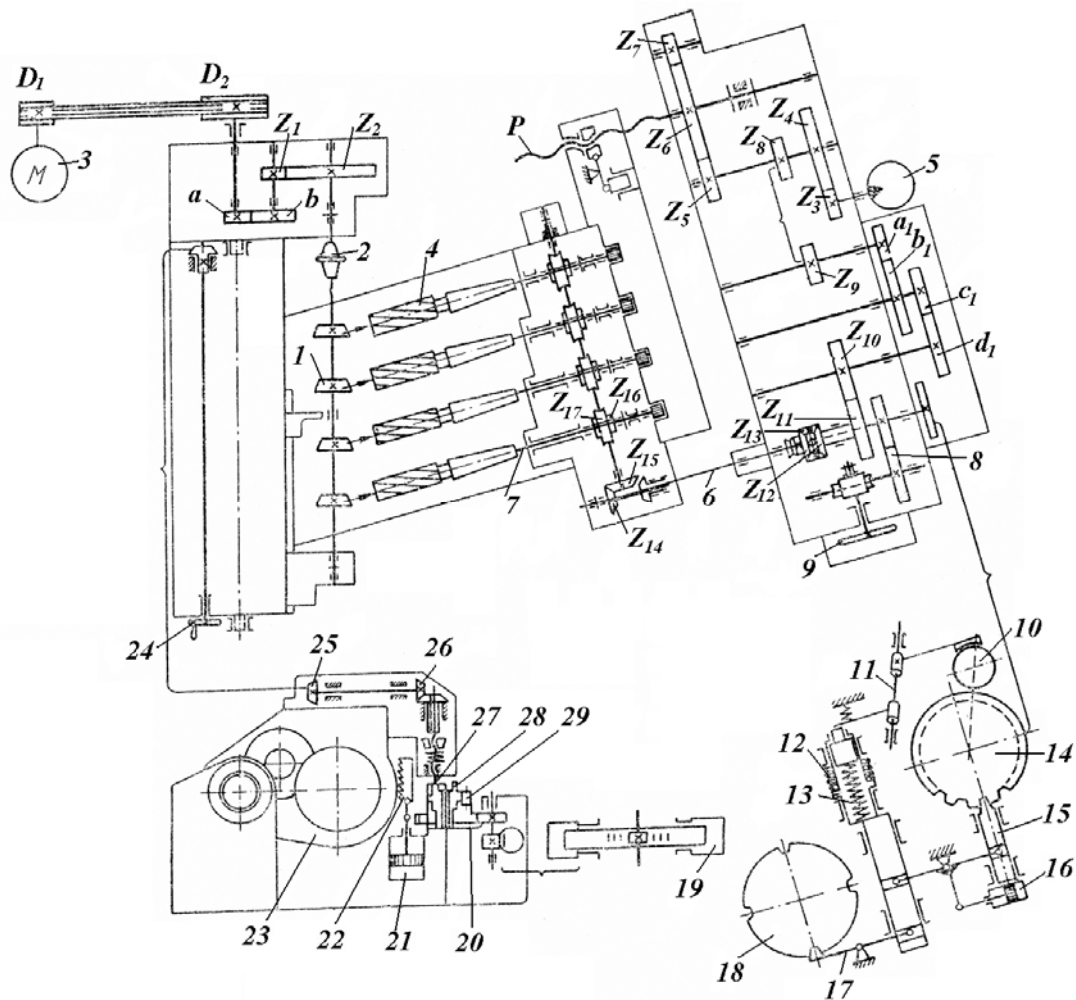


Рис. 4.3. Кинематическая схема полуавтомата мод. СИ-017

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.

$$S = n_{\text{г.дв}} \frac{z_3 z_5}{z_4 z_6} \cdot P, \text{ мм/мин.}$$

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).

$$n_{\text{пиноли}} = P \frac{z_6 z_3 z_8 a_1 c_1 z_{10} z_{12} z_{14} z_{16}}{z_5 z_4 z_9 b_1 d_1 z_{11} z_{13} z_{15} z_{17}}, \text{ об./мин.}$$

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); 6) установить командный диск в соответствии с числом канавок заготовки и выбранной схемой обработки (рис. 4.1); 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 обраба-

тываемых 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.

Спиральные сверла являются наиболее массовым и многоменклатурным видом инструмента. Кроме широко распространенных сверл общего назначения, в промышленности используется большая группа сверл специального назначения. Однако спиральные 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, сверлозаточных и т. д. 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 выполнения их 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 снятие двух затылков;

г) одновременное фрезерование двух канавок и двух затылков.

Станки, работающие по методу фрезерования одновременно двух канавок, а затем снятия 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 этого недостатка свободны. 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 раздельного 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 снятия одновременно обоих затылков исключает указанные здесь недостатки. Конструкция станка и установка фрез при этом способе работы значительно упрощаются.

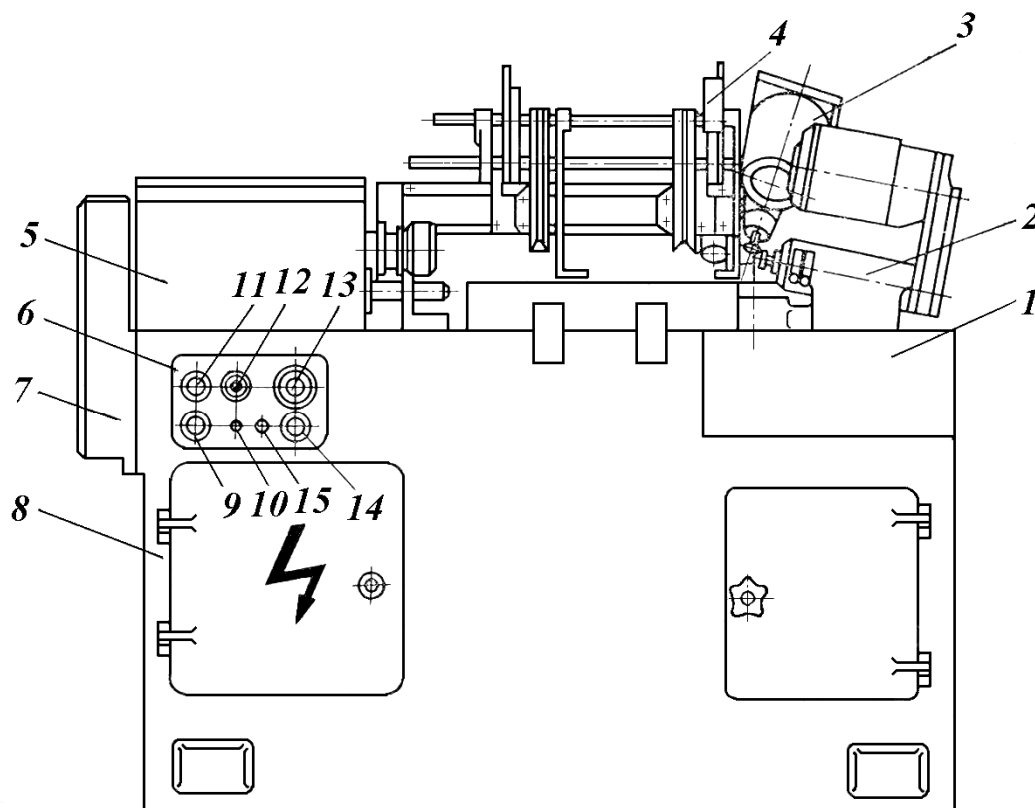
Наиболее распространенными станками для фрезерования сверл являются специальные автоматы и полуавтоматы, которые одновременно фрезеруют одну канавку и один затылок, с последующим делением заготовки.

**Специальный сверлофрезерный автомат мод. СИ-031** предназначен для фрезерования канавок и затылков зуба правоспиральных сверл диаметром  $2 \div 10$  мм с цилиндрическим хвостовиком как общего, так и специального назначений.

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.



*Рис. 4.4.* Специальный сверлофрезерный автомат мод. 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 подач; 8 – станина; 9 – кнопка «Стоп»; 10 – переключатель «Зажим–Отжим»; 11 – лампочка «Напряжение»; 12 – переключатель режима работы; 13 – кнопка «Пуск гидронасоса»; 14 – кнопка «Цикл»; 15 – переключатель «Вперед–Назад»

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 пода-



ча 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.

*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
Скорость 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
– скорость вращения, об./мин .....	1370
Электродвигатель вращения шпинделя затыловочной головки:	
– мощность, кВт .....	0,27
– скорость вращения, об./мин .....	1400
Электродвигатель для привода гидронасоса:	
– мощность, кВт .....	1,5
– скорость вращения, об./мин .....	1400
Габаритные размеры, мм .....	1690 × 840 × 1390

Гидрокинематическая схема автомата показана на рис. 4.5.

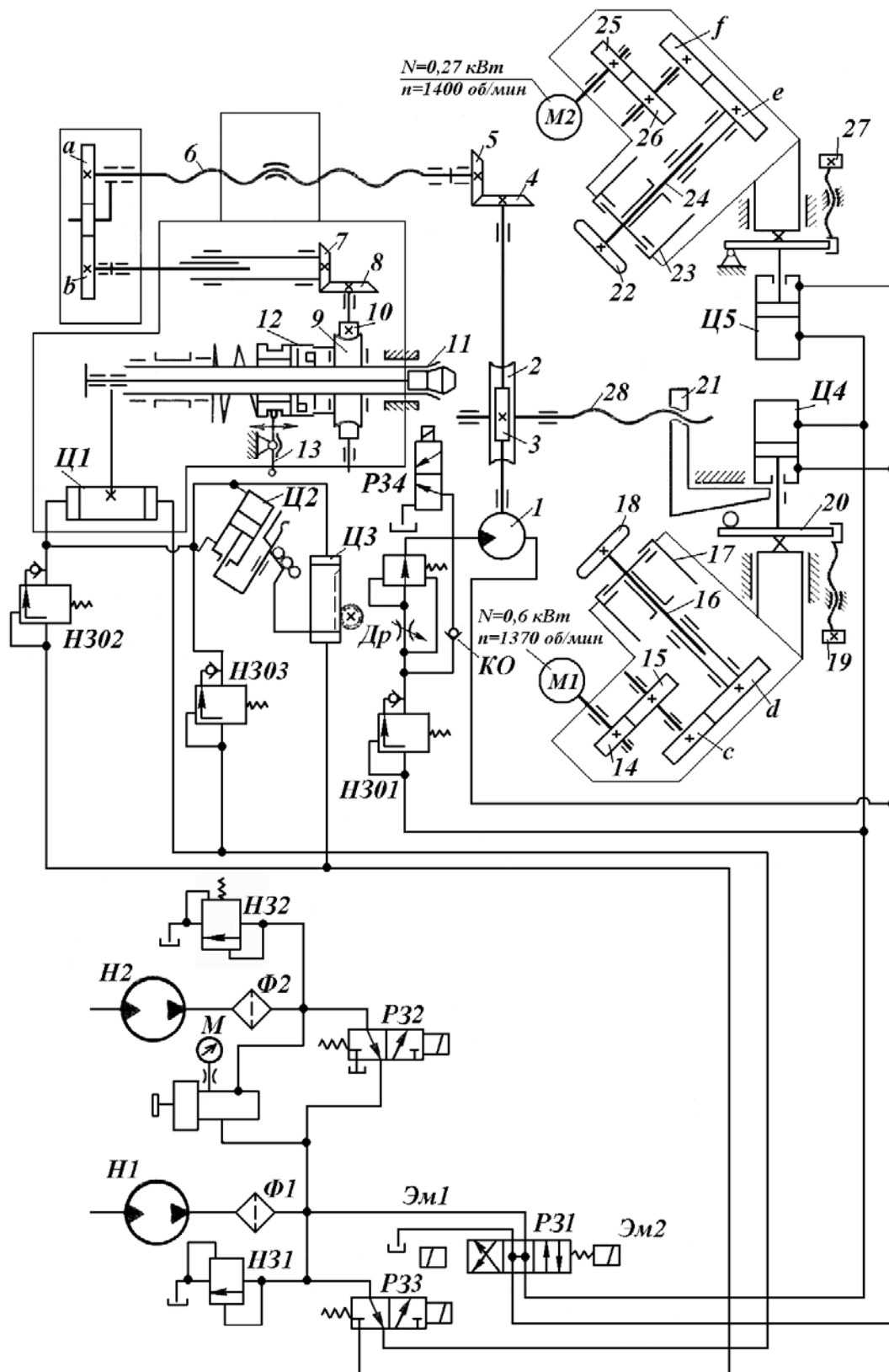


Рис. 4.5. Гидрокинематическая схема автомата мод. СИ-031

Привод главного движения осуществляется от индивидуальных электродвигателей М1 и М2 для канавочной и затыловочной фрез.

Вращение шпинделю 16 канавочной фрезы 18 передается от электродвигателя М1 через зубчатые колеса 14–15 и сменные колеса *c–d*. Уравнение кинематического баланса:

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

Вращение шпинделю 24 затыловочной фрезы 22 передается от электродвигателя М2 через зубчатые колеса 25–26 и сменные колеса *e–f*. Уравнение кинематического баланса:

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

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 4–5, винт 6 (сообщающий шпиндельной бабке продольное перемещение), сменные шестерни *a–b*, коническую передачу 7–8 и червячную передачу 10–9. Уравнение кинематического баланса:

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

Следовательно, перемещение шпиндельной бабки:

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

где  $p_6$  – ход винта 6.

Для обработки канавки переменной глубины от гидродвигателя 1 через червячную передачу 3–2 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:

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

где  $p_6$  – ход винта  $б$ ;  $p_{28}$  – 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. 4.5) 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.

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

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 определяется 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 19.

При обработке заготовок из быстрорежущих сталей фрезами из сталей P18, P12, P6M5 рекомендуется скорость резания выбирать равной 30÷40 м/мин, а подачу – 0,05÷0,08 мм/зуб. Эти режимы должны уточняться в зависимости от конкретных условий обработки.

**Специальный сверлофрезерный полуавтомат мод. 6В-4М** предназначен для фрезерования канавок и спинок спиральных сверл общего назначения диаметром 6÷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 перемещается 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° и др.

Общий вид специального полуавтомата мод. 6В-4М приведен на рис. 4.6.

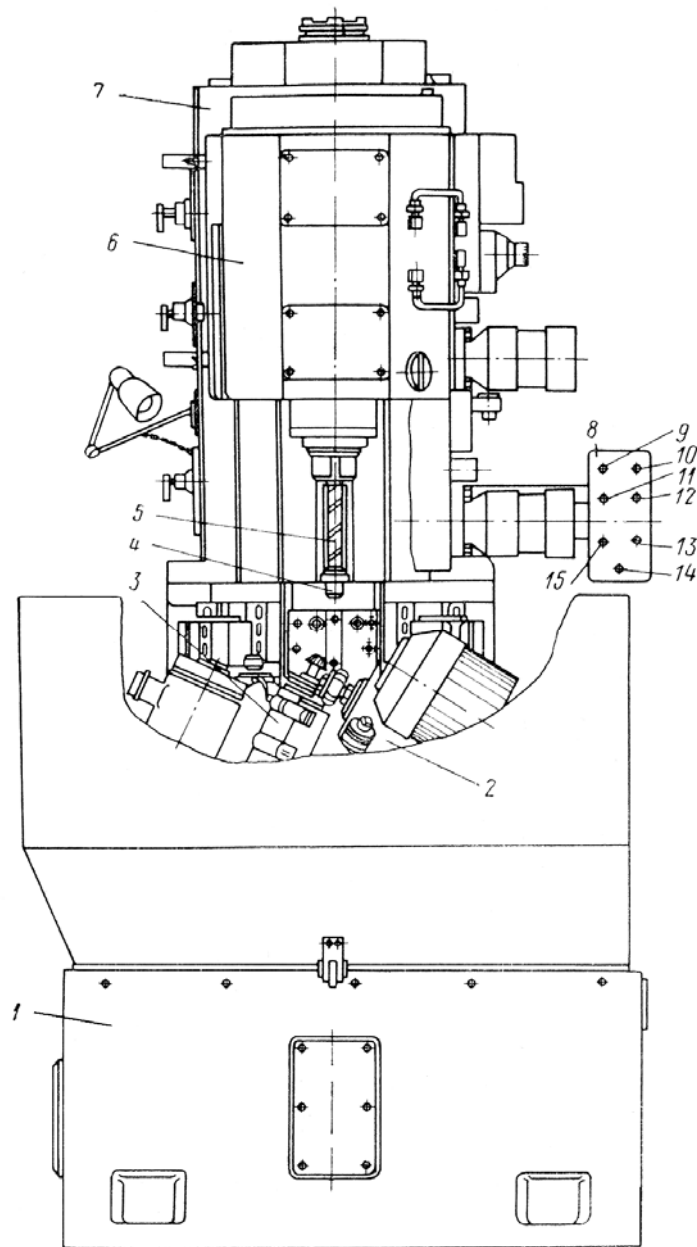


Рис. 4.6. Общий вид специального сверлофрезерного полуавтомата мод. 6В-4М:

- 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

*Краткая техническая характеристика полуавтомата:*

Размеры обрабатываемой заготовки, мм:

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

Угол наклона винтовых канавок, град .....	26÷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÷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 мод. 6В-4М приведена на рис. 4.7.

Вращение шпинделя 11 затыловочной фрезы осуществляется от электродвигателя через пару зубчатых колес 15–16 и сменные зубчатые колеса  $a-b$ .

Вращение шпинделя 12 канавочной фрезы осуществляется от электродвигателя через пару зубчатых колес 14–13 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.

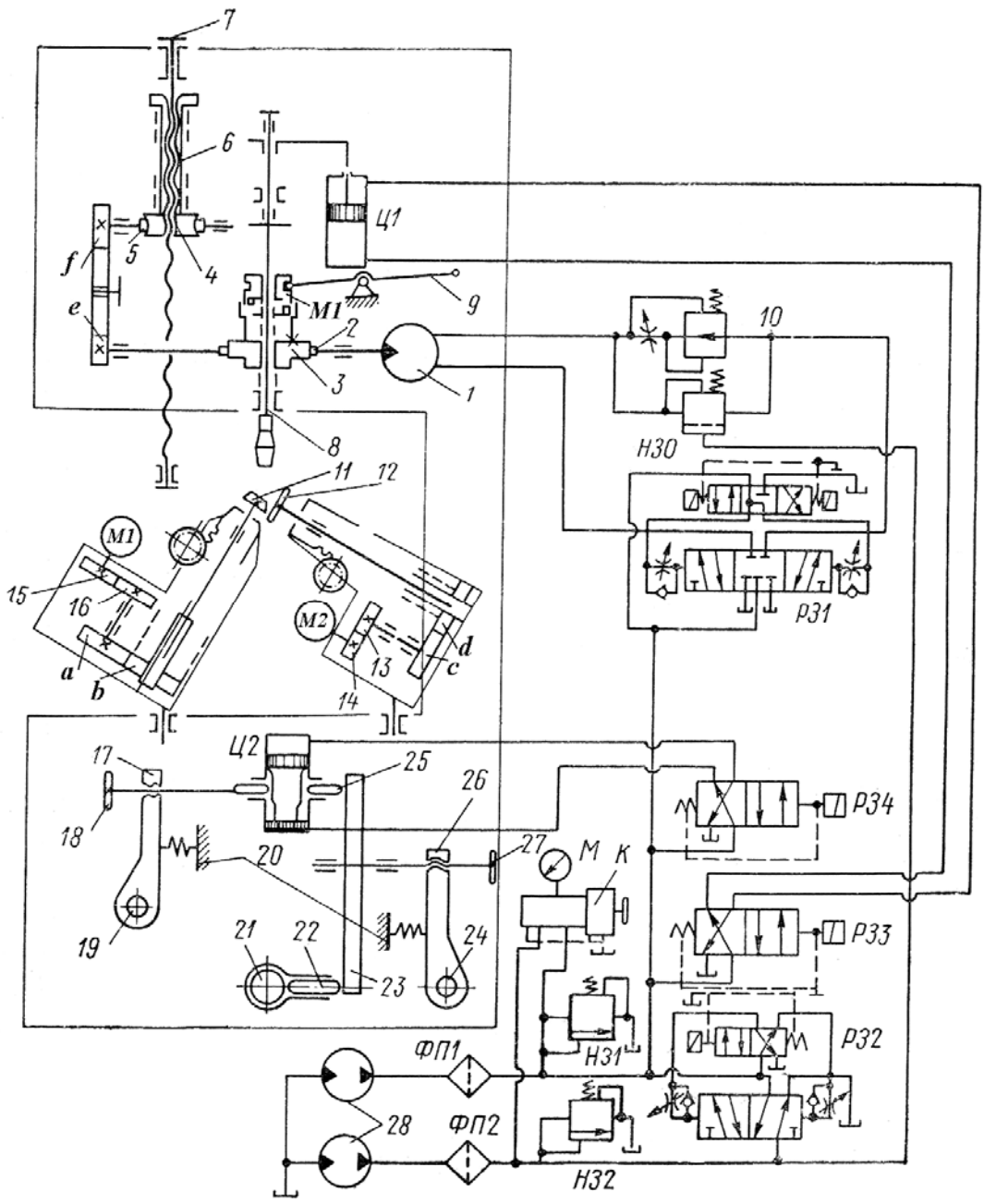


Рис. 4.7. Гидрокинематическая схема автомата мод. 6В-4М

Вертикальное перемещение шпиндельной бабки осуществляется от гидродвигателя 1, передающего вращение через пару сменных шестерен e-f и червячную пару 5-4 гайке 6 ходового винта 7, закрепленного в стойке. Одновременно вращение передается на шпиндель 8 через червячную пару 2-3 (при включенной полу муфте M1). Уравнение кинематического баланса:

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



Следовательно, перемещение шпиндельной бабки:

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

где  $p_7$  – ход винта 7.

При подъеме шпиндельной бабки рычаг 9 отжимается скосом неподвижного упора стойки и выводит полумуфту М1 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  $180^\circ$  относительно первого, быстрый подвод и отвод шпиндельной бабки осуществляется также гидроприводом.

Регулирование скорости подачи бабки производится дросселем 10. Зажим и отжим заготовки – цангой при воздействии усилия, развиваемого цилиндром Ц1.

Сдвоенный лопастной насос 28 через пластинчатые фильтры ФП1 и ФП2 подает масло к трехпозиционному золотнику Р31 и золотникам Р32–Р34. Команда на включение магнита золотника Р32 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 Р32 масло сливается в бак, и гидропривод питается от насоса малой производительности. При выключенном электромагните золотника Р33 масло направляется в бесштоковую полость цилиндра Ц1, штоковая полость которого соединяется со сливом. Происходит зажим заготовки. При включении электромагнита золотника Р33 масло направляется в штоковую полость цилиндра Ц1, а его бесштоковая полость соединяется со сливом. Происходит отжим заготовки.

Быстрый подвод и отвод шпиндельной бабки происходят при включенном золотнике Р32. При этом масло проходит через напорный золотник Н30, включенный для обеспечения дистанционного управления, и вращает гидродвигатель. Для перехода на рабочую подачу бабки золотник Р32 переключается и самозапирается золотник Н30 (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 Р32 вновь переключается и насос большой производительности подает масло в общую магистраль. Подвод и отвод обеих фрезерных головок осуществляется с помощью золотника Р34

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 НЗ1, а в сети насоса низкой производительности золотником НЗ2. Контроль давления производится манометром М, подключаемым с помощью крана К к одной или другой сети.

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

При наладке в шпиндель 2 (рис. 4.7) устанавливается 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.

***Фрезерование лапок хвостового инструмента*** можно производить методом непрерывного фрезерования на вертикально-фрезерном станке с применением специального приспособления (рис. 4.8 а, б).

Приспособление выполнено в виде круглого стола, с помощью которого можно непрерывно подводить заготовки обрабатываемого инструмента к фрезам.

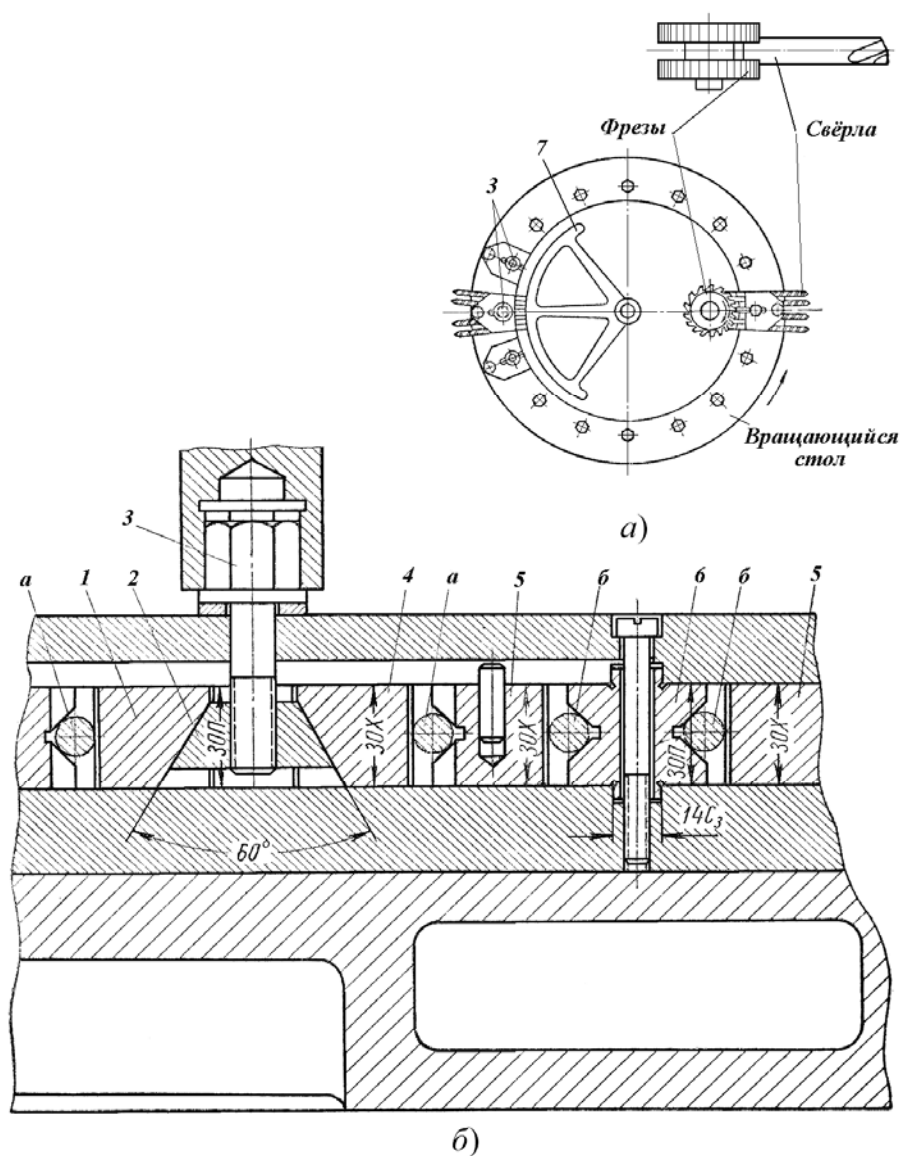


Рис. 4.8. Эскиз приспособления для фрезерования лапок хвостового инструмента

Приспособление (рис. 4.8, 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. Вкла-

дыши 5 зажимают заготовки б в V-образных пазах неподвижных вкладышей 6. Сектор 7 (рис. 4.8, 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.

## 4.2. Станки для получения стружечных канавок абразивным инструментом

### 4.2.1. 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 концевых 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.

*Винтовые сверла* вышлифовывают в диапазоне диаметров  $0,1 \div 0,2$  мм. Угол наклона винтовых стружечных канавок составляет  $10 \div 35^\circ$ , глубина –  $(0,35 \dots 0,45)D$ , 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  $(0,02 \dots 0,03)D$ , что значительно меньше, чем при фрезеровании или прокатке.

Профиль стружечных канавок сверла состоит из двух поверхностей (рис. 4.9) – передней 1 и переходной 2. Передняя поверхность канавки формируется радиусной частью круга ( $R$ ) при винтовом движении. Переходная поверхность образуется при винтовом движении угловой кромки  $L$  шлифовального круга. Для повышения прочности и стойкости угловой кромки прилегающая к ней сторона абразивного инструмента оформляется в виде упрочняющего конуса с углом  $\beta$ .

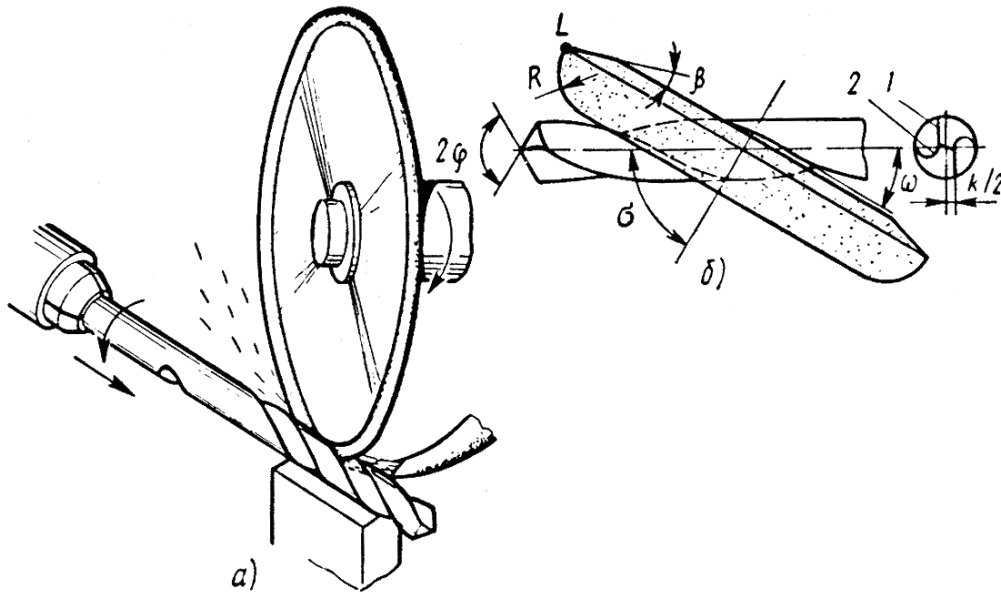


Рис. 4.9. Расположение спирального сверла и абразивного инструмента при вышлифовке винтовых стружечных канавок:  
*a* – внешний вид; *б* – схема (*1* – передняя поверхность канавки; *2* – переходная поверхность; *L* – угловая кромка инструмента)

*Концевые фрезы* вышлифовывают в диапазоне диаметров  $2 \div 12$  мм; они имеют три–шесть винтовых стружечных канавок с углом ( $\omega = 30 \dots 45^\circ$ ) на цилиндрической поверхности и столько же – прямых канавок на торцевой поверхности. Глубина винтовых канавок составляет  $(0,2 \dots 0,3)D$ . Профиль винтовой стружечной канавки концевой фрезы (рис. 4.10) 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.

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  $\beta_{\text{П}}$ , обращенный к передней поверхности, может участвовать в съеме металла, но не должен формировать переднюю поверхность зуба фрезы.

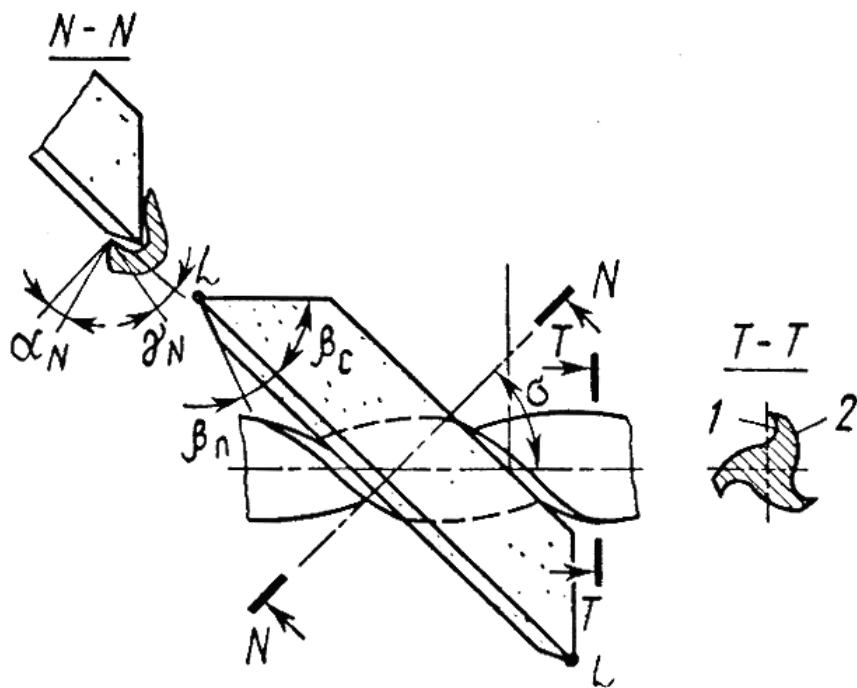


Рис. 4.10. Схема расположения концевой фрезы и шлифовального круга при вышлифовке винтовых канавок:  
1 – передняя поверхность; 2 – спинка

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  $(D_{кр}/D) \sin \omega > 5$ , для предварительных расчетов можно использовать следующую зависимость:

$$\operatorname{tg} \gamma_N \approx \frac{\left(1 - \frac{2k \operatorname{tg} \omega_y}{D \operatorname{tg} \omega}\right) \cos \omega}{\frac{\operatorname{tg} \omega_y}{\operatorname{tg} \omega} \sqrt{1 - \left(\frac{2k}{D}\right)^2}},$$

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  $\beta_n = 0...15^\circ$ ; 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

$$\operatorname{tg}\omega_y \approx \frac{\operatorname{tg}\omega}{\frac{\operatorname{tgy}_N}{\cos\omega} \sqrt{1 - \left(\frac{2k}{D}\right)^2} + \frac{2k}{D}}.$$

*Метчики* вышлифовывают в диапазоне диаметров М 0,35...М 10. 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. 4.11, а–г). 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 на центре, поддерживают регулируемым люнетом. При обработке инструментов с диаметром рабочей части менее 3 мм рекомендуется тройное базирование заготовки: 1) конец хвостовика зажимают 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.

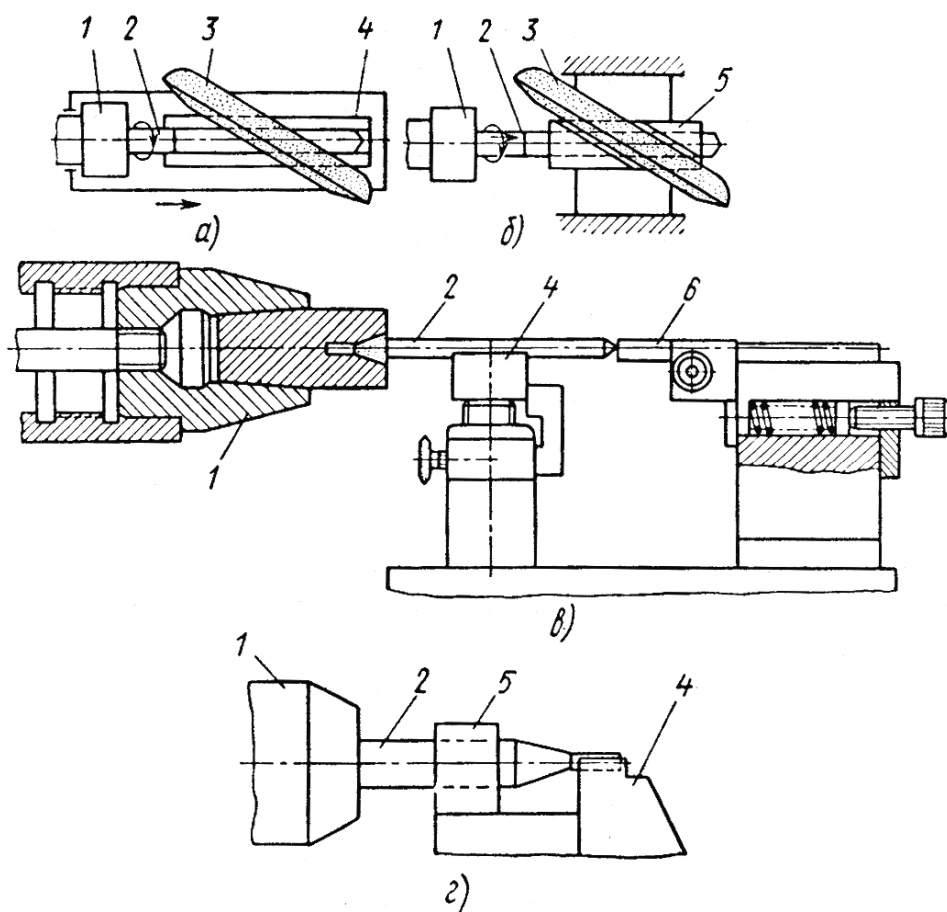


Рис. 4.11. Базирование рабочей части инструмента:  
*a* – на люнете; *б* – в направляющей втулке; *в* – в центре с поддержкой  
 в люнете; *г* – на люнете с базированием хвостовика в направляющей  
 втулке (1 – патроны; 2 – инструмент; 3 – круги; 4 – люнеты;  
 5 – направляющие втулки; 6 – задний центр)

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. 4.12, *a*, *б*) или алмазный ролик (рис. 4.12, *в*, *г*). Алмазные и эльборовые круги 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. 4.13, *a–г*) или полностью с помощью копира.

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.



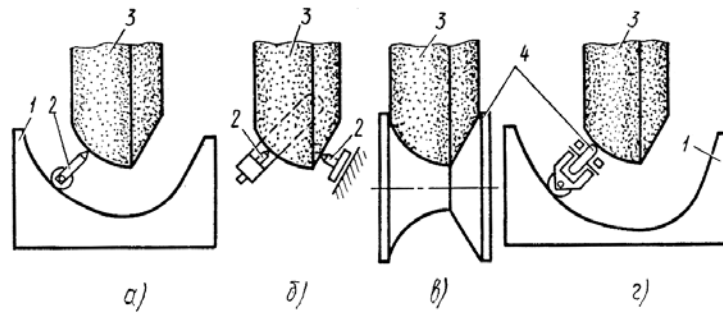


Рис. 4.12. Схема правки абразивного инструмента:  
*a* – одним алмазным карандашом по копиру; *б* – двумя алмазными  
 карандашами; *в* – фасонным алмазным роликом методом врезания;  
*г* – алмазным роликом по копиру (1 – копии; 2 – алмазные карандаши;  
 3 – круги; 4 – алмазные ролики)

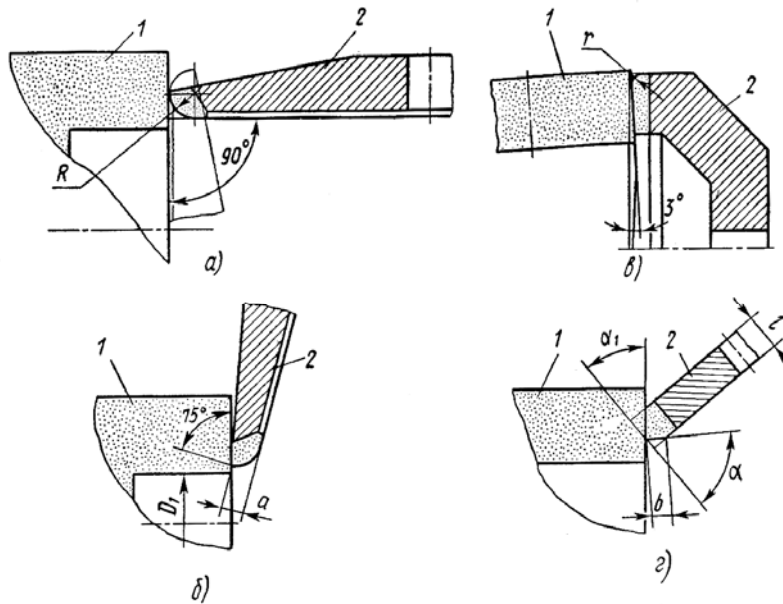


Рис. 4.13. Схемы правки методом шлифования алмазных  
 и эльборовых инструментов при вышлифовке:  
*a, б* – канавок сверл; *в* – метчиков и разверток с прямыми зубьями;  
*г* – фрез и разверток с винтовыми зубьями (1 – правящие абразивные  
 инструменты; 2 – алмазные инструменты)

В крупносерийном производстве канавки вышлифовывают на специализированных станках: электрокорундовыми инструментами – при обработке быстрорежущего инструмента, алмазными инструментами – при обработке твердосплавного инструмента. Смазывающе-охлаждающая жидкость (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.

#### 4.2.2. Специализированные станки для вышлифовки стружечных канавок

На многооперационных однопозиционных станках операции (обычно две) можно выполнять последовательно (рис. 4.14, а, б) или параллельно (рис. 4.14, 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.

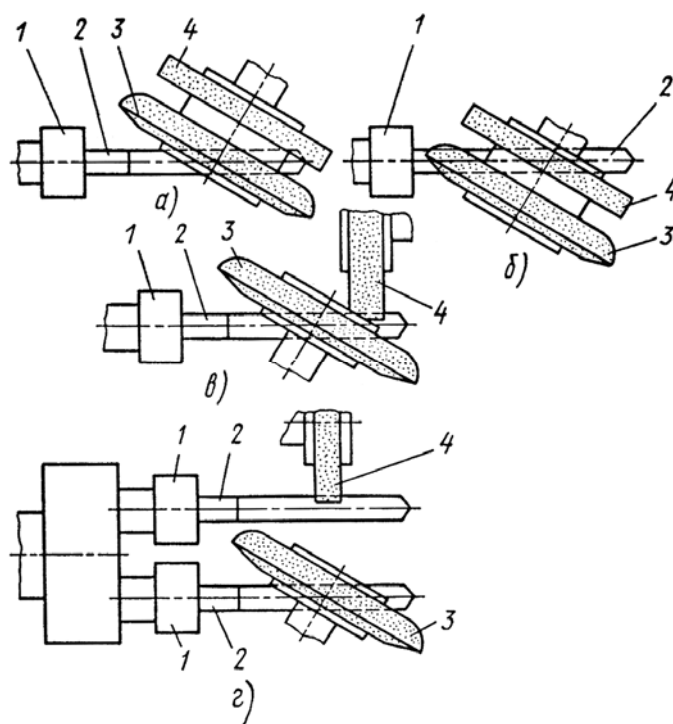


Рис. 4.14. Схемы вышлифовки канавок и спинок сверла на многооперационном станке:

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)

Станки с кинематическим делением (рис. 4.15) 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 ( $L > l_0 + \Delta \approx 0,2l_0$ ), где  $l_0$  – длина стружечных канавок инструмента, мм;  $\Delta \approx 0,2l_0$  – перебег, необходимый для отвода и подвода абразивного инструмента, мм).

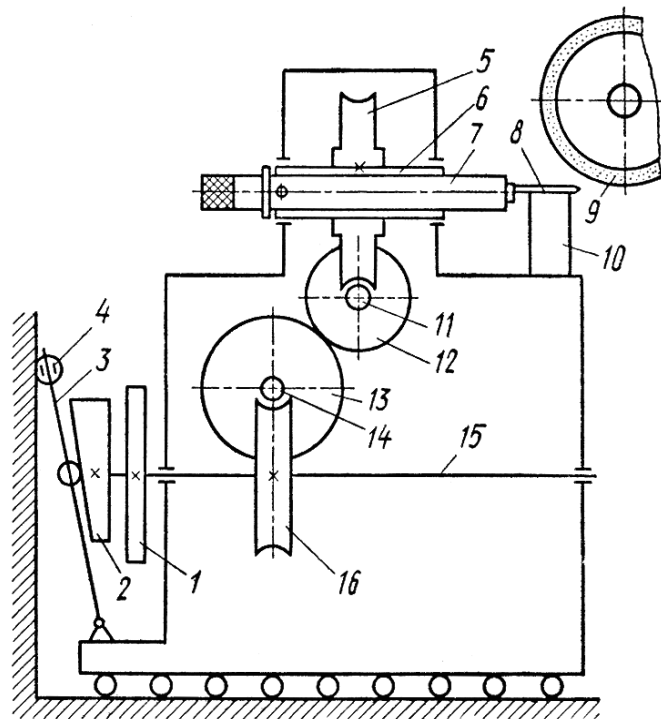


Рис. 4.15. Схема станка с кинематическим делением:  
 1 – кулачок отвода-подвода изделия; 2 – кулачок продольной подачи;  
 3 – рычаг с переменным плечом; 4 – опорный подвижный ролик;  
 5, 11 и 14, 16 – червячные пары; 6 – шпиндель изделия; 7 – цанговая оправка-спутник; 8 – изделие; 9 – абразивный инструмент; 10 – люнет;  
 12, 13 – гитара сменных зубчатых колес; 15 – распределительный вал

Расположение заготовки и шлифовального круга при вышлифовке канавок инструмента на станке с кинематическим делением показано на рис. 4.16.

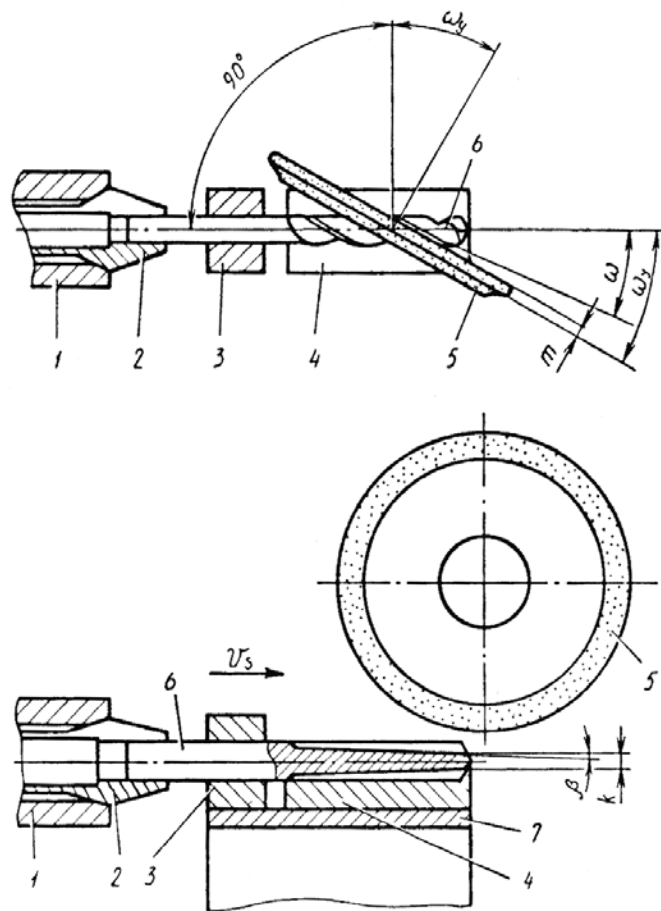


Рис. 4.16. Расположение заготовки и абразивного инструмента при вышлифовке канавок инструмента:  
 1 – цанговая оправка; 2 – цанга; 3 – очко; 4 – люнет; 5 – абразивный инструмент; 6 – инструмент; 7 – регулировочная прокладка;  
 $\omega$  – угол наклона канавок;  $\omega_y$  – угол установки шлифовального круга;  
 $k$ ,  $\beta$  – диаметр и угол подъема сердцевины

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.

### 4.3. 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. 4.17).

Заготовки 3 из бункера станка поступают в наклонный лоток 2. Далее толкатель 1 проталкивает их через индуктор 4 во втулку передней проводки 5. Шарик 10, находящийся под действием пружины 11 и расположенный во втулке 5, тормозит движение заготовки 9. Благодаря этому поглощается инерция движущейся заготовки и она фиксируется по длине во втулке 5.

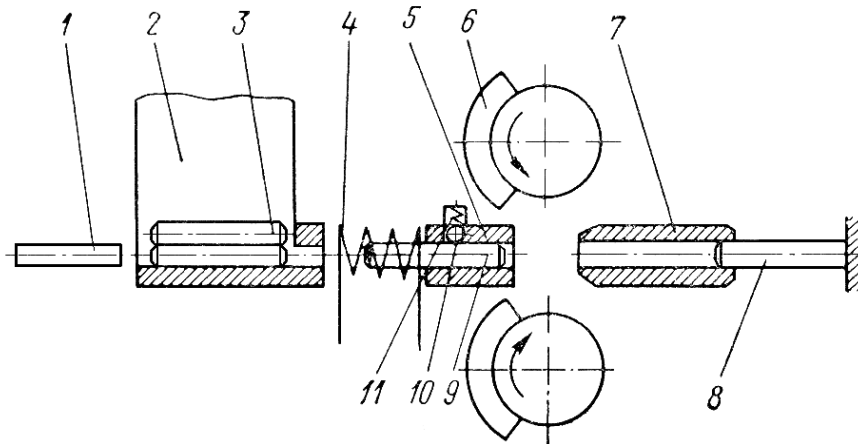


Рис. 4.17. Схема продольно-винтового проката сверл

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 станка отключены, равно как и вращение шпинделей. Во втором случае время нагрева меньше времени прокатки и отпадает надобность в отключении механизма станка.

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.

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 этот момент находится в крайнем переднем (левом) положении. Четыре шпинделя с формообразующими сегментами, закрепленными на них, расположены под углом, близким к углу наклона винтовой канавки. Они получают вращение в направлении стрелок (на рис. 4.17 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.

**Стан для продольно-винтового проката сверл мод. АСПС-3-5А** (рис. 4.18) 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. 4.19), 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 колокольного кулачка, установленного неподвижно на распределительном валу. Гильза в процессе проката сверла движется вместе с ним. Хвостовая часть заготовки сверла при этом находится в ее сменной втулке.

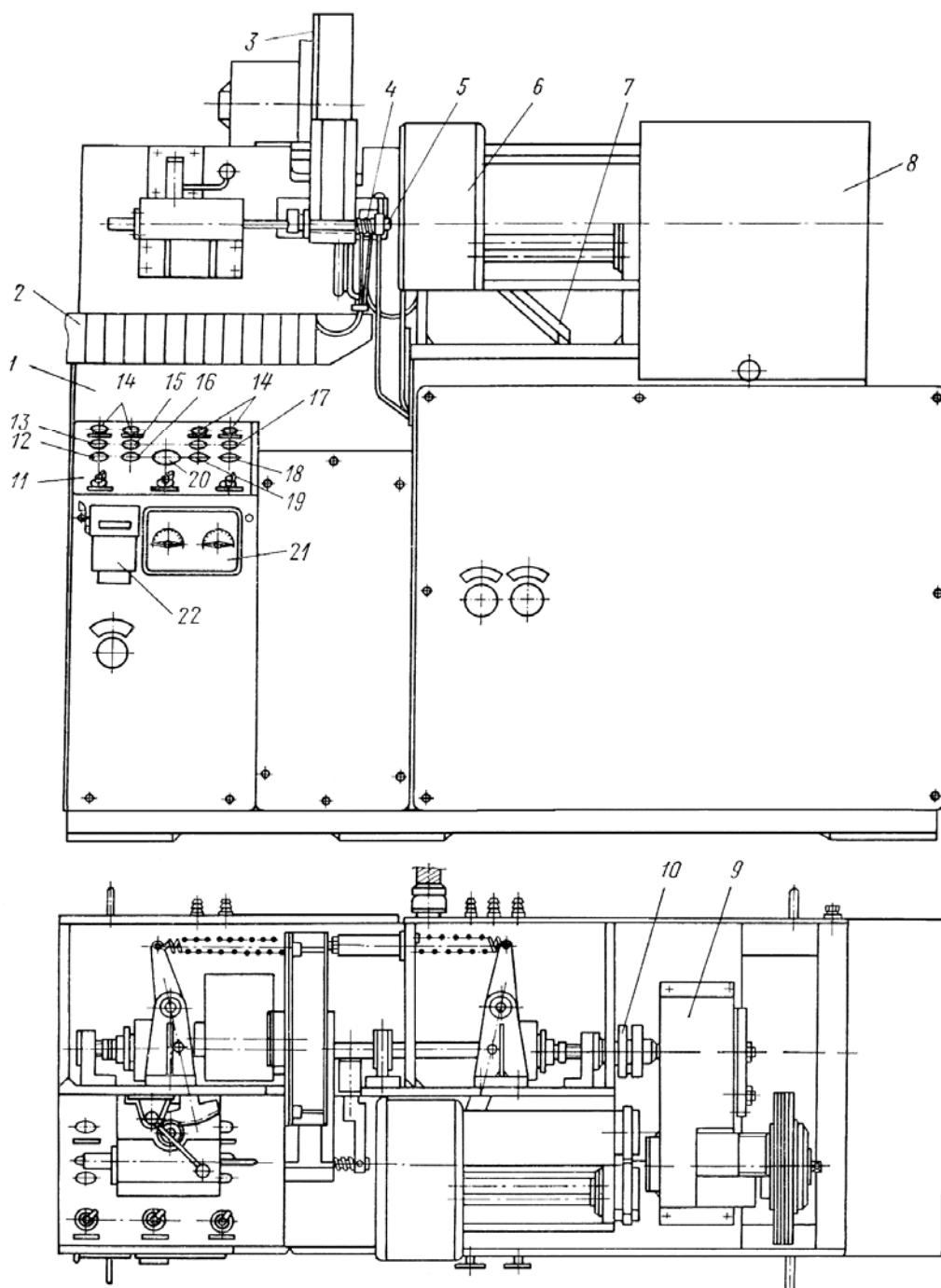


Рис. 4.18. Общий вид стана для продольно-винтового проката сверл мод. АСПС-3-5А:

- 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

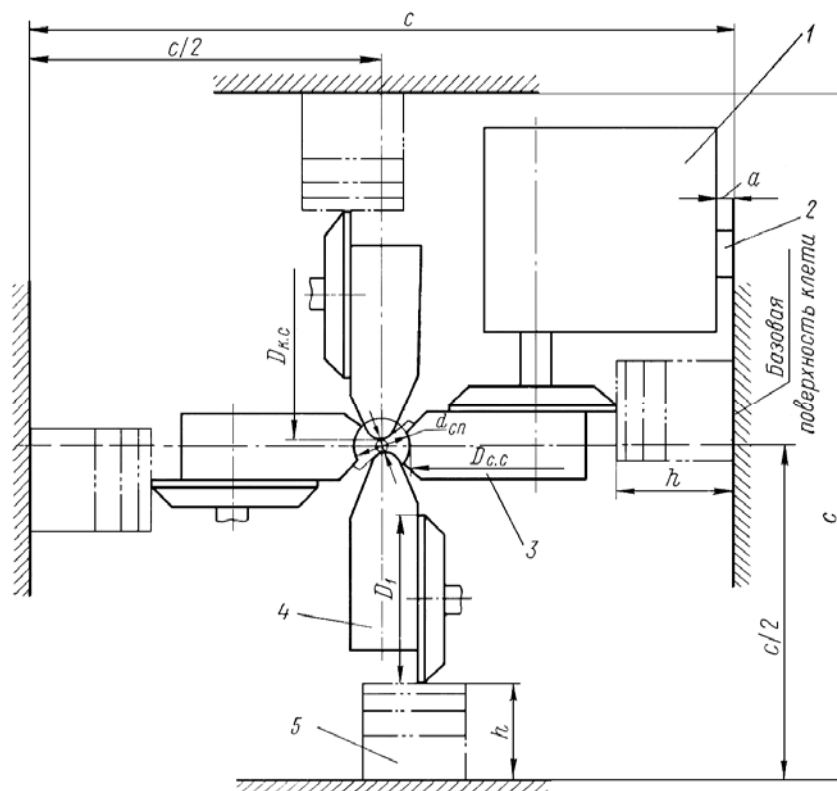


Рис. 4.19. Схема установки шпиндельных головок стана мод. АСПС-3-5А

Кинематическая схема стана приведена на рис. 4.20. Вращательное движение шпинделей стана заимствуется от электродвигателя М, 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 10, жестко установленное на валу 3, передает вращение колесам 9 с регулировочными муфтами 11 и далее через конические зубчатые колеса 12 и 19 шпинделям.

$$n_{\text{шп}} = n_{\text{дв}} \frac{D_1}{D_2} \frac{a}{b} \frac{D_3}{D_4} \frac{z_{10}}{z_9} \frac{z_{12}}{z_{13}}, \text{ об./мин.}$$

Муфты 11 предусмотрены для угловой ориентации шпинделей, необходимой для осуществления одновременного контакта формообразующих сегментов с заготовкой (в начале процесса проката). От вала 3 по второй цепи вращение через зубчатые колеса 4-5, 6-7 и сменные колеса  $c-d$  с помощью муфты 39 передается распределительному валу 38.

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



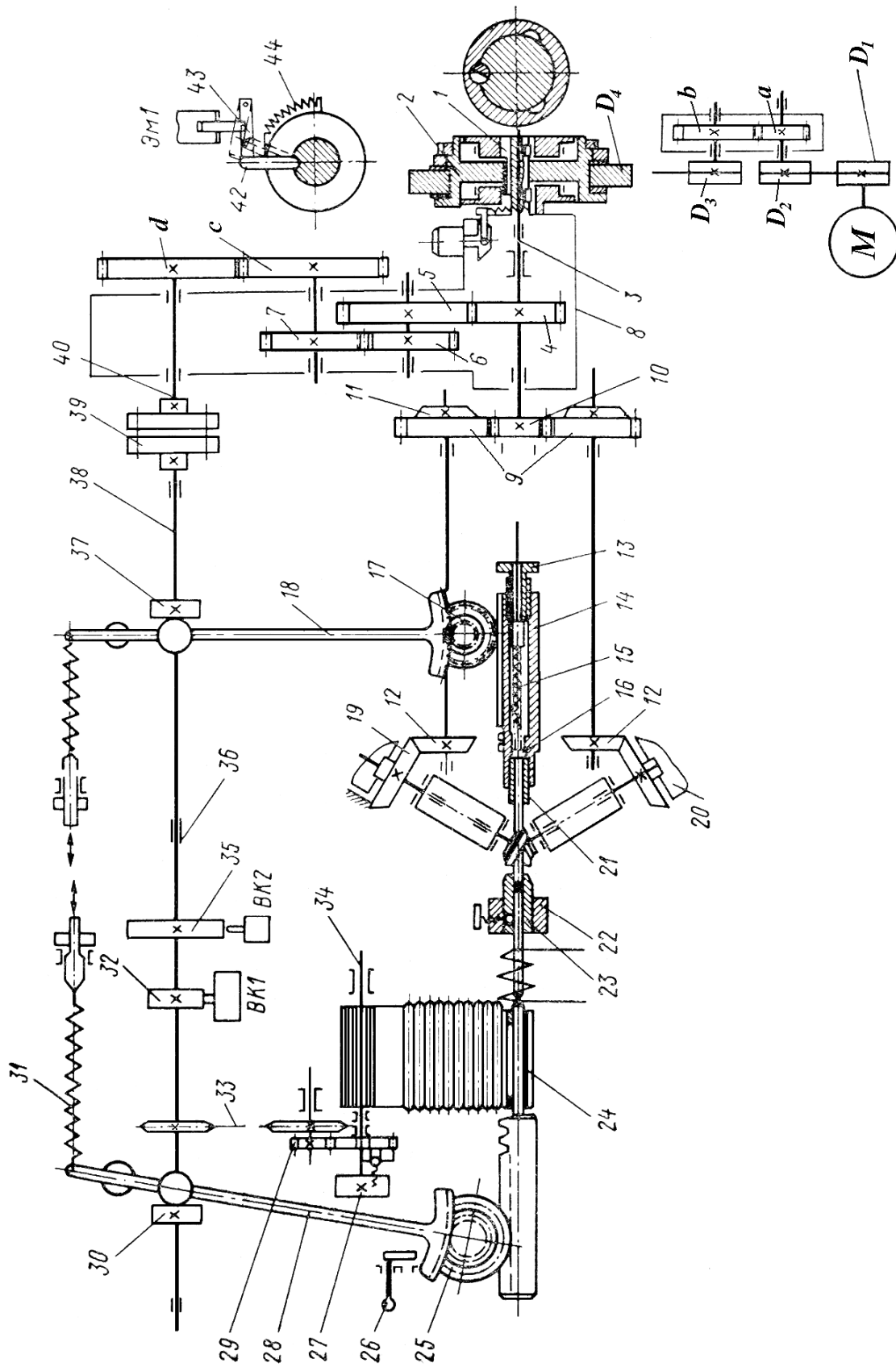


Рис. 4.20. Кинематическая схема стана мод. АСПС-3-5А

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

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

На распределительном валу 38 жестко установлен кулачок 35, который передает импульс счетчику, отсчитывающему 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 требуемое число оборотов в минуту 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.

## 5. РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ

Основными методами изготовления резьб являются:

- а) нарезание резьбы на токарных станках резьбовыми резцами и гребенками;
- б) нарезание резьбы метчиками, круглыми плашками и резьбо-нарезными головками;
- в) фрезерование резьбы (рис. 5.1);
- г) шлифование резьбы односточным и многосточным абразивным инструментом (рис. 5.2);
- д) холодное накатывание резьбы плоскими плашками и круглыми роликами (рис. 5.3);
- е) горячее накатывание резьбы круглыми роликами.

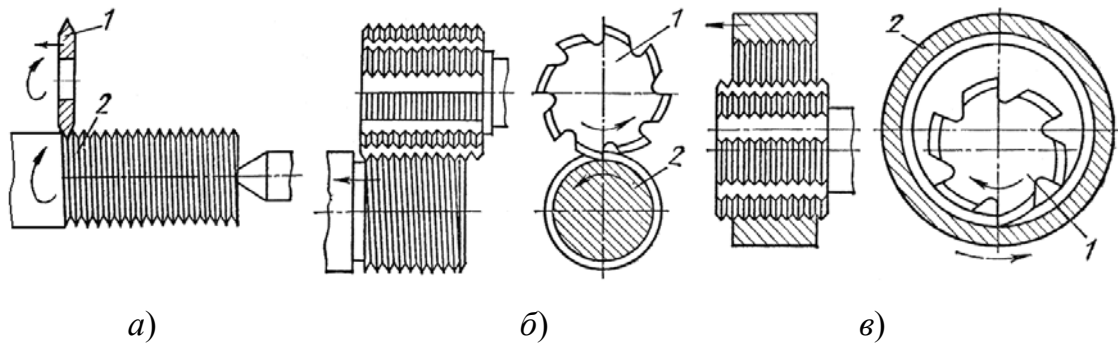


Рис. 5.1. Схемы резьбофрезерования

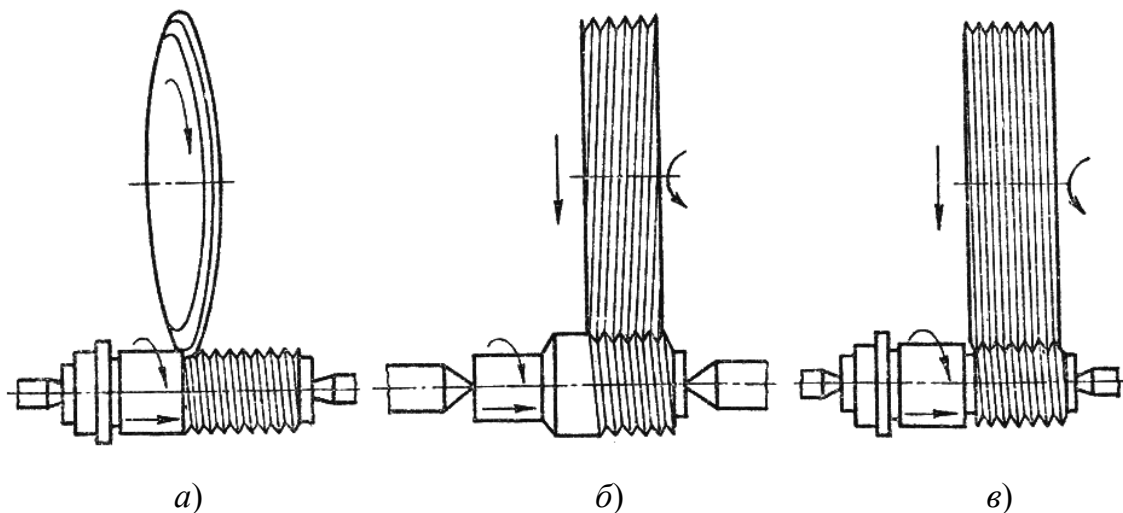


Рис. 5.2. Резьбошлифование:

- а – односточным; б – многосточным с винтовыми канавками;
- в – многосточным с кольцевыми канавками инструментом

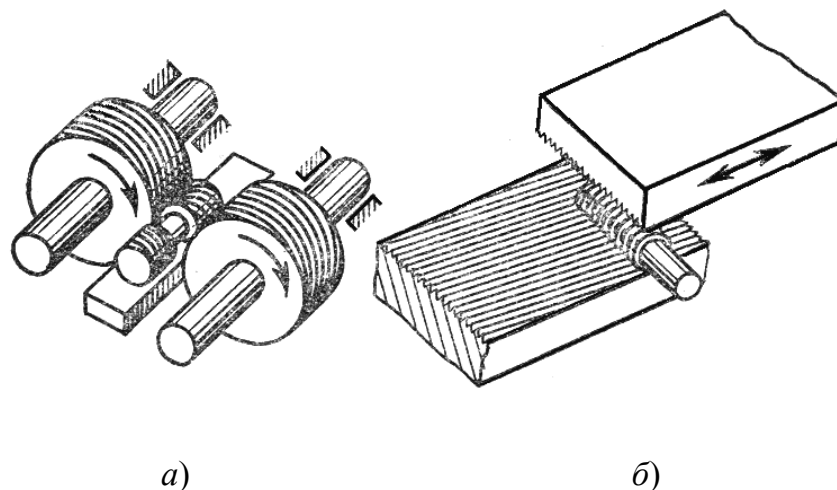


Рис. 5.3. Накатывание резьбы:  
*a* – роликами; *б* – плашками

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.

### 5.1. Токарные резьбонарезные станки

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: созданием дополнительного поворота гайки, дополнительным осевым перемещением ходового винта и применением дифференциального механизма для дополнительного поворота винта.

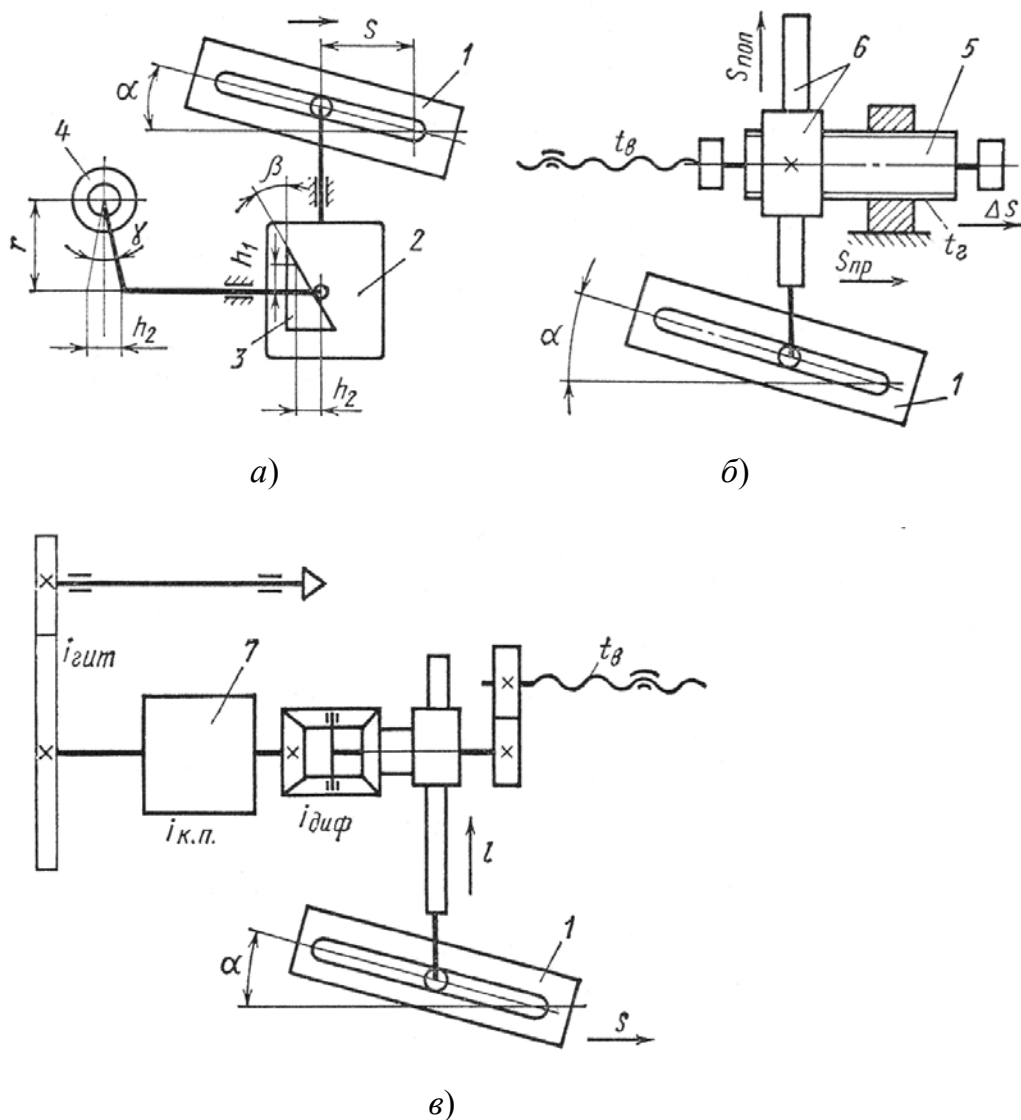


Рис. 5.4. Схемы корректирующих устройств

Поворот гайки с целью коррекции шага ходового винта может быть осуществлен с помощью установленной на суппорте станка коррекционной линейки 1 (рис. 5.4, 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 5 существует зависимость  $h_1 = s \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ,  $h_2 = h_1 \cdot \operatorname{tg} \beta$ ; 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:

$$\gamma = \frac{s \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta}{r}.$$

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

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

где  $t_{\text{в}}$  – шаг винта.

*Осевое перемещение ходового винта* станка создается при помощи коррекционной линейки  $l$  (рис. 5.4, б), соединенной с суппортом. При продольном движении суппорта линейка через реечную передачу  $б$  будет поворачивать гильзу  $5$ , имеющую резьбу с шагом  $t_{\Gamma}$ . 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  $n_{\text{р.к}}$  за один оборот шпинделя:

$$n_{\text{р.к}} = \frac{s_{\text{поп}}}{\pi m z},$$

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

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

$$\Delta s = n_{\text{р.к}} t_{\Gamma} = \frac{s \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot t}{\pi m z}.$$

*Коррекция шага ходового винта при помощи дифференциала.* Назначение дифференциала состоит в сложении двух движений: основного – от коробки подач  $7$  (рис. 5.4, в) – и дополнительного – от коррекционной линейки  $l$ . 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:

$$s_{\text{пр}} = i_{\text{шп}} i_{\text{кп}} i_{\text{диф}} t_{\text{в}},$$

где  $s_{\text{пр}}$  – продольная подача;  $i_{\text{шп}}$  – передаточное отношение гитары подач;  $i_{\text{кп}}$  – передаточное отношение коробки подач;  $i_{\text{диф}}$  – передаточное отношение дифференциала;  $t_{\text{в}}$  – шаг ходового винта.

Обозначив произведение трех передаточных отношений через  $i_{\text{общ}}$ , получим:  $s_{\text{пр}} = i_{\text{общ}} t_{\text{в}}$ .

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 тогда вид:

$$s_{\text{пр}} = (i_{\text{общ}} \pm \Delta i) t_{\text{в}}.$$

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

Из рис. 5.4, в и предыдущего уравнения имеем:

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

Подставив это значение в уравнение кинематического баланса, получим:

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

откуда

$$\Delta i = \frac{i_{\text{общ}}}{\frac{2 \pi m z}{t_{\text{в}} \cdot \text{tg} \alpha} \pm 1}.$$

**Прецизионный винторезный полуавтомат мод. 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  $5 \div 30$  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 завершению цикла обработки загорается сигнальная лампочка и станок автоматически останавливается.

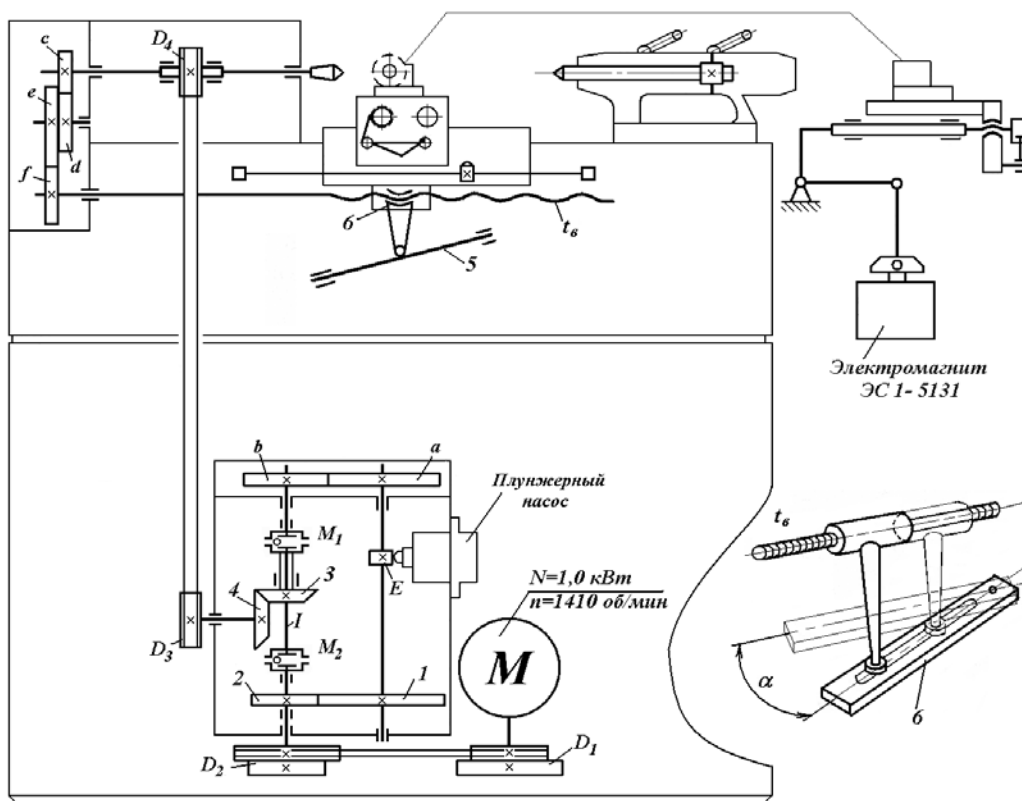


Рис. 5.5. Кинематическая схема прецизионного винторезного полуавтомата мод. 103

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, редуктор со сменными зубчатыми колесами и плоскоремennую передачу передает крутящий момент на шпиндель станка, разгруженный от натяжения ремня.

Бронзовая втулка с наружным конусом, запрессованная на передней цилиндрической шейке шпинделя, вращается вместе со шпинделем в стальном вкладыше передней опоры. Задний конец шпинделя опирается на два радиально-упорных шарикоподшипника повышенной точности с постоянным натягом, который осуществляется пружинами.

В конусном отверстии шпинделя может быть установлена цанга или планшайба. Вращение при рабочем ходе передается на шпиндель через цилиндрические зубчатые колеса 1 и 2 (рис. 5.5), сменные колеса  $a$  и  $b$ , конические колеса 3 и 4 редуктора, а при обратном ходе – через зубчатые колеса 3 и 4.

Направление вращения шпинделя изменяют путем реверсирования приводного электродвигателя.

Вал 1, 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  $\frac{a}{b}$  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 редуктора 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÷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.

$$t_H = 1_{\text{об.шп}} \frac{ce}{df} t_B, \text{ мм},$$

где  $t_H$  – шаг нарезаемой резьбы;  $t_B$  – шаг ходового винта.

Для исправления прогрессивной ошибки погрешности шага ходового винта, обусловленного неточностью его изготовления и колебаниями окружающей температуры, или изменения шага нарезаемой резьбы 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.

## 5.2. Резьбофрезерные станки

*Резьбофрезерный станок мод. 5Б63* 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, мин <sup>-1</sup> .....	160÷2500

Фреза, установленная в шпинделе XXI (рис. 5.6) фрезерной головки В, получает главное вращательное движение. Каретка фрезерной головки перемещается по горизонтальным направляющим станины А. Заготовке, закрепленной в патроне бабки изделия Б, 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 М3; 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.

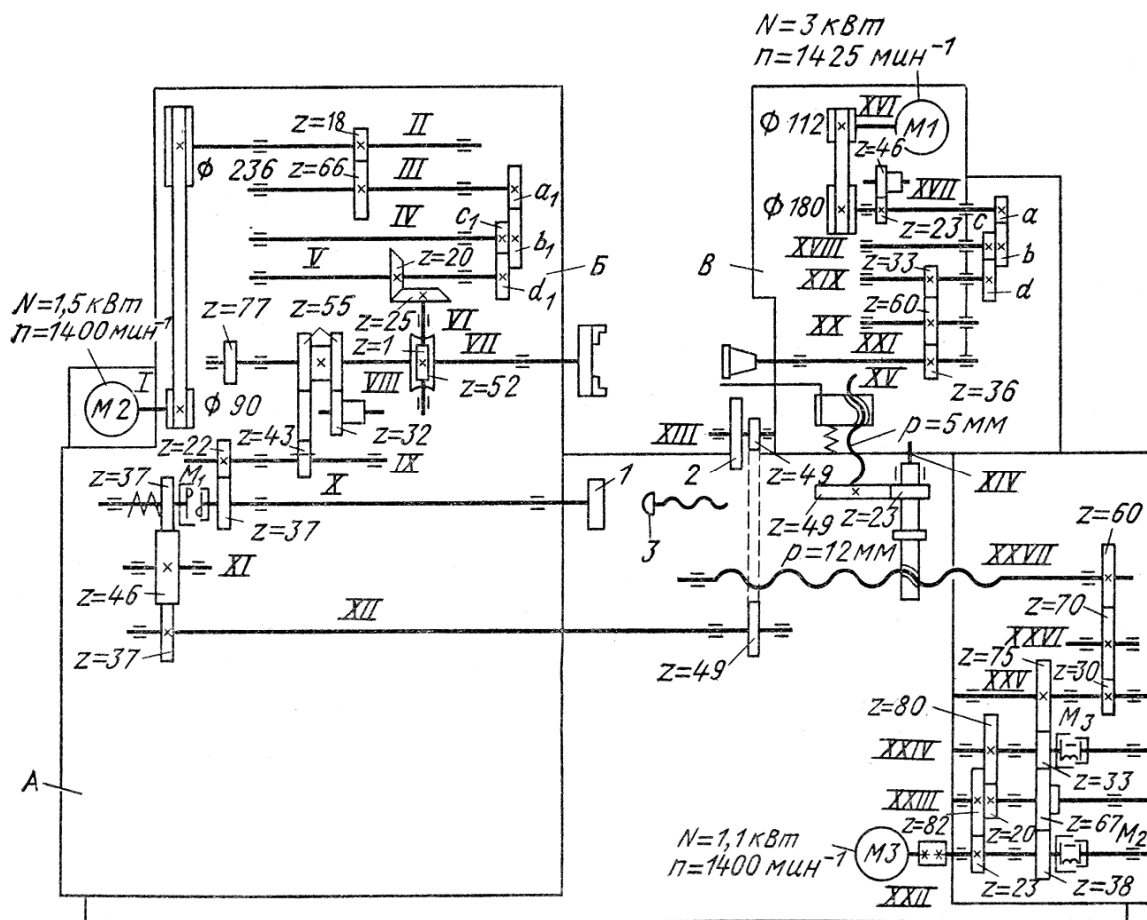


Рис. 5.6. Кинематическая схема резьбофрезерного станка мод. 5Б63

*Кинематическая схема станка.* Главное движение сообщается шпинделю фрезы от электродвигателя М1 через клиноременную передачу  $\frac{112}{180}$ , гитару сменных зубчатых колес  $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}$  и зубчатую передачу  $\frac{33}{60} \cdot \frac{60}{36}$ . Уравнение кинематического баланса главного движения:

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

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

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

Круговая подача детали осуществляется от электродвигателя М2 через клиноременную передачу, зубчатую пару, гитару сменных зубчатых колес, коническую передачу и червячную пару.

Уравнение кинематического баланса вращения шпинделя (обрабатываемой заготовки):

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

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

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:

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

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

Полный оборот заготовки необходим для формирования полного профиля резьбы, а 0,31 оборота – для врезания 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 МЗ. Быстрое перемещение ходовой винт XXVII получает при включении электромагнитной муфты  $M_2$  по следующей кинематической цепи:

$$v = 1400 \cdot \frac{38}{67} \cdot \frac{67}{33} \cdot \frac{33}{75} \cdot \frac{30}{70} \cdot \frac{70}{60} \cdot 12 \cdot 0,001 = 4, \text{ м/мин.}$$

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

$$v = 1400 \cdot \frac{23}{82} \cdot \frac{20}{80} \cdot \frac{33}{75} \cdot \frac{30}{70} \cdot \frac{70}{60} \cdot 12 \cdot 0,001 = 0,26, \text{ м/мин.}$$

### 5.3. 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 шлифования резьбы.

1. Резьба шлифуется одниточным шлифовальным кругом (рис. 5.7, *a*). Ось шлифовального круга повернута относительно оси заготовки на угол подъема резьбы. Это позволяет получить большую точность профиля шлифуемой резьбы.

2. Резьба шлифуется многиточным кругом с кольцевыми канавками заданного шага (рис. 5.7, *б*). В этом случае ширина  $b$  круга 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 круга и заготовки.

3. Если необходимо нарезать длинную резьбу многониточным шлифовальным кругом с кольцевыми канавками, то применяют конический круг. Шлифовальный круг (рис. 5.7, *з*) заправлен на конус с углом  $\gamma = 5 \div 10^\circ$ , поэтому при продольном перемещении заготовки происходит постепенное врезание круга, и только последние его нитки образуют резьбу полного профиля.

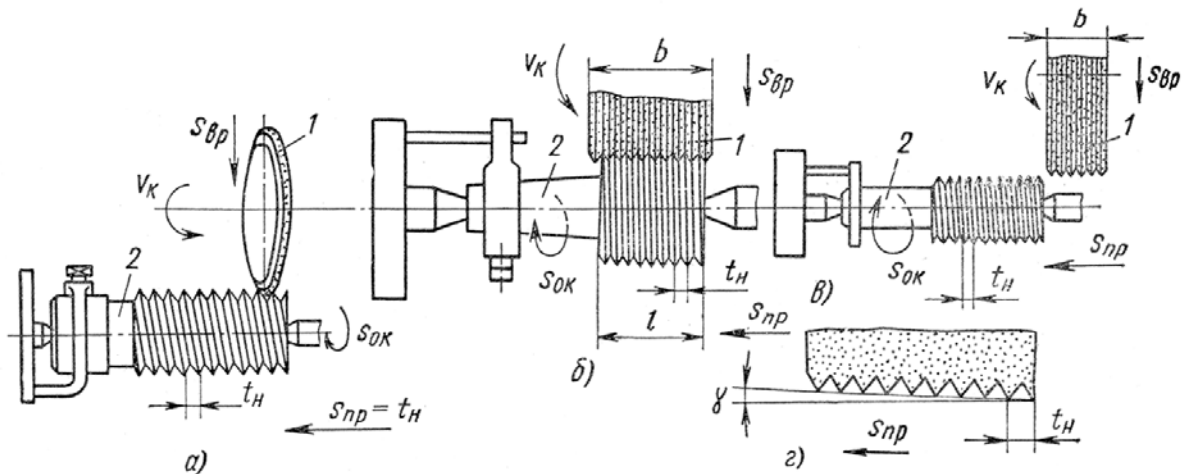


Рис. 5.7. Схемы шлифования резьбы

**Резьбошлифовальный станок мод. 5822М.** Станок 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 однониточным и многониточным кругами.

*Техническая характеристика станка:*

Диаметры шлифуемых резьб, мм:

- однониточным кругом ..... 3÷150
- многониточным кругом ..... 10÷120

Наибольшая длина шлифуемой резьбы, мм:

- однониточным кругом ..... 375
- многониточным кругом ..... 335

Шаг шлифуемой резьбы:

- однониточным кругом:
  - метрической, мм ..... 0,25÷24
  - дюймовой, число ниток на 1" ..... 28÷3

модульной, мм .....	$0,3\pi \div 14 \pi$
– многониточным кругом:	
метрической, мм .....	$1 \div 4$
дюймовой, число ниток на 1" .....	$24 \div 6$
Диаметр абразивного инструмента, мм:	
– наибольший .....	400
– наименьший .....	300

Основные узлы станка (рис. 5.8): станина коробчатой формы, по горизонтальным направляющим которой перемещается стол; передняя бабка с приводом вращения заготовки и шпинделем 1; задняя бабка (на схеме не показана); шлифовальная бабка 5 с индивидуальным приводом от электродвигателя 6.

Для вращения шпинделя изделия применен бесступенчатый электродвигатель 9 постоянного тока, питаемый от электромашиного усилителя с широким диапазоном регулирования. Станок имеет дифференциал, с помощью которого можно затыловать детали со спиральными канавками.

Главное движение (вращение шлифовального круга) осуществляется от электродвигателя 6 через ременную передачу со сменными шкивами 7 и 8. Круговая подача (вращение заготовки) производится электродвигателем 9 через ременную передачу со шкивами 10–11 и червячную пару 12–13. Продольная подача стола с заготовкой осуществляется от шпинделя 1 через зубчатые колеса 14–15 или 16–17, 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

$$\frac{a}{b} \frac{c}{d} = C \frac{kt_{\text{н}}}{t_{\text{в}}},$$

где  $k$  – число заходов резьбы;  $C$  – постоянная цепи ( $C = 4$  или  $1$ );  $t_{\text{н}}$  – шаг шлифуемой резьбы;  $t_{\text{в}}$  – шаг ходового винта.

Поперечное перемещение шлифовальной бабки 5 осуществляется вручную маховичком 37 через колеса 40–41 или 42–43 на ходовой винт 66 или механически от электродвигателя 3 через зубчатые колеса 52–55, червячную пару 54–55, колеса 62–63, храповой механизм 65–64 и колеса 60–61, 58–57–56 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 ( $a_1-b_1, c_1-d_1$ ) и затылования ( $a_2-b_2$ ).

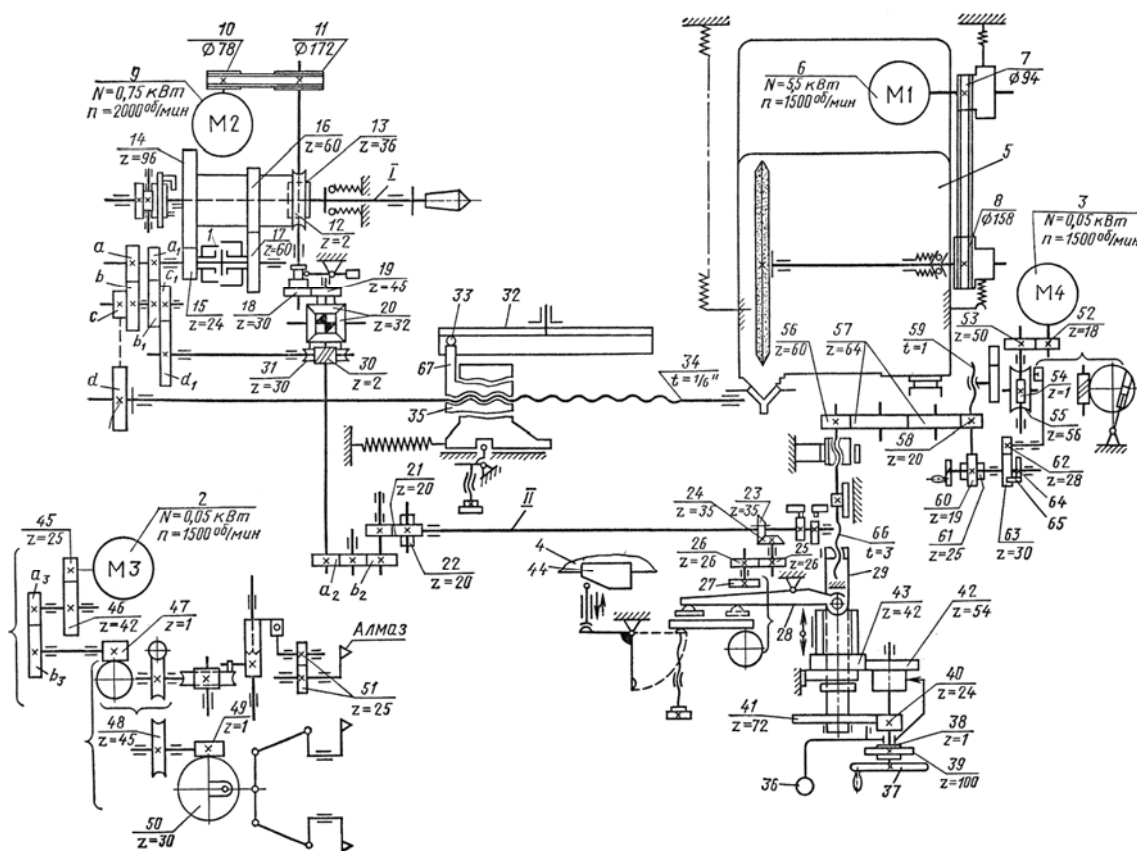


Рис. 5.8. Кинематическая схема резьбошлифовального станка мод. 5822М

Цепь перемещения шлифовальной бабки при затыловании берет начало от шпинделя изделия и далее через червячную пару 13–12, зубчатые колеса 18–19, дифференциал 20, сменные колеса  $a_2-b_2$ , зубчатые колеса 21–22, вал II, коническую пару 23–24, колеса 25–26, кулачок 27, рычаг 28 и винтовую пару 29–66 передает движение бабке 5 со шлифовальным кругом. Число зубьев сменных колес гитары затылования подсчитывают по формуле

$$a_2/b_2 = C_3 / z_k,$$

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

Цепь дополнительного поворота при затыловании инструмента с винтовыми канавками идет от шпинделя изделий 1 через зубчатые колеса 14–15 или 16–17, сменные колеса гитары дифференциала  $a_1-b_1, c_1-d_1$ , червячную пару 30–31 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  $s = \pi D_{\text{cp}} C \cdot \text{tg} \beta$ ;  $D_{\text{cp}}$  – 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 38–39 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 шлифовального круга приводится в движение от электродвигателя 2 через зубчатые колеса 45–46, сменные колеса  $a_3$ – $b_3$ , червячные пары 47–48 и 49–50 и колеса 51.

**Резьбошлифовальный полуавтомат с ЧПУ мод. ВЗ-678Ф4.** Предназначен для шлифования винтовых поверхностей методом профильного шлифования с применением смазочно-охлаждающей жидкости, а также выполнять шлифование многониточным абразивным инструментом. Профилирование абразивного инструмента осуществляется непосредственно на полуавтомате.



Рис. 5.9. Резьбошлифовальный полуавтомат с ЧПУ мод. ВЗ-678Ф4

*Техническая характеристика станка:*

Наибольший диаметр заготовки, мм: .....	350
Наибольшая длина заготовки, мм.....	600
Наибольшая длина шлифования, мм.....	450
Наибольший угол подъема винтовой линии, град.....	30
Частота вращения абразивного инструмента, об./мин .....	1500÷2750
Количество управляемых осей координат .....	6
Диаметр абразивного инструмента, мм:	
– наибольший.....	350
– наименьший .....	250
Наибольшие рабочие перемещения:	
– продольного стола с заготовкой (ось <i>X</i> ), мм .....	600
– вертикального абразивного инструмента (ось <i>Y</i> ), мм.....	300
– поперечного абразивного инструмента (ось <i>Z</i> ), мм.....	300
– каретки механизма правки (ось <i>U</i> ), мм.....	70
– поворот шпинделя бабки изделия (ось <i>A</i> ), град.....	не ограничено
– поворот шлифовальной бабки на угол наклона зуба (ось <i>C</i> ), град.....	±30
Система ЧПУ .....	SINUMERIK840D
Мощность главного привода, кВт .....	4,0
Габаритные размеры станка, мм.....	3000 × 2400 × 2350
Масса, кг .....	8000

## **6. 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 канавками между зубьями закрепляют на станке. Фреза совершает вращательное движение. Для сообщения резцу возвратно-поступательного движе-

ния 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. 6.1 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. 6.1). 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*.

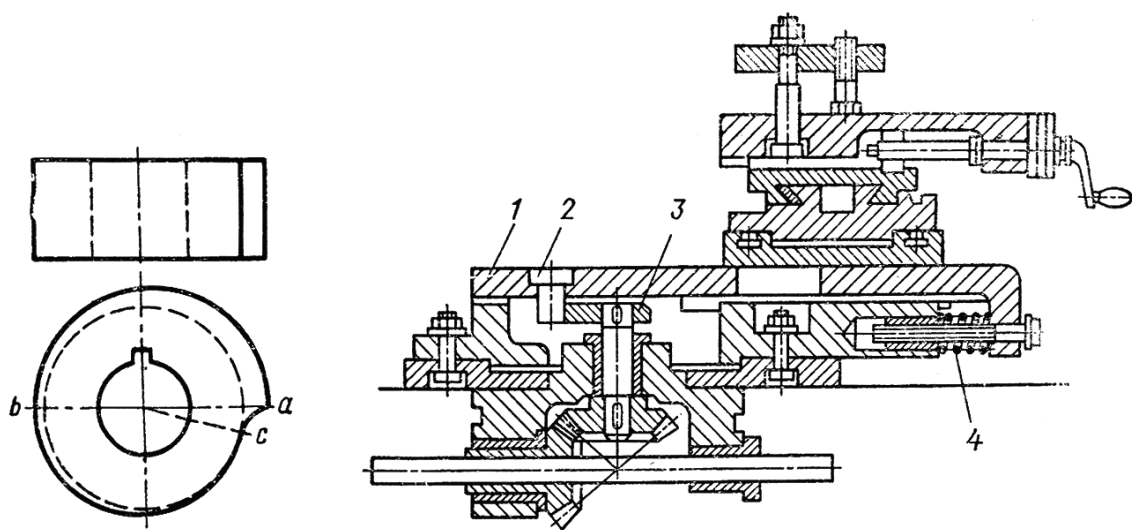


Рис. 6.1. Эскизы сменного кулачка и суппорта токарно-затыловочного станка

В зависимости от вида затылуемого инструмента и характера затылования существуют различные схемы движений инструмента и заготовки при затыловании.

Затылование дисковых фасонных фрез происходит при непрерывном и равномерном вращении фрезы и непрерывно повторяющемся возвратно-поступательном движении резца в поперечном на-

правлении (рис. 6.2, 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.

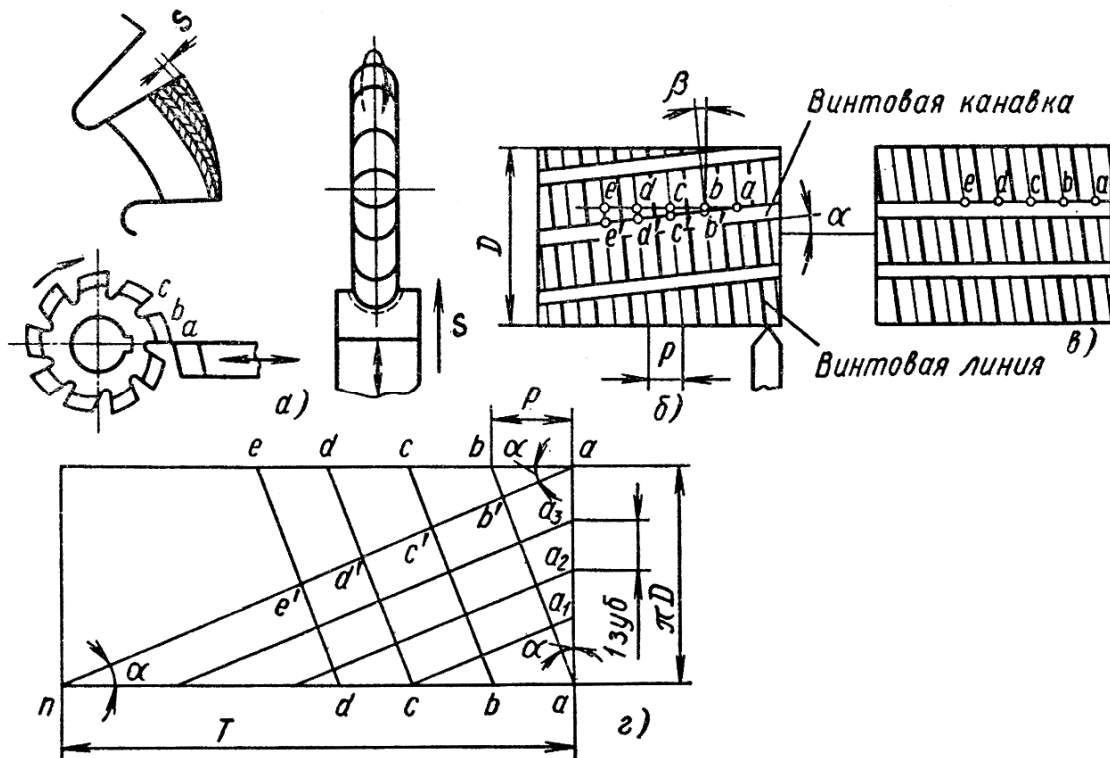


Рис. 6.2. Схемы затылования фрез

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

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

1 об. (оборота) шпинделя →  $z$  двойных ходов резца →  $z$  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.

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

$n$  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.

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

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

1 об. шпинделя →  $z$  об. кулачка;

1 об. шпинделя →  $P$  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. 6.2, 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. 6.2, 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 т. д. 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 6.2, 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 обозна-

чены 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  $b'b$ :

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

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 мод. 1Б811.** На станке, приведенном на рис. 6.3, 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 мод. 1Б811 имеются дополнительные устройства, обеспечивающие его работу по полуавтоматическому циклу.

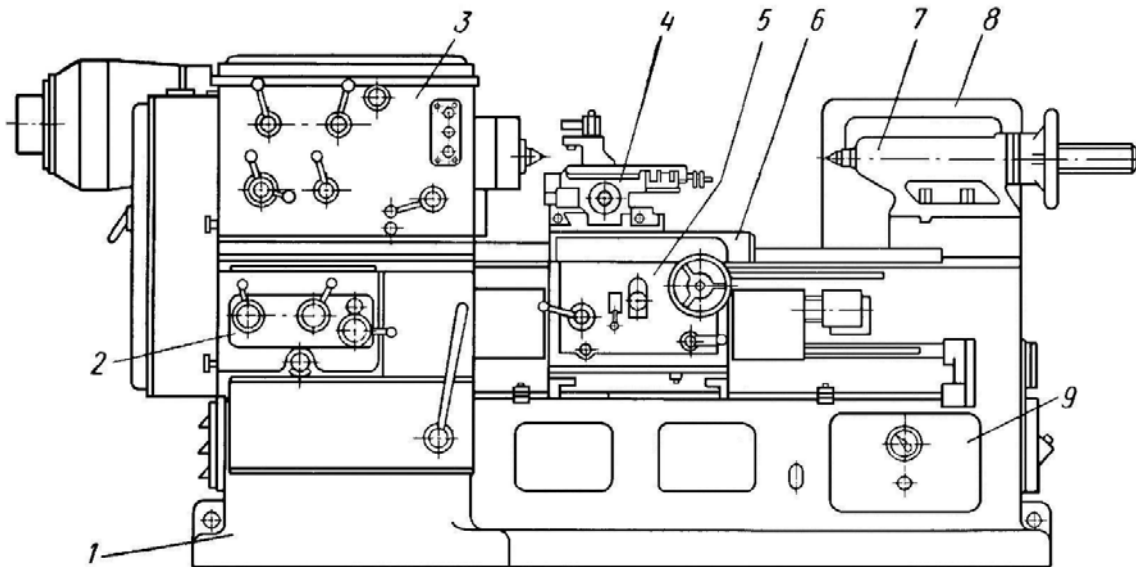


Рис. 6.3. Общий вид универсального токарно-затыловочного станка мод. 1Б811:  
 1 – станина; 2 – коробка подач; 3 – передняя бабка с коробкой скоростей;  
 4 – суппорт; 5 – фартук; 6 – каретка; 7 – задняя бабка;  
 8 – электрошкаф; 9 – гидропривод

*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

*Принцип работы.* Затылуемый инструмент закрепляется на оправке в центрах станка и получает вращательное движение. Режущий инструмент устанавливают в затыловочном суппорте, которому со-

общается 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. 6.4). 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:

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

Продольная подача суппорта от ходового вала осуществляется при выключенной гайке ходового винта и включенной муфте М<sub>5</sub>.

Уравнение кинематического баланса:

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

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.



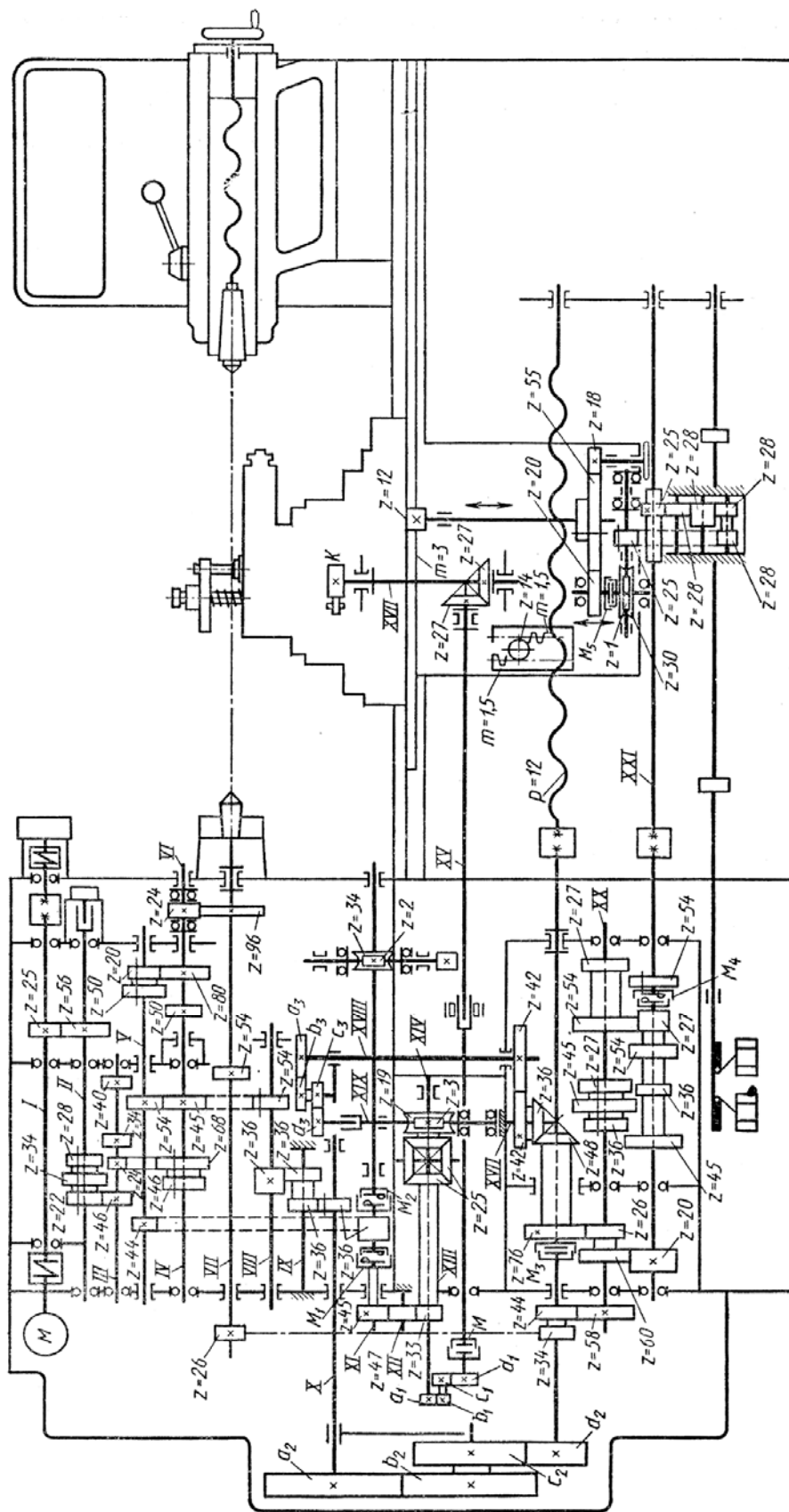


Рис. 6.4. Кинематическая схема универсального токарно-затыловочного станка 1Б811

Расчетные перемещения конечных звеньев винторезной цепи станка:

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

Уравнение кинематического баланса винторезной цепи при работе без перебора:

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

откуда формула настройки винторезной гитары будет иметь вид:

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

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

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

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

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

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

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

Для дюймовой резьбы  $P = 25,4/k$ ,  
где  $k$  – число ниток на дюйм резьбы, т. е.

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

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

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

где  $z$  – число зубьев затылуемой фрезы.

Уравнение кинематического баланса цепи деления:

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

откуда  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{3z}{40}$  или  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{3z}{10}$ .

Храповая муфта М предназначена для выключения вращения кулачка К 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:

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

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

1 об. шпинделя →  $S$  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  $\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3}$ . 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:

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

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

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

$n$  мин<sup>-1</sup> электродвигателя  $\rightarrow n$  мин<sup>-1</sup> 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 передается дополнительное вращение кулачку.

В этом случае муфту  $M_3$  включают, а тройной блок на валу XX выключают, и движение от ходового винта передается кулачку К через конические колеса 48/36, цилиндрическую зубчатую передачу 42/42, сменные зубчатые колеса  $\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3}$ , червячную передачу 3/19, дифферен-

циал, гитару деления  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$  и коническую пару колес 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):

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

Так как  $\frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{P}{12}$  и  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{3z}{10}$ , то  $\frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} = \frac{380}{T}$ , а при работе с перебором  $i_{\text{пер}} = \frac{1}{16} \cdot \frac{a_3}{b_3} \cdot \frac{c_3}{d_3} = \frac{1520}{T}$ .

**Токарно-затыловочный станок мод. ДН 250/4** в стандартном исполнении предназначен главным образом для затылования и затыловочного шлифования режущих инструментов, особенно червячных фрез. Режущие инструменты могут быть исполнены в виде дисков или с шагом резьбы, однозаходными или многозаходными, а также с прямыми и винтообразными стружечными канавками.

Основанием станка является проходящая тумба, на которой закреплены следующие узлы: станина, коробка передней шпиндельной бабки и первичная коробка скоростей. На станине станка перемещается на горизонтально расположенных направляющих нижняя каретка суппорта и задняя бабка.

Привод главного движения осуществляется регулируемым электродвигателем постоянного тока. Ускоренный отвод нижней каретки суппорта происходит путем реверсирования направления привода и более высокого числа скоростей привода. Частота вращения шпинделя при подаче и отводе предварительно выбираются независимо друг от друга.

Шпиндель станка можно выборочно приводить в действие через червяк или цилиндрическое зубчатое колесо. Шаг резьбы или червяка, шаг стружечной канавки и число ниток изделия достигаются через сменные зубчатые колеса, число стружечных канавок и подачу через механизм переключения.

Величина хода затыловочного суппорта бесступенчато регулируется. Положение между дисковым кулачком и стружечной канавкой изделия можно выборочно изменять во время работы станка. Гидравлический амортизатор амортизирует возникающие при обратном ходе толчки.

Вся коробка скоростей снабжается маслом через трубопроводы гидросистемы, смазка ходового винта и направляющих салазок осуществляется автоматической системой центральной смазки.

Станок стандартного исполнения снабжен электрической системой управления, при помощи которой возможно выполнить полуавтоматический цикл. К этому относятся: реверсирование станка от подхода на отход и отвода инструмента после окончания подхода каретки продольного суппорта, останов станка после окончания отхода каретки продольного суппорта или реверсирование станка от отхода на подход и смещение инструмента в рабочее положение. Автоматический делительный процесс при обработке многозаходных изделий можно включать или вручную через кнопку, или автоматически в полуавтоматическом рабочем процессе при начале отхода каретки продольного суппорта.

Станок с системой управления позиционированием предназначен для автоматического затылования режущих инструментов. Режущие инструменты могут быть выполнены в виде дисков или с шагом резьбы, однозаходными или многозаходными, а также с прямыми, как и с винтообразными стружечными канавками. Затылование возможно в радиальном и косом направлении от передней стороны станка.

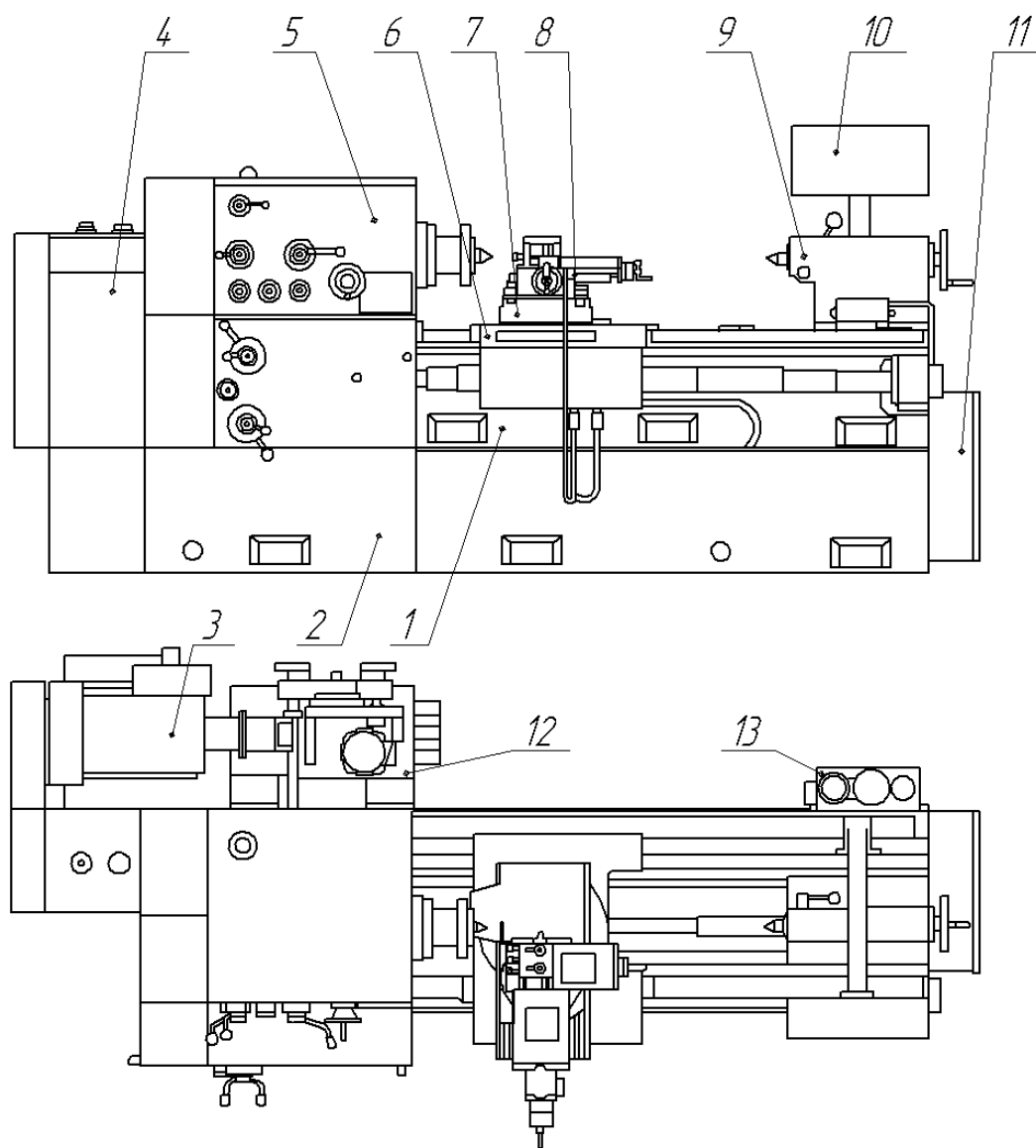
Принципиальная конструкция станка с системой управления позиционированием соответствует стандартной конструкции станка. Полуавтоматический рабочий цикл стандартного станка расширяется управлением позиционирования на подачу глубины резания и изменение числа оборотов во время цикла выполнения программы.

Движения подачи крестового суппорта выполняются шаговыми двигателями. Подача «на стружку» происходит у изделий с шагом резьбы после каждого прохода режущих кромок или по числу проходов режущих кромок, которое соответствует числу заходов изделия, и при дискообразных изделиях после каждого оборота изделия. После достижения окончательного размера станок останавливается. Во время цикла выполнения программы станок может работать четырьмя разными числами оборотов. Значения программы вводятся через декадные переключатели и переключатели режимов работы (ПРР), соответствующее расстояние инструмента от окончательного размера показывают светящиеся цифры у панели управления. Величину запрограммированной подачи «на стружку» можно изменять во время рабочего цикла.

На рис. 6.5 станок изображен без распределительного электрошкафа.

Основание станка (рис. 6.5) представляет собой проходящую тумбу, основание станины 2, на котором закреплены: станина 1, ко-

робка скоростей 5 и первичная коробка скоростей 4. Станина и коробка скоростей на торцевой стороне кроме того еще соединены между собой винтами и штифтами. На задней стороне основания станины закреплены главный электродвигатель 3, гидроагрегат 12 и смазочный агрегат 13.



*Рис. 6.5.* Общий вид универсального токарно-затыловочного станка мод. DH 250/4:

1 – станина станка; 2 – основание станка; 3 – главный электродвигатель;  
 4 – первичная коробка скоростей; 5 – передняя бабка; 6 – каретка  
 продольного суппорта; 7 – затыловочный суппорт; 8 – крестовый суппорт;  
 9 – задняя бабка; 10 – панель управления; 11 – коробка для присоединения  
 электрических проводов; 12 – гидроагрегат; 13 – агрегат системы смазки

Привод станка происходит при помощи регулируемого электродвигателя постоянного тока, расположенного за станком на консоли. Установленный у главного двигателя вентилятор с индивидуальным приводом охлаждает двигатель постоянного тока. С помощью воздушного фильтра, расположенного на главном двигателе, всасывается воздух и его струя направляется при выходе через гидроагрегат для охлаждения масла.

Воздушный фильтр защищает электродвигатель от пыли и инородных тел. Нельзя работать двигателем без фильтра. Для подхода и ускоренного отвода каретки продольного суппорта главный электродвигатель сохраняет его направление вращения. Но числа оборотов для этого можно предварительно выбрать независимо друг от друга. Сила от электродвигателя к первичной коробке скоростей передается клиновыми ремнями. Для изменения натяжения ремней двигатель перемещается на консоли, при этом необходимо обратить внимание на точную соосность ременного шкива двигателя относительно ременного шкива первичной коробки скоростей. В консоли помещен сглаживающий дроссель для главного электродвигателя.

Первичная коробка скоростей исполнена в качестве редуктора и включаемого реверсивного механизма для подвода и отвода шпинделя станка. Передача содержит три многодисковых электромагнитных муфты, одна из которых действует в качестве тормоза передачи. Кинематическая цепь для подхода состоит из двухступенчатой передачи, включаемой вручную. Соединение между первичной коробкой скоростей и главной передачей, расположенной в шпиндельной бабке, выполняется при помощи зубчатой муфты с круговыми зубьями.

В коробку скоростей входит шпиндель станка, главная передача для привода шпинделя станка, механизм подач для привода ходового винта, передача с переменными скоростями для изготовления канавок для привода ходового вала и делительное приспособление для многозаходных изделий.

Опоры шпинделя III станка (рис. 6.6) выполнены в виде подшипников скольжения и качения. Передняя опора шпинделя станка выполнена в виде регулируемого подшипника со скользящими сегментами и двух осевых подшипников скольжения, средняя – в виде двухрядного роликоподшипника с цилиндрическими роликами. Задний конец шпинделя, на котором расположено ведущее колесо привода подачи, опирается на радиальный шарикоподшипник с повышенным радиальным зазором. Главная передача содержит только непосредственный привод шпинделя станка (вал I, II, червячный вал,



шпиндель станка, рис. 6.6). Через зубчатую муфту с круговыми зубьями, расположенную на левом конце вала I (рис. 6.6), передается движение вращения от первичной коробки скоростей на главную передачу. При затыловании и затыловании шлифовальным кругом шпиндель станка приводится в движение через червячную передачу с регулируемым зазором зуба и откидываемым червяком (рис. 6.6) и при частоте вращения вала I выше 40 об./мин через цилиндрическую зубчатую передачу.

Изменение вида привода шпинделя станка происходит ручным переключением.

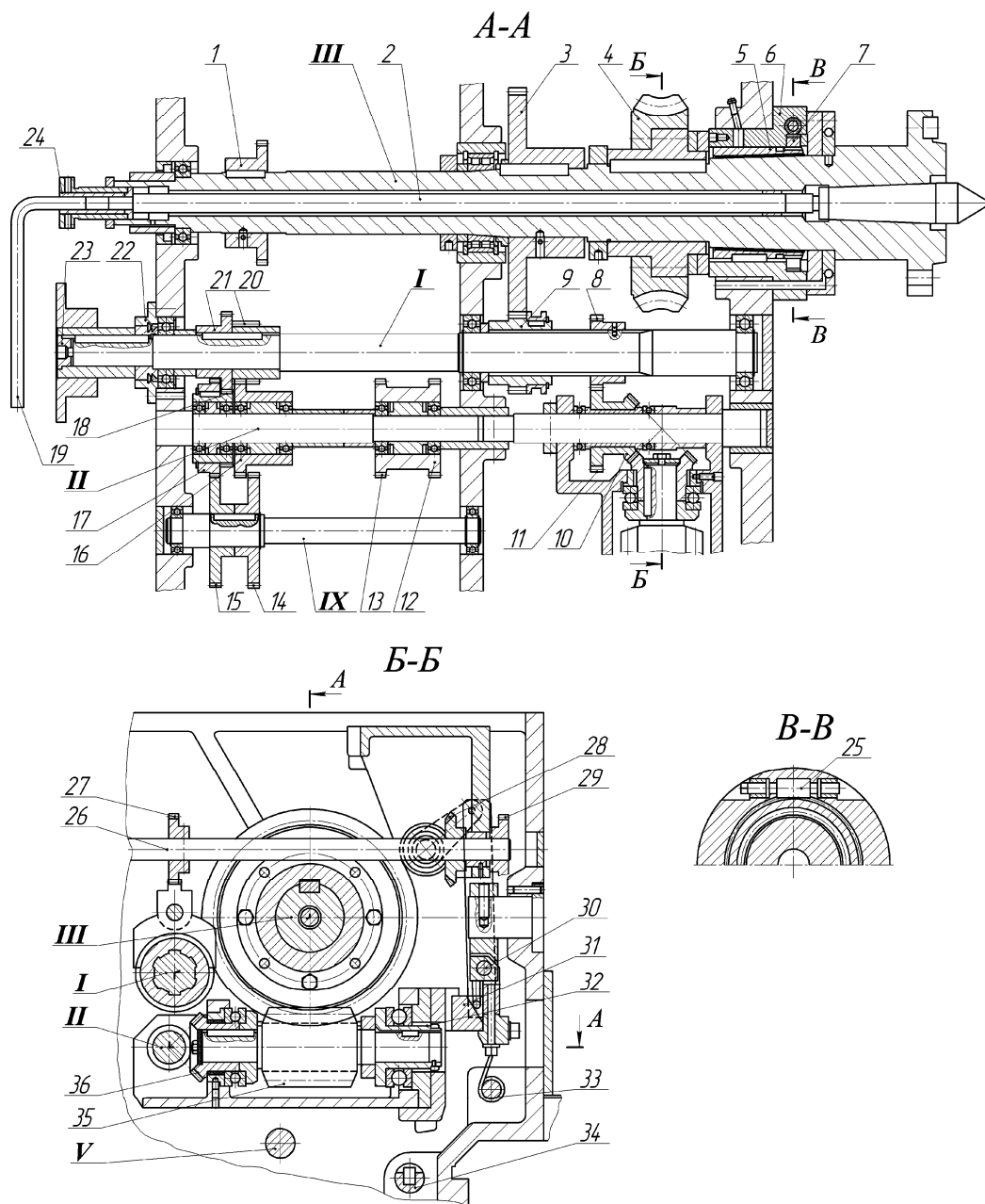


Рис. 6.6. Бабка шпиндельная

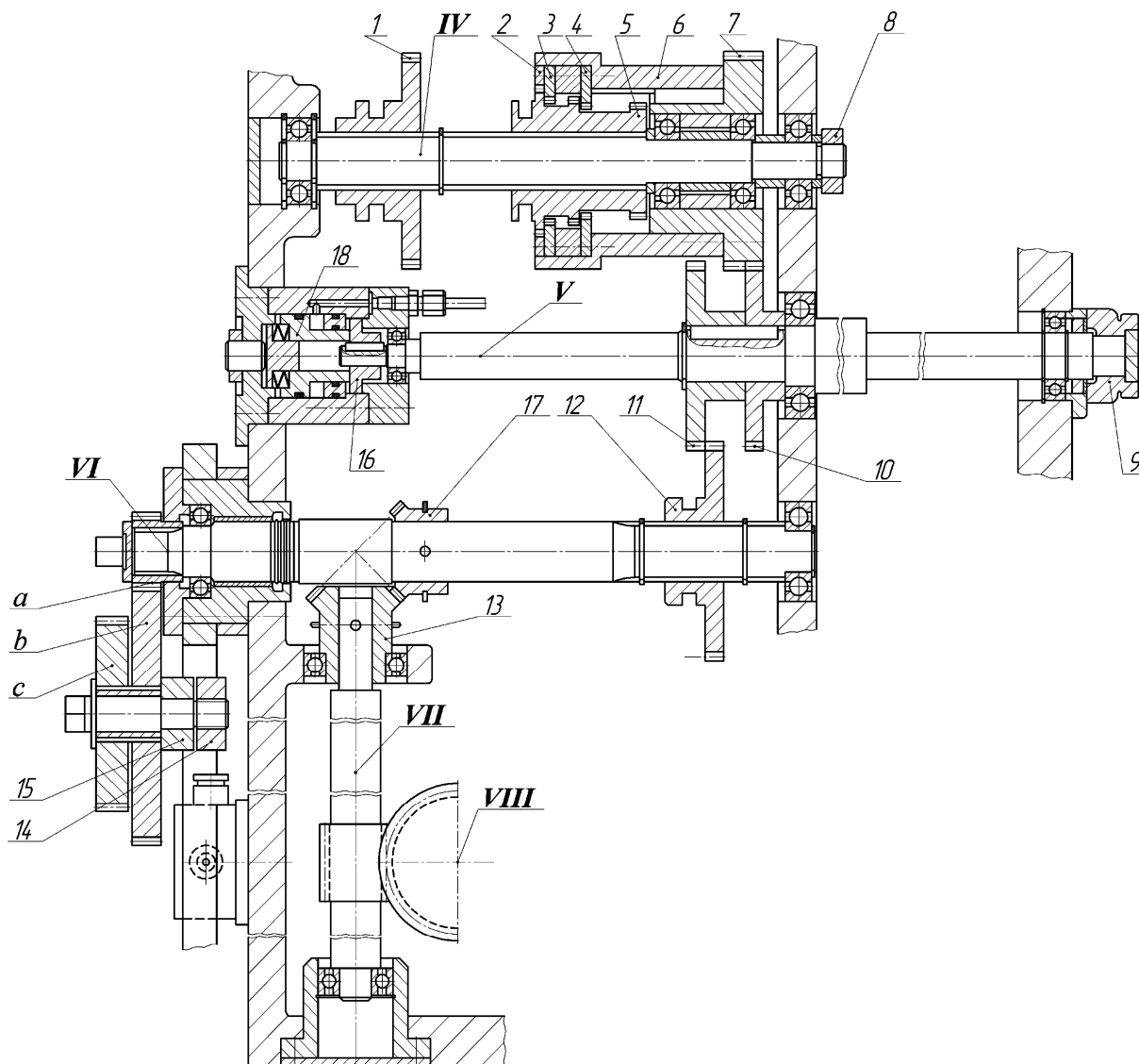


Рис. 6.7. Разрез по валам IV, V, VI

Главная передача обеспечивает два диапазона подачи – диапазон подачи  $1 : 1$  и диапазон подачи  $16 : 1$  (при приводе шпинделя станка через червяк) или  $1,6 : 1$  (при приводе шпинделя станка через цилиндрическое зубчатое колесо). Диапазон подачи  $1 : 1$  осуществляется непосредственно от шпинделя станка (зубчатое колесо  $1$  (рис. 6.7) находится в зацеплении с зубчатым колесом  $1$  (рис. 6.5)), диапазон подачи  $16 : 1$  или  $1,6 : 1$  обеспечивается от вращающегося с более высокой частотой оборотов входного вала I (рис. 6.6), зубчатое колесо  $1$  (рис. 6.7) находится в зацеплении с зубчатым колесом  $16$  (рис. 6.6). После этого вращение передается на делительный блок делительного механизма (зубчатые колеса от  $2$  до  $5$ , рис. 6.7) и реверсивную передачу (зубчатые колеса  $7$ ,  $11$  и  $12$ , рис. 6.7), во включенном состоянии. Кроме того, достигаются подачи для точения через

шестиступенчатую передачу с передвигными зубчатыми колесами (вал VIII, рис. 6.10, и вал II, рис. 6.8) и шаги резьбы и червяка через сменные зубчатые колеса (*a*, *b*, *c*, рис. 6.7, и *d*, рис. 6.8).

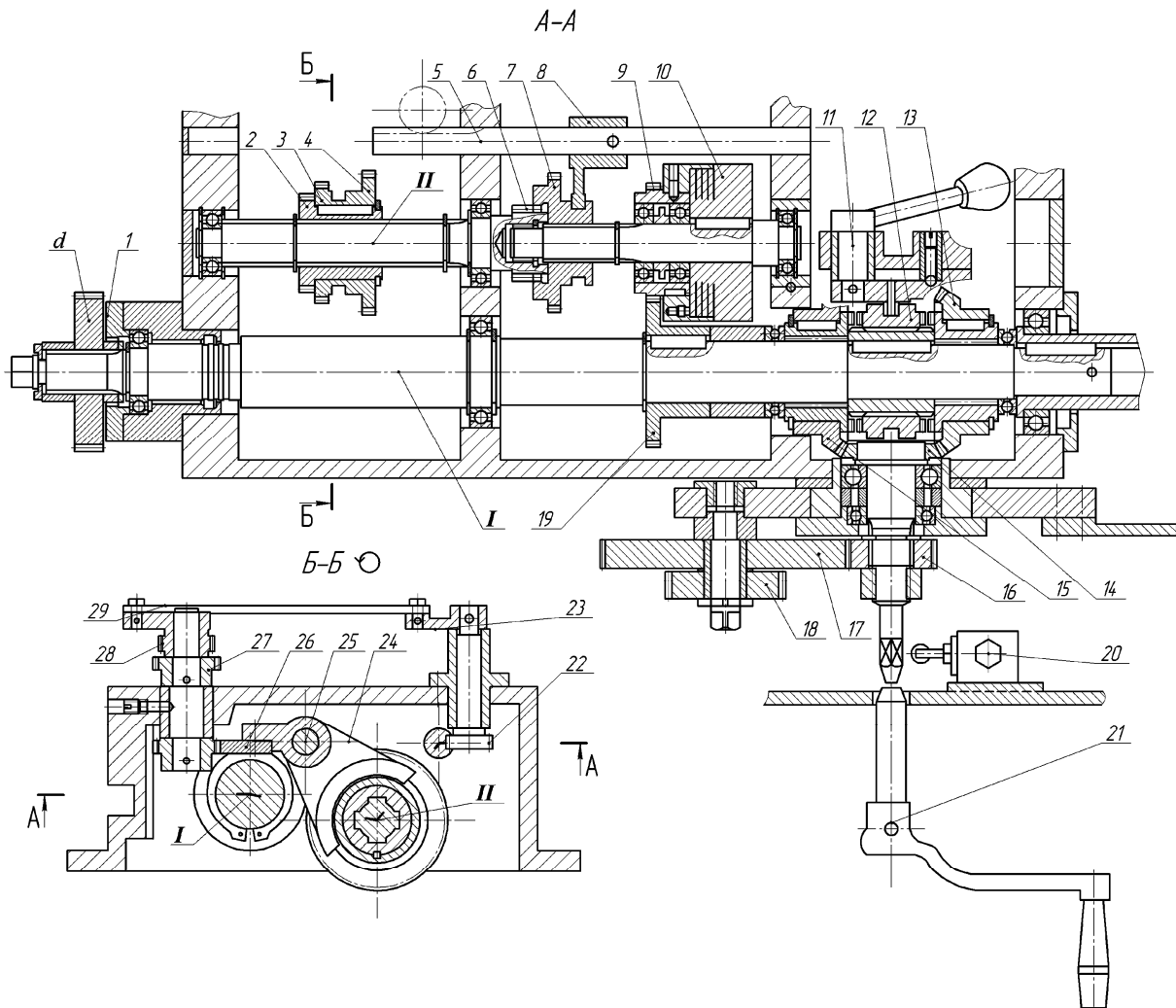


Рис. 6.8. Механизм подачи

Привод передачи со сменными колесами для изготовления канавок осуществляется от входного вала главной передачи (зубчатое колесо 21, рис. 6.6). Передача со сменными колесами для изготовления канавок состоит из реверсивной передачи (зубчатое колесо 14, рис. 6.6, и 1, 5, рис. 6.9), механизма переключения, состоящего из 27 ступеней, и из пары сменных зубчатых колес ( $a_1$ ,  $b_1$ , рис. 6.9 и 6.10). Механизм переключения состоит из девятиступенчатой передачи с вытяжной шпонкой и тройного блока 21 (вал XII, XIII и XIV, рис. 6.10).

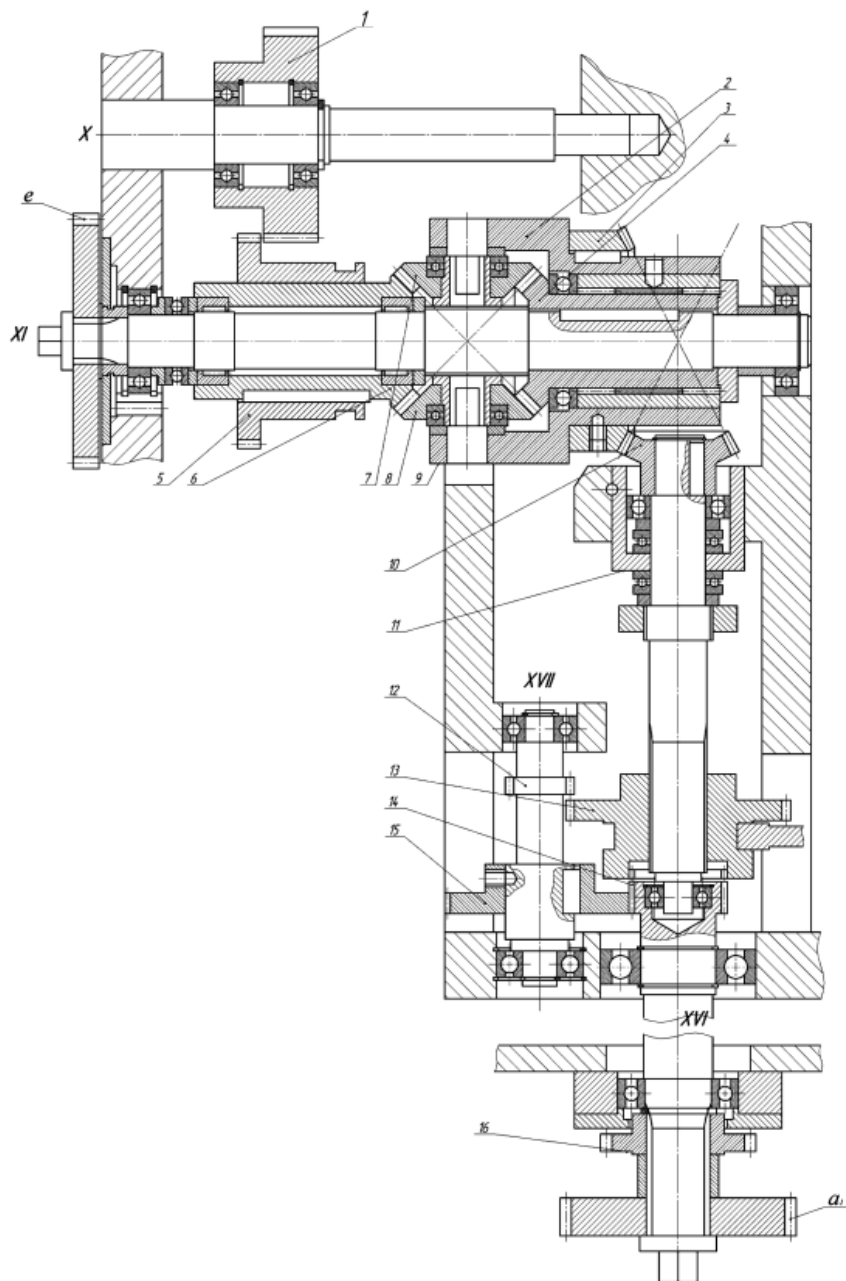


Рис. 6.9. Разрез по валам X, XI, XVI

Для обработки изделия с винтообразными стружечными канавками используется конический дифференциал (вал XI, рис. 6.9), дополнительный привод которого отводится от ходового винта через реверсивную передачу (конические колеса 13, 14 и 15, рис. 6.8). Шаги стружечных канавок получают через сменные зубчатые колеса (*d*, рис. 6.8, и *e*, рис. 6.9), область действия которых изменяема при помощи включаемого перебора. При помощи другого дифференциала (вал XV, рис. 6.10), который приводится в действие при помощи ручного маховичка, можно изменять положение при работающем станке

между дисковым кулачком и стружечной канавкой. Зубчатая муфта 6 (рис. 6.10), которая для привода ходового вала передачи с переменными скоростями для изготовления канавок соединяет со шлицевым валом (направо удлиненный вал XV, рис. 6.10), синхронно включается с гидравлическим отводом инструмента. Для обработки многозаходных изделий станок снабжен автоматическим делительным приспособлением, помещенным в кинематической цепи между шпинделем станка и ходовым винтом.

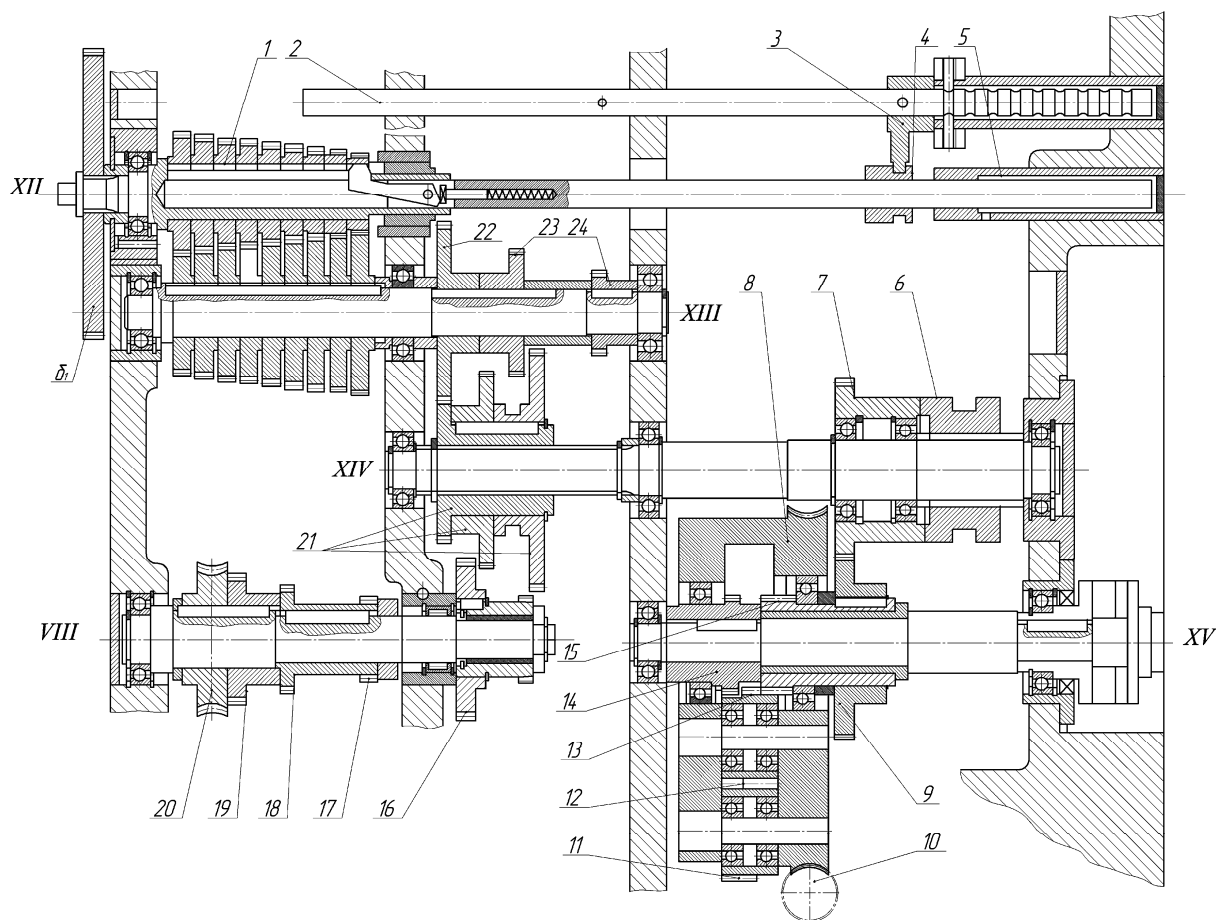


Рис. 6.10. Разрез по валам VIII, XII, XIII, XIV, XV

При делительном процессе прерывается непосредственный привод между шпинделем станка и ходовым винтом посредством делительного блока и направляется через передачу делительного приспособления.

## 7. КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ

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

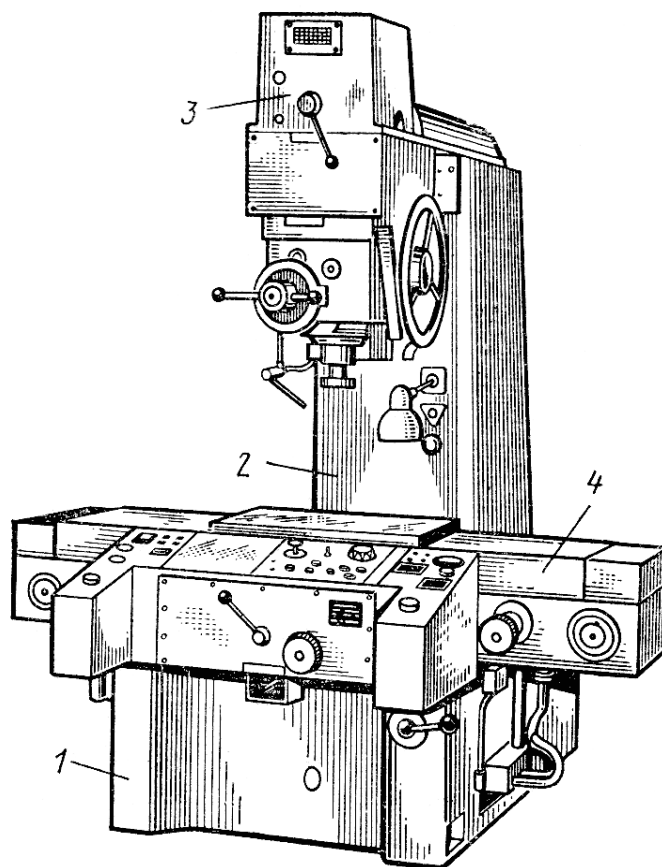


Рис. 7.1. Общий вид координатно-расточного станка:  
1 – станина; 2 – стойка; 3 – шпиндельная бабка; 4 – стол

Основной особенностью одностоечного координатно-расточного станка 2А450 (рис. 7.1) 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.

Координаты отсчитывают с помощью точных масштабных зеркальных валиков и оптических приборов. Зеркальные валики пред-

ставляют 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. 7.2 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  $s_2$ .

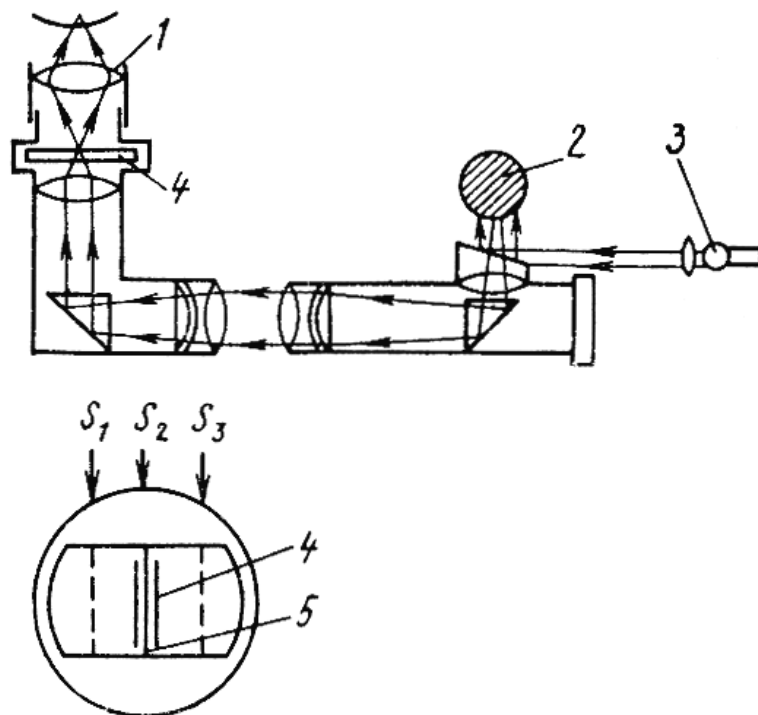


Рис. 7.2. Оптическая система для отсчета положения стола

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, закреплен-

ным 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. 7.3), 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.

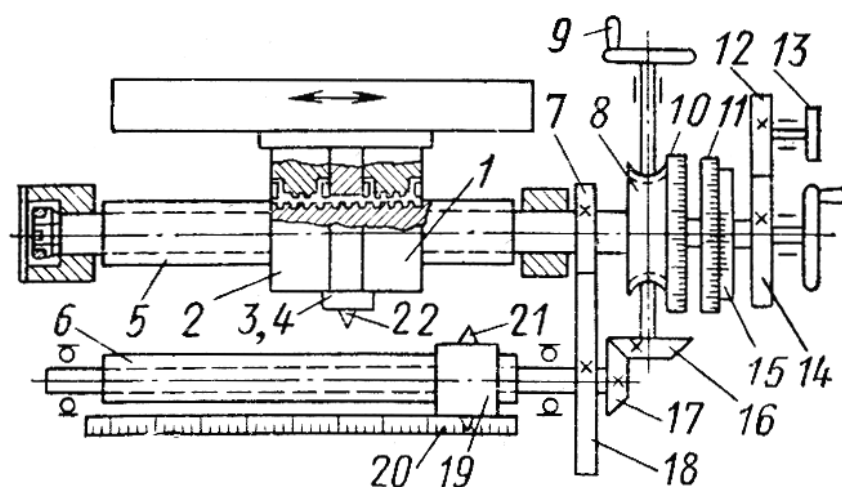


Рис. 7.3. Индуктивный винтовой механизм

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

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 16–17 и цилиндрическую передачу 18–7. 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 16–17.

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 пускателью, 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 корригирующий 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.

## **8. СТАНКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ 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).

### **8.1. 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 искровом 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.

Полярность, при которой заготовка является анодом, называют *прямой*, и она, как правило, используется при электроэрозионной обработке на электроискровом режиме.

По мере увеличения длительности импульсов возрастает интенсивность съема металла с катода (инструмента) за счет воздействия на него потока ионов. При этом можно подобрать такое время прохождения тока, при котором доля съема металла электронами составит лишь незначительную часть от общего объема удаленного материала электродов. Следовательно, в этом случае за катод следует принимать заготовку. Полярность, при которой анодом является электрод-инструмент, называют *обратной*, и она используется при электроэрозионной обработке на электроимпульсном режиме.

Полярность зависит не только от длительности импульса, но и от материалов, используемых в качестве электродов-инструментов. Так, для снижения износа электрода-инструмента вследствие воздействия потока электронов его изготавливают из материалов, слабо разрушающихся под действием искровых разрядов, в частности графитовых и медно-графитовых композиций.

Для количественной оценки износостойкости электродов-инструментов используют понятие *относительного износа* – отношения массы или объема материала, удаленного с электрода-инструмента, к массе или объему металла, снятого с заготовки.

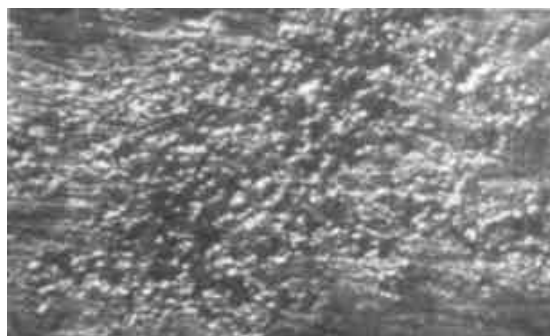


Рис. 8.1. Фотография поверхности после электроэрозионной обработки

Основные технологические показатели процесса электроэрозионной обработки (производительность, точность и качество поверхности) зависят от количества металла, выплавленного из лунки за один импульс. Это количество определяется энергией импульса  $A_{\text{имп}}$ , которую для технологических целей можно рассчитать по средним значениям силы тока  $I_{\text{ср}}$  и напряжения  $U_{\text{ср}}$ :

$$A_{\text{имп}} = I_{\text{ср}} U_{\text{ср}} \tau_{\text{имп}},$$

где  $\tau_{\text{имп}}$  – время протекания импульса.

При этом среднее значение напряжения пробоя:

$$U_{\text{ср}} = (0,5 \dots 0,75) U_0,$$

где  $U_0$  – напряжение холостого хода при разомкнутых контактах.

Для электроэрозионного режима обработки  $U_0 = 40 \dots 180$  В, а среднюю силу тока определяют через значение силы тока при коротком замыкании ( $I_{\text{к.з}}$ ) электродов:

$$I_{\text{ср}} = (0,5 \dots 0,75) I_{\text{к.з}}.$$

Длительность импульсов  $\tau_{\text{имп}}$  обратно пропорциональна частоте  $f$  их следования. Поскольку между импульсами имеются паузы, то учитывается *скважность*  $q$  – отношение периода  $T$  следования импульсов к их длительности:

$$q = T / \tau_{\text{имп}} \quad (q > 1).$$

Длительность импульса определяется:

$$\tau_{\text{имп}} = 1 / (q f).$$

Длительность импульса зависит от обрабатываемого материала и режима обработки. Так, при черновой обработке сталей  $\tau_{\text{имп}} = 200 \dots 10^5$  мкс, при чистовой  $\tau_{\text{имп}} = 5 \dots 200$  мкс. При обработке твердых сплавов длительность импульсов принимается еще на 2–3 порядка ниже.

Все станки для электроэрозионной обработки подразделяются на прошивочные, шлифовальные, станки для разрезания профилированным и непрофилированным электродом-инструментом.

*Прошивочные станки* предназначены для получения в заготовках отверстий, полостей и углублений. Они получили наибольшее распространение. Станки, в которых для изготовления полостей используются профильным электродом-инструментом, называют *копировально-прошивочными*. Они позволяют не только обрабатывать полости, но и получать отверстия любого сечения и наносить различные надписи на поверхности деталей.

В качестве примера на рис. 8.2 приведена принципиальная схема копировально-прошивочного станка.

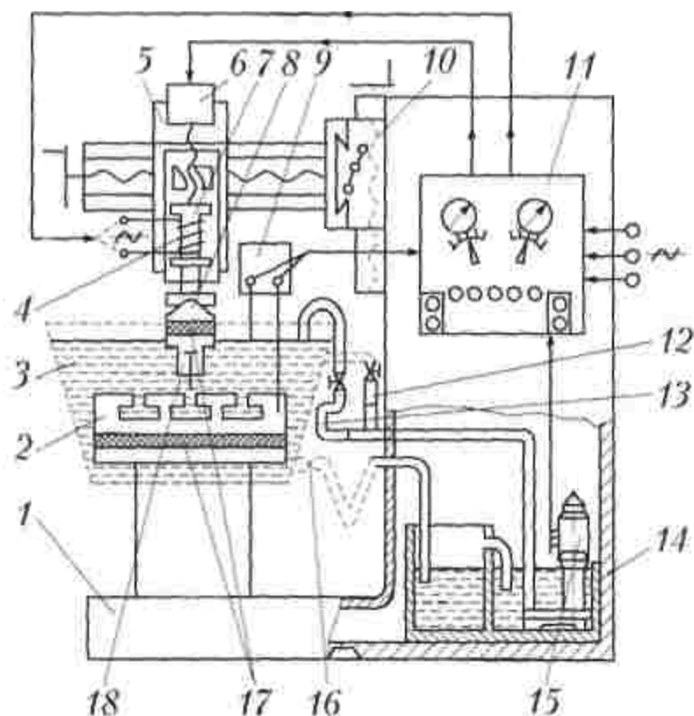


Рис. 8.2. Схема электроэрозионного копировально-прошивочного станка

На станине 1 смонтирован рабочий стол 2, на котором закрепляется заготовка. Обработка осуществляется в ванне 3 с рабочей жидкостью. Электрод-инструмент 18 закрепляется в электрододержателе 8 и с помощью кареток 5, 10 перемещается в двух взаимно перпендикулярных направлениях в горизонтальной плоскости. Электрод-инструмент колеблется и поступательно перемещается к заготовке по сигналам регулятора, который приводит в действие двигатель 6 и вибратор 7, закрепленный на площадке 4. Стол и электрод-инструмент изолированы от станины станка диэлектрическими прокладками 17. Электрическая часть станка включает генератор импульсов 9 и блок управления 11 с приборами контроля режимов обработки. Рабочая жидкость подается из бака 14 через магистраль 12. Насос 15 может перекачивать жидкость непосредственно в ванну по магистрали 13. Для слива жидкости в бак 14 используется магистраль 16.

Для обработки заготовок массой свыше 100 кг используются прошивочные станки со станиной портального типа для их большей жесткости.

Значительную группу прошивочных станков составляют *специальные станки*, выпускаемые по индивидуальным заказам. Среди них наиболее распространены автоматы и полуавтоматы для электроэрозионного прошивания отверстий диаметром 0,15...0,5 мм.

В настоящее время в практике широкое распространение получили вырезные электроэрозионные станки, предназначенные для разрезания заготовок непрофилированным проволочным электродом (рис. 8.3).

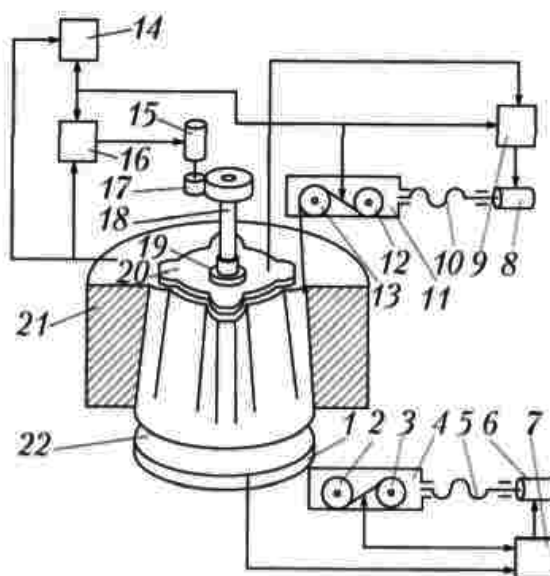


Рис. 8.3. Принципиальная схема вырезного электроэрозионного станка с проволочным электродом-инструментом

Обрабатываемая заготовка 21 устанавливается на вращающемся рабочем столе. Проволочный электрод-инструмент 1 постоянно перематывается по направляющим роликам 2 и 13 с катушки 3 на катушку 12. Относительно заготовки электрод-проволока перемещается с помощью кареток 4 и 11 от электродвигателей 6 и 8 через передачи винт-гайка 5 и 10. Режимы работы двигателей задаются регуляторами зазора 7 и 9. В качестве задающих элементов используются копиры 20 и 22, с которыми электрод-проволока находится в постоянном контакте. С помощью втулки 19 из диэлектрика копиры изолируются от обрабатываемой заготовки, которая устанавливается на оси 18 и с помощью электродвигателя 15 через редуктор 17 приводится во вращение. Режим работы электродвигателя устанавливается регулятором МЭП 16.

Обрабатываемая заготовка и электрод-проволока подключены к генератору импульсов 14. Когда используется один копир, его крепят сверху заготовки, получая после вырезания практически параллельные образующие.

В станке используются две электрические цепи. Одна из них включает электрод-проволоку 1, заготовку 21 и генератор импульсов 14, а вторая состоит из электрода-проволоки, копира 20 (или 22) и собственного источника питания. Если в процессе обработки контакт между

проволокой и копиром прерывается, то регулирующая система станка подает команду на их сближение. Поэтому контур обработанной детали повторяет профиль копира со сдвигом на размер МЭП. За счет сочетания движений кареток 4 и 11, управляемых регуляторами 7, 9, и вращения заготовки можно получить любой контур с различным углом наклона образующей.

Отдельную группу составляют *станки с фотокопировальными системами*, которые производят вырезку контура в заготовке непосредственно по чертежу (рис. 8.4).

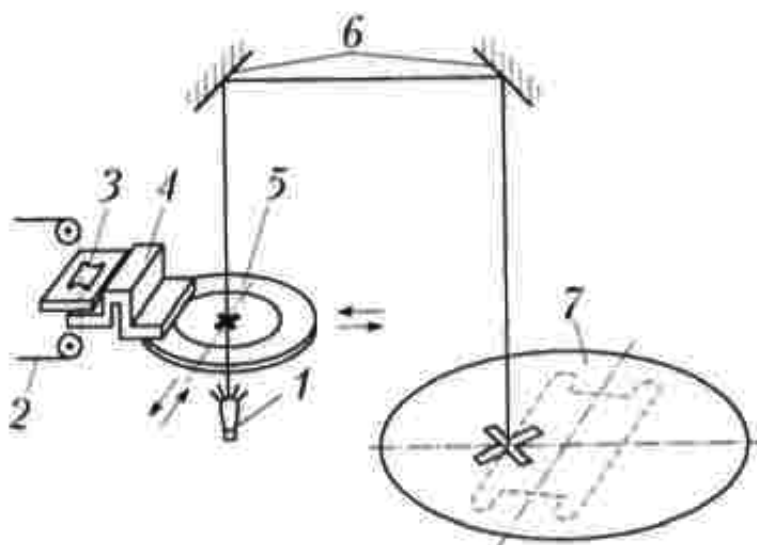


Рис. 8.4. Схема фотокопировального устройства электроэрозионного вырезания

Обрабатываемая заготовка 3 закрепляется на станке с помощью кронштейна 4, который связан с координатным столом 5 проектора. Свет от источника 1 освещает точку пересечения линий креста на столе, которая с помощью оптической системы 6 проецируется на экран 7. Если на экране поместить чертеж детали, выполненный в масштабе, и затем перемещать рабочий стол так, чтобы точка пересечения линий креста обегала контур чертежа детали, то такой же профиль можно перенести на заготовку, в которой проволочным электродом-инструментом 2 будет вырезана полость, соответствующая чертежу. Стол с чертежом и рабочий стол станка связаны пантографным устройством.

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

**Электроэрозионный вырезной станок мод. 4732Ф3 с ЧПУ** предназначен для 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 × 160 × 75
наибольшая масса заготовки, кг .....	45
точность изготовления контура, мм .....	0,032
производительность мм <sup>3</sup> /мин при обработке заготовок:	
– из стали и меди .....	35
– из твердого сплава.....	18
габаритные размеры станка, мм.....	830 × 1200 × 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 поддержания заданного угла наклона проволоки.



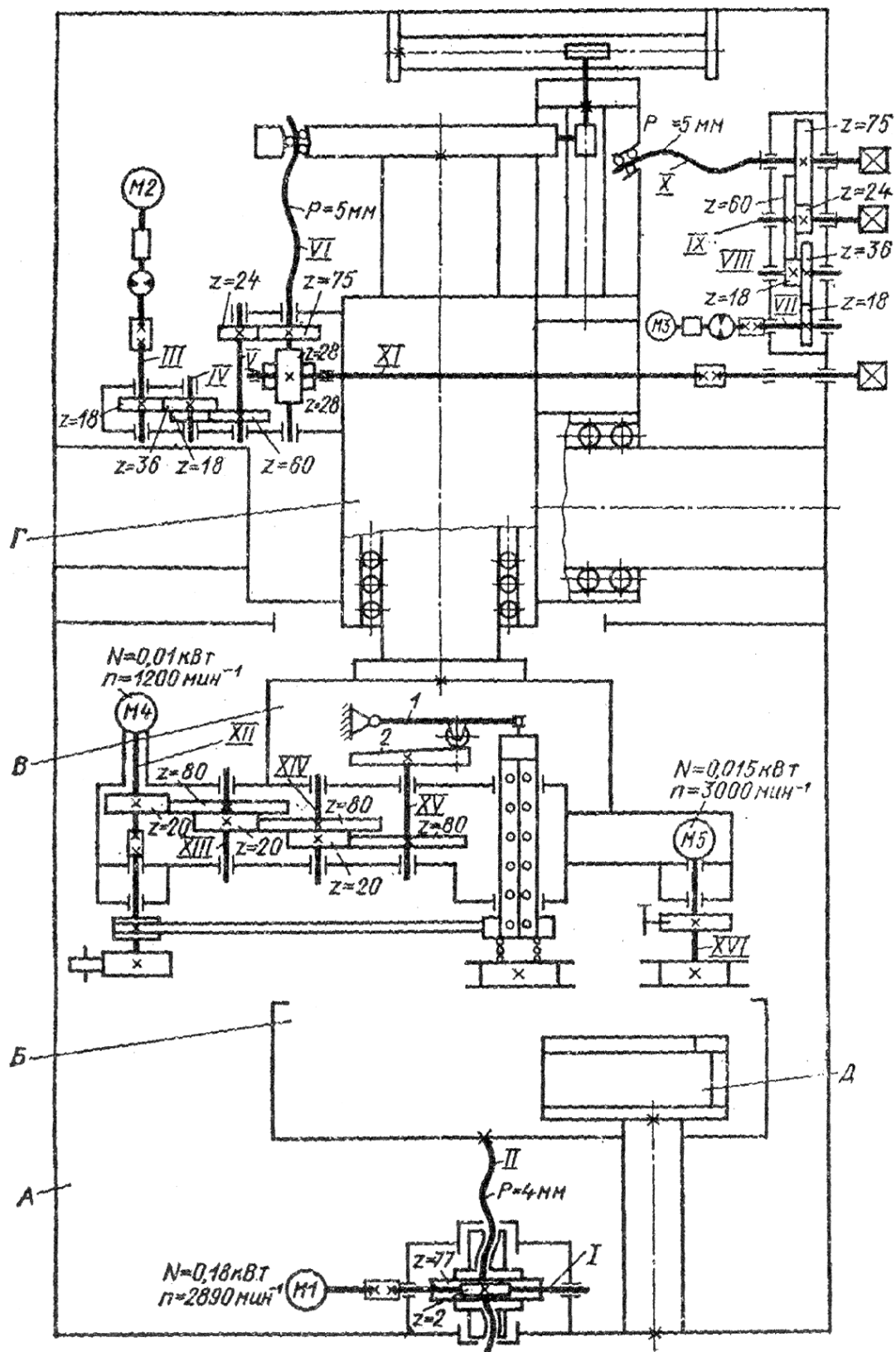


Рис. 8.5. Кинематическая схема электроэрозионного вырезного станка мод. 4732Ф3

Станок состоит из следующих механизмов: (рис. 8.5) на станине А установлены подъемная ванна Б и механизм координатных перемещений Г; скоба В 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 П с шагом  $P = 4$  мм, движение которому передается от двигателя  $M_1$  ( $N = 0,18$  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  $P_{x,v} = 5$  мм приводятся в движение шаговыми двигателями  $M_2$  и  $M_3$  типа ШД5-Д1М через редукторы.

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

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

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

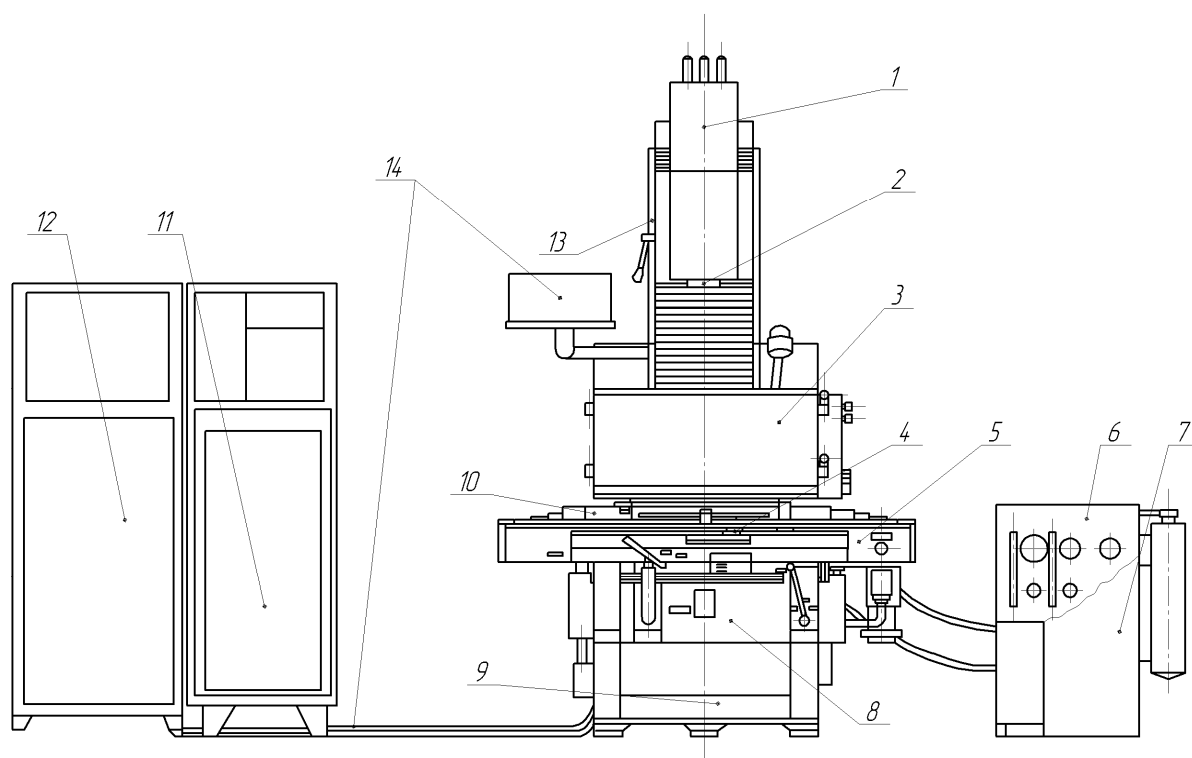
В качестве направляющих в станке использованы линейные подшипники качения.

Перемотка проволоки осуществляется непосредственно двигателем  $M_4$  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  $M_4$ . 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  $M_4$  через зубчатые пары  $(20/80) \times (20/80) \times (20/80)$ . Натяжение проволоки осуществляется электродвигателем  $M_5$  ( $N = 0,015$  кВт,

$n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ ), работающим в заторможенном режиме. Управление наклоном проволоки происходит от шагового двигателя ШД5-Д1М.

**Электроэрозионный копировально-прошивочный координатный станок мод. 4К722АФ1** с особо высокой точностью отсчета координат с программным и адаптивным управлением по трем каналам (рис. 8.6) предназначен для обработки сквозных и глухих отверстий произвольной конфигурации в любых токопроводящих материалах, для обработки пресс-форм, кокилей, штампов (в том числе для обработки отверстий в закаленных деталях и деталях из твердых сплавов), а также для прорезания проходных щелей и разрезки заготовок проволочным электродом-инструментом.

Станок укомплектован электронным устройством цифровой индикации с измерительным преобразователем линейных перемещений стола и пиноли и оснащен системой программного и адаптивного управления по трем каналам.



*Рис. 8.6. Эскиз общего вида станка мод. 4К722АФ1:*

- 1 – головка пинольная; 2 – пинольный узел; 3 – ванна; 4 – пульт;
- 5 – редуктор; 6 – агрегат диэлектрической жидкости; 7 – шкаф инструментальный; 8 – станина; 9 – установка насосная;
- 10 – стол и салазки; 11 – генератор; 12 – шкаф; 13 – электрооборудование

*Техническая характеристика станка:*

Размеры рабочей поверхности стола, мм:	
– ширина.....	400
– длина.....	630
Количество Т-образных пазов ГОСТ 6569–75 ..	5
Наибольший продольный ход стола, не менее, мм.....	400
Наибольший поперечный ход стола, не менее, мм.....	250
Наибольшее расстояние от торца пиноли до рабочей поверхности стола, не менее, мм ....	690
Расстояние от оси пиноли до колонны, не менее, мм.....	400
Объем ванны стола, л .....	110
Наибольший ход пиноли, не менее, мм. ....	200
Наибольший ход пинольной головки, мм.....	280
Точность отсчета координат, мм.....	0,001
Точность установки:	
– по X и Y координатам, мм.....	±0,005
– по Z координате, мм.....	0,02
Наибольшая производительность по закаленной стали, мм <sup>3</sup> /мин.....	500
Наилучшая шероховатость обработанной поверхности .....	Ra 1,25
Масса станка без приставного оборудования, кг .....	2800
Габаритные размеры станка, мм:.....	1565 × 1590 × 2410

Станок состоит из следующих узлов: пинольной головки, пинольного узла, редуктора и винта механического перемещения пинольной головки, колонны, станины, стола и салазок с их редукторами, настольной ванны, отсчетного устройства перемещения стола и пиноли. Кроме того, в комплект станка входит: установка насосная, агрегат дизлектрической жидкости, генератор, шкаф инструментальный и электрошкаф.

На жесткой станине закреплена колонна станка, по двум призматическим направляющим которой перемещается пинольная головка. В пинольной головке находится пинольный узел и механизм зажима пинольной головки. Пинольная головка уравнивается

специальным грузовым противовесом, встроенным в колонну. На колонне также установлен винт механического перемещения пинольной головки. Салазки расположены на двух направляющих станины (одна плоская и одна призматическая).

По направляющим салазок перемещается стол. На салазках установлен механизм зажима стола.

На столе установлена настольная ванна.

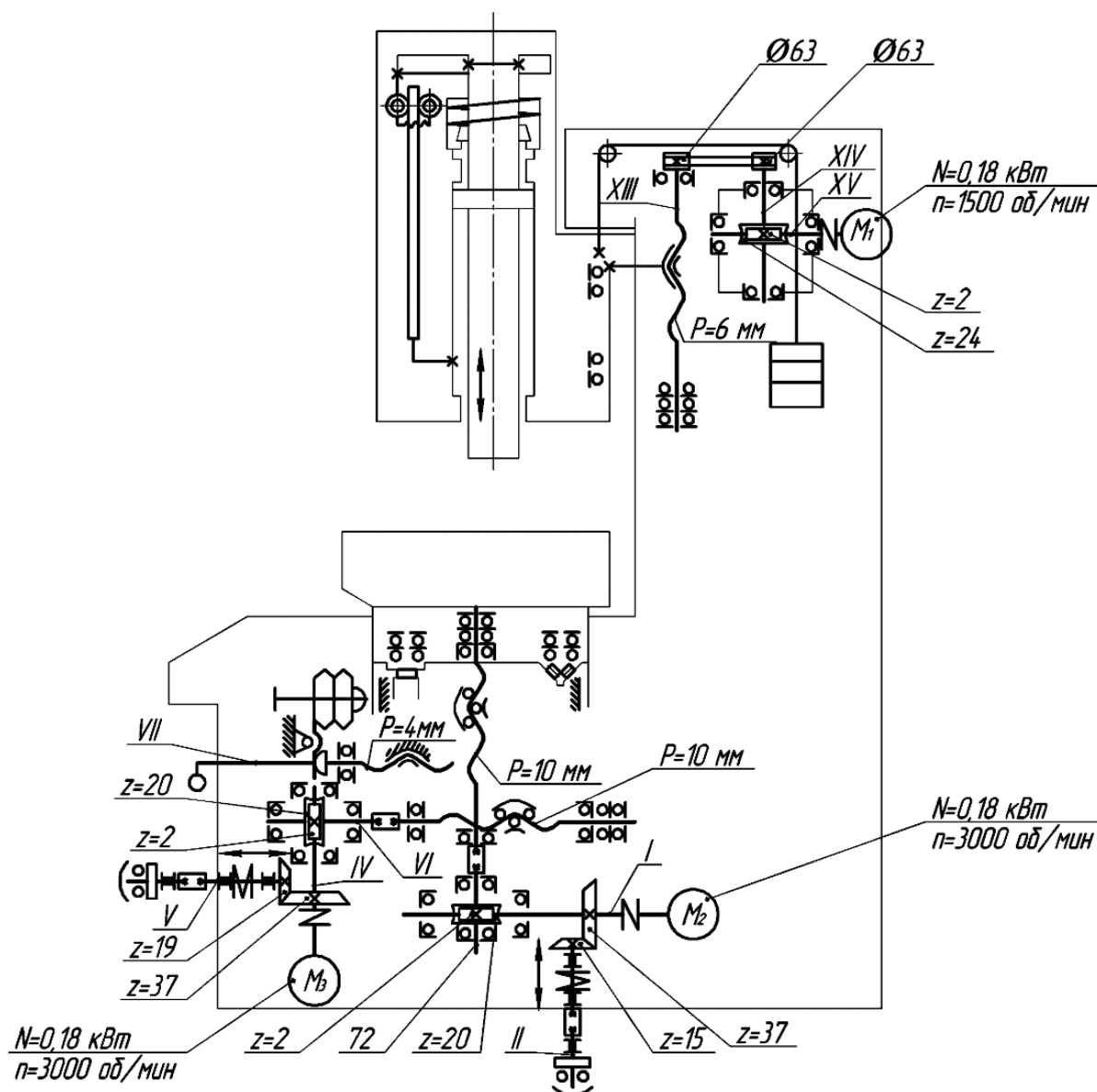


Рис. 8.7. Схема кинематическая принципиальная

Пиноль перемещается в гидростатических опорах. Подача осуществляется посредством гидроцилиндра, который жестко закреплен на пиноли. При отсутствии давления в гидроцилиндре пиноль зажимается цангой.

Отсчет координаты «Z» производится на блоке цифровой индикации, в который сигналы поступают от датчика линейных перемещений TGM-0111, состоящего из линейки ползуна. Линейка установлена на планке, жестко прикрепленной к корпусу пинольного узла. Ползун связан с пинолью и перемещается вместе с ней.

Пинольная головка перемещается по двум призматическим направляющим колонны. При зажиме пинольной головки усилие передается рычагами, которые через пружинные пластины прижимают пинольную головку к колонне.

В отжатом положении зазор между рычагами и пружинными пластинками должен быть в пределах  $0,1 \dots 0,15$  мм.

Колонна представляет собой коробчатую отливку с призматическими направляющими скользящая, внутри которой размещен противовес для уравнивания пинольной головки. Противовес подвешен на цепях и направляется стержнями. Призматические направляющие закрыты мехами. Под защитным кожухом наверху колонны установлен редуктор с электродвигателем, который через клиноременную передачу осуществляет механическое перемещение пинольной головки. Натяжение клинового ремня производится перемещением редуктора по пазовым отверстиям.

На правой стенке колонны установлены жесткие упоры максимальных перемещений пинольной головки, а также конечные микропереключатели, выключающие механическое перемещение пинольной головки.

Основанием станка служит литая станина коробчатой формы с внутренними ребрами жесткости. На станине крепится колонна. По двум направляющим станины, одной плоской и одной призматической, на роликах, заключенных в сепараторы, перемещаются салазки. Для перемещения салазок на станине установлена винтовая пара качения с редуктором и двигателем постоянного тока. Для ручного перемещения салазок имеется маховичок.

В крайних положениях салазок происходит автоматическое отключение двигателей с помощью конечных выключателей.

Зажим салазок имеет микропереключатель, который блокирует механическое перемещение салазок при зажатом положении.

Станина ставится на три виброизоляционные опоры для установки станка по уровню и для предохранения станка от посторонних вибраций.

На станине также размещена линейка грубого отсчета поперечного перемещения стола.

Стол передвигается на одной плоской и одной призматической направляющих на роликах, заключенных в сеператоры. Во избежание опрокидывания стола установлены подпружиненные ролики, которые, опираясь на специальные упоры, прижимают стол к салазкам.

Редуктор механического перемещения стола червячный одноступенчатый. Для ручного перемещения стола на правой передней его части имеется маховик. В крайних положениях стола происходит автоматическое отключение двигателя с помощью конечных выключателей.

Зажим стола имеет микропереключатель, который блокирует механическое перемещение стола в зажатом положении. На столе размещена линейка грубого отсчета продольного перемещения стола, индекс отсчета находится на пульте управления.

Приспособление для резки проволокой (рис. 8.8) состоит из корпуса 2, регулируемых тяг 1, катушки с проволокой 3, катушки для намотки отработанной проволоки 5 и маховика 6, передающего трением движение от электродвигателя, находящегося на той же оси, к проволоке. Рядом с маховиком насажен на той же оси шкив, который через ремень 7 передает движение катушке 5.

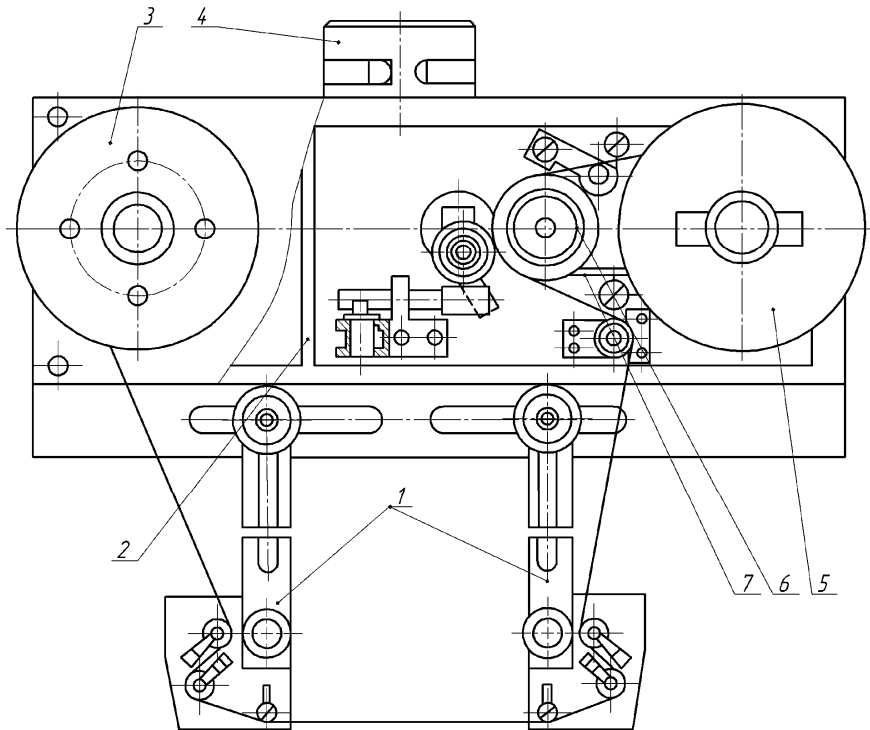


Рис. 8.8. Приспособление для резки проволокой

Фланец 4 служит для крепления приспособления к пиноли станка. Для резки проволокой под углом тяги  $I$  переставляются вверх или вниз или поворачиваются под нужным углом. Рабочее движение подачи приспособление получает от пиноли в следящем режиме.

**Станок электроэрозионный вырезной с ЧПУ мод. 4732Ф3М** предназначен для обработки деталей сложного контура с прямолинейной образующей, например, рабочих элементов вырубных и некоторых видов гибочных штампов, фильер для выпрессовки фасонных профилей, фасонных резцов, шаблонов, элементов струйной техники и тому подобных деталей. На станке могут быть обработаны любые токопроводящие материалы, независимо от их твердости, в том числе термообработанные стали, металлокерамические сплавы, медь и ее сплавы, алюминий и т. д.

Обработка на станке выполняется электродом-проволокой, перематываемой с небольшой скоростью для устранения ее износа в зоне обработки.

Станок используется в инструментальном производстве, а также в основном производстве машиностроительной и приборостроительной промышленности.

*Техническая характеристика:*

Класс точности.....	Н
Наибольшее перемещение скобы по оси $X$ , мм.....	200
Наибольшее перемещение скобы по оси $Y$ , мм.....	125
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм.....	250
Наибольшая ширина обрабатываемой заготовки, мм.....	160
Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм.....	80
Наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг.....	45
Наибольший диаметр проволоки-электрода, мм.....	0,3
Наименьший диаметр проволоки-электрода, мм.....	0,05
Материал проволоки электрода:.....	<i>латунь, вольфрам, молибден</i>
Количество жидкости, заливаемой в станок, л.....	120
Производительность обработки наибольшая, мм <sup>2</sup> /мин:	
– по твердому сплаву в керосине (толщина материала 80 мм).....	20



– по стали в воде (толщина материала 60 мм).....	40
– по меди в воде (толщина материала 60 мм).....	50
Шероховатость обработанной поверхности при наибольшей производительности $Rz$ , мкм.....	20
Шероховатость обработанной поверхности на чистовых режимах наименьшая $Ra$ , мкм.....	1,25
Габаритные размеры станка, мм.....	830 × 1200 × 1570
Масса станка (без электрооборудования), кг.....	1480
Масса станка с электрооборудованием, кг... ..	2160

Общий вид станка с обозначением составных частей станка и органов управления показан на рис. 8.9.

Принцип действия станка модели 4732ФЗМ, как и других электроэрозионных вырезных станков, основан на том, что под действием импульсного электрического разряда, создаваемого между электродом-инструментом и электродом-заготовкой, происходит направленное разрушение металла заготовки, что используется для обработки токопроводящих материалов. Обработка производится в среде рабочей жидкости, в качестве которой могут быть использованы керосин и вода с антикоррозионными присадками. В качестве электрода-инструмента используется проволока, перематываемая с небольшой скоростью для устранения ее износа в зоне обработки. Импульсный технологический ток вырабатывается специальным генератором.

Для осуществления обработки детали заданного контура электрод-проволока совершает в горизонтальной плоскости взаимно-перпендикулярные перемещения, управление которыми осуществляется от устройства числового программного управления.

При обработке деталей с наклонной образующей используется специальное приспособление с отдельным двигателем, управляемым устройством ЧПУ.

Станок выполнен по принципу узловой сборки. Каждый узел станка собирается и отлаживается отдельно, а общий монтаж станка осуществляется узлами.

На станине, являющейся основанием станка, устанавливаются:

- а) подъемная ванна на передней части;
- б) механизм координатных перемещений на задней части на проставке.

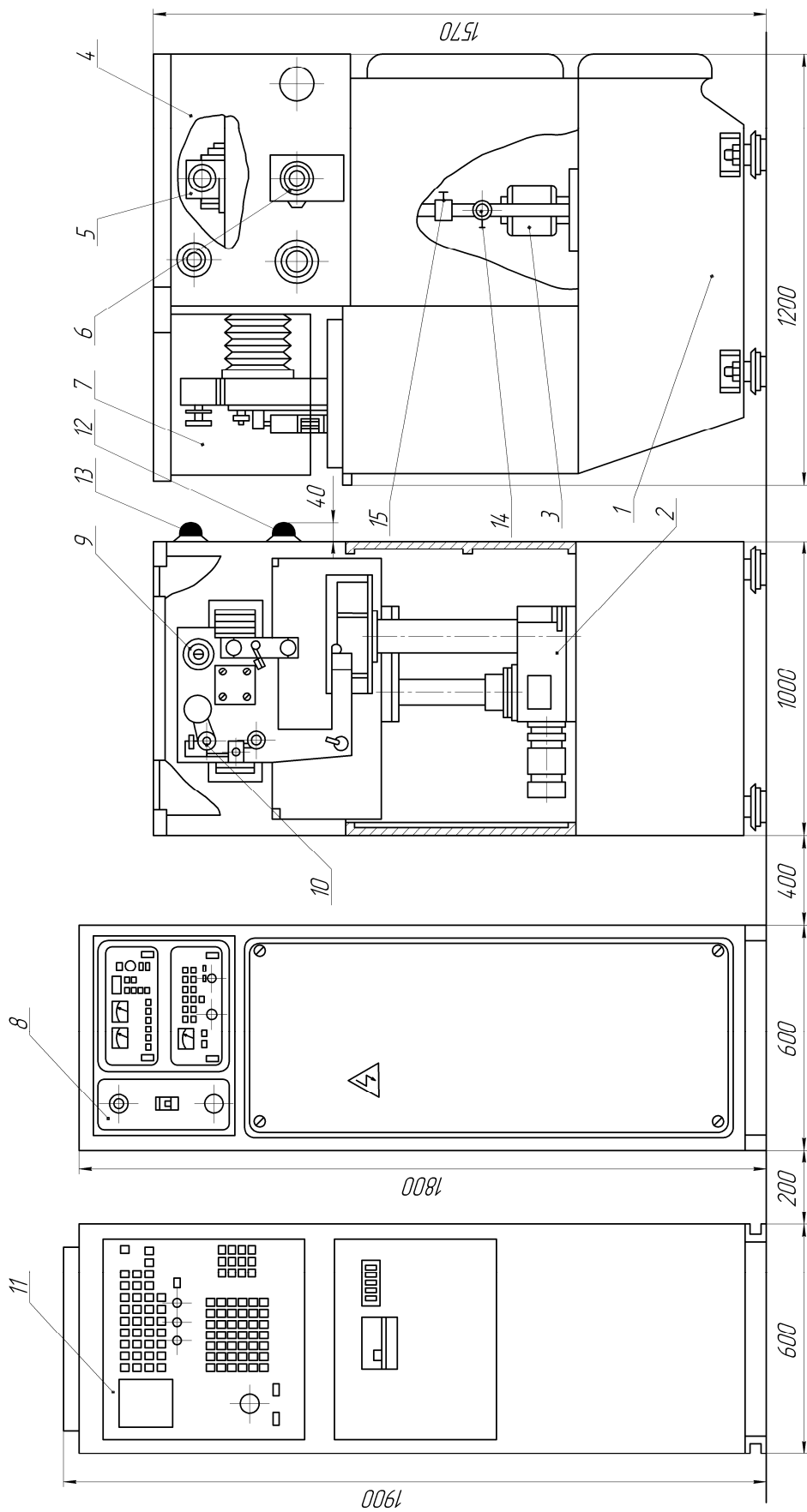


Рис. 8.9. Составные части и органы управления электроэрозионного вырезного станка с ЧПУ мод. 4732Ф3М:

- 1 – станина; 2 – ванна подъемная; 3 – насосная установка; 4 – механизм координатных перемещений;
- 5 – редуктор поперечной подачи; 6 – редуктор продольной подачи; 7 – кожух; 8 – генератор; 9 – скоба;
- 10 – механизм перемотки проволоки; 11 – устройство ЧПУ; 12 – рукоятка продольного перемещения скобы;
- 13 – рукоятка поперечного перемещения скобы; 14 – вентиль подачи рабочей жидкости в зону обработки поливом;
- 15 – вентиль подачи рабочей жидкости для заполнения ванны

Передняя зона станка является рабочей и занята ванной со столом и скобой, совершающей взаимоперпендикулярные перемещения. Скоба несет на себе механизм перемотки и механизм натяжения проволоки. Вся рабочая зона закрыта прозрачным кожухом. Механизм координатных перемещений вместе с редукторами заключен в отдельный корпус. Рукоятки ручного перемещения скобы по двум направлениям выведены на правую боковую сторону. Вспомогательное оборудование – насосная установка расположена в проставке станины.

С левой стороны от станка располагается комплектующее электрооборудование.

Кинематическая схема станка показана на рис. 8.10.

Кинематическая схема обеспечивает:

- а) подъем и опускание ванны с рабочей жидкостью;
- б) перемещение скобы в продольном и поперечном направлении;
- в) управление положением проволоки при обработке деталей с наклонной образующей;
- г) перемотку проволоки и раскладку ее на приемной катушке.

Подъем и опускание ванны осуществляется винтом 3, движение которому передается от электродвигателя М2 через червячную пару 1, 2 и ходовую гайку 4. Скорость перемещения ванны 340 мм/мин.

Перемещение скобы в продольном и поперечном направлениях производится ходовыми винтами 6 и 12 (шаг 5 мм), которые приводятся в движение шаговыми электродвигателями М3 и М4 через редуктор. Передаточное отношение редуктора выбрано таким образом, чтобы линейное перемещение скобы на один импульс от устройства ЧПУ (угол поворота вала электродвигателя равен  $1,5^\circ$ ) составляло 0,001 мм.

Ручное перемещение скобы осуществляется следующим образом:

- в продольном направлении непосредственно от ходового винта 6;
- в поперечном направлении через винтовую зубчатую передачу 15, 16.

Перемотка проволоки производится непосредственно электродвигателем М6 через ведущий ролик диаметром 45 мм. Скорость перемотки регулируется в пределах 8...20 мм/с за счет изменения частоты вращения вала электродвигателя. Вращение на катушку, принимающую «отработанную» проволоку, передается через ременную передачу. Движение проволоки в рабочей зоне происходит сверху вниз. Раскладка «отработанной» проволоки на приемной катушке производится за счет осевого возвратно-поступательного движения катушки, осуще-

ствляемого качающимся рычагом и торцевым кулачком. Вращение кулачку сообщается от электродвигателя через дополнительный редуктор. Шаг раскладки проволоки около 1 мм.

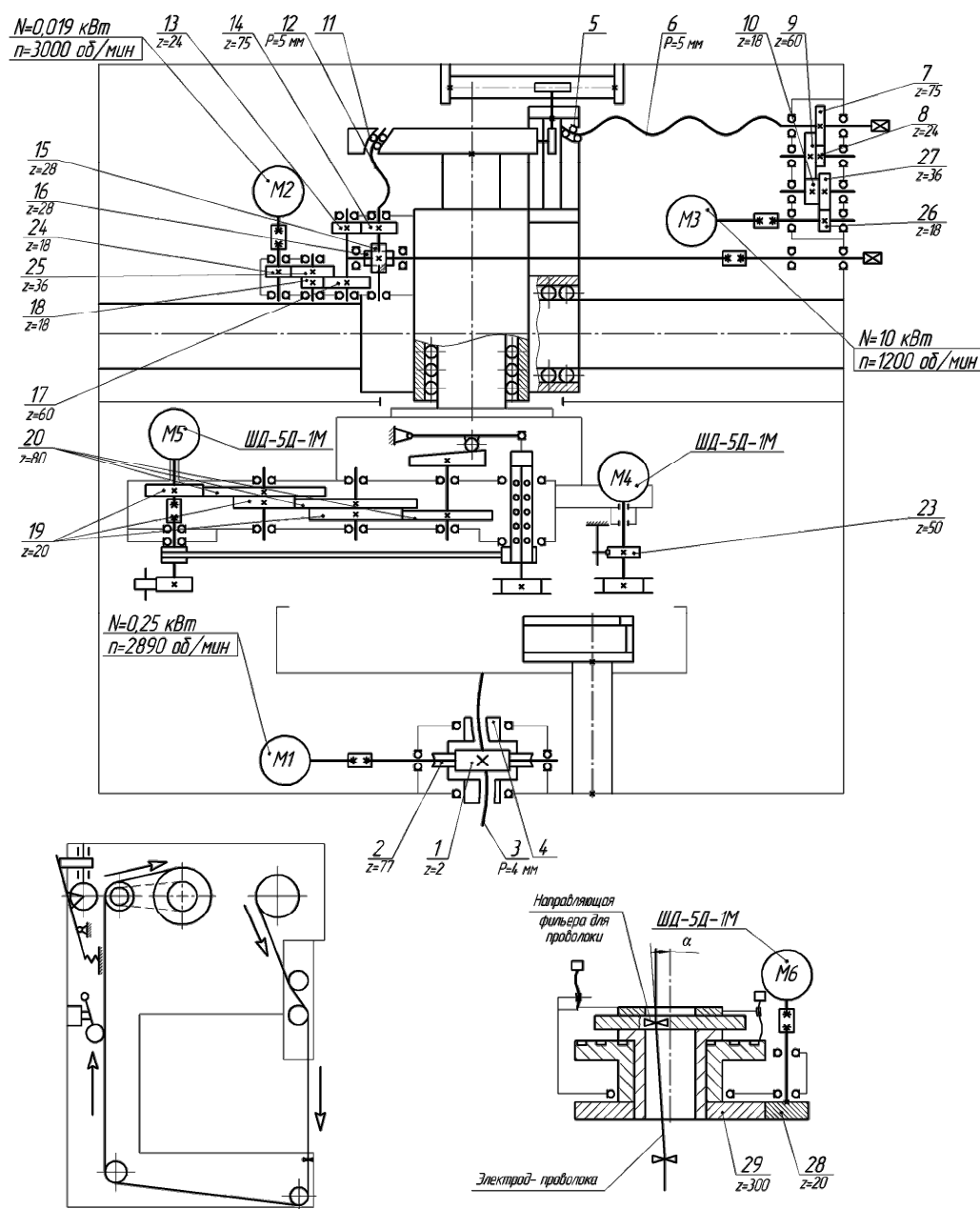


Рис. 8.10. Схема кинематическая принципиальная станка мод. 4732Ф3М

Натяжение проволоки осуществляется двигателем М5, работающим в заторможенном режиме.

При обработке проволокой диаметром менее 0,2 мм катушка устанавливается непосредственно на вал, связанный с двигателем натяжения проволоки.

При обработке проволокой диаметром 0,2 мм и более катушка устанавливается на отдельную ось. Далее проволока проходит между подпружиненными роликами и поступает на ролик, закрепленный на валу двигателя натяжения. Проволока делает на ролике два-три оборота и движется далее по системам отклоняющих роликов, направляющим к тянущему ролику и приемной катушке.

Кинематическая схема приспособления для управления наклоном проволоки обеспечивает смещение верхней направляющей для получения требуемого угла наклона проволоки, поворот направляющей для обеспечения постоянного угла в сечении, нормальном к обрабатываемому контуру. Оба движения осуществляются от одного приводного двигателя М7 через пару зубчатых колес 28, 29. Большое колесо 29 закреплено на планшайбе, имеющей торцевую спиральную нарезку. Внутри планшайбы находится втулка, которая может быть связана или с корпусом, или с планшайбой посредством двух стопоров. Втулка имеет паз, в котором установлен ползун с верхней направляющей для проволоки. Ползун имеет палец, входящий во впадину спиральной нарезки планшайбы. Радиальное смещение направляющей производится, когда втулка связана с корпусом приспособления, а поворот направляющей, когда втулка связана с планшайбой. Радиальное смещение направляющей на один шаг двигателя составляет 0,001 мм, угловое смещение 6.

Станина является основанием, на котором монтируются другие сборочные единицы станка, и служит емкостью для рабочей жидкости. Узел состоит из двух основных частей: нижней, в которую заливается рабочая жидкость, и проставка, в которой монтируется насосная установка. На передней части станины устанавливается подъемная ванна со своим редуктором. На верхней части проставки крепится механизм координатных перемещений.

Для чистки станины от продуктов эрозии на задней стенке имеется два люка, закрытых крышками.

Ванна 1 (рис. 8.11) является резервуаром рабочей жидкости, в котором происходит обработка деталей. Внутри ванны расположен Г-образный стол 2, на котором закрепляется обрабатываемая деталь. Подъем и опускание ванны производится с помощью ходового винта 3, приводимого в движение одноступенчатым червячным редуктором 4. Верхнее и нижнее положение ванны ограничивается конечными выключателями. Стол Г-образной формы закрепляется на круглой стойке 6, проходящей через дно ванны, которая в свою очередь закреп-

плена, в корпусе редуктора. Верхняя плоскость стола выверяется на параллельность ходом скобы при сборке.

Подвод рабочей жидкости к ванне осуществляется двумя гибкими шлангами 7, 8, один присоединен к патрубку и подает жидкость в зону обработки для работы с поливом. В левом переднем углу ванны расположена стойка перелива и слива жидкости после окончания работы на станке. Для того чтобы слить жидкость из ванны, необходимо отвернуть рукоятку. С левой стороны на буртике ванны установлен датчик уровня жидкости 5.

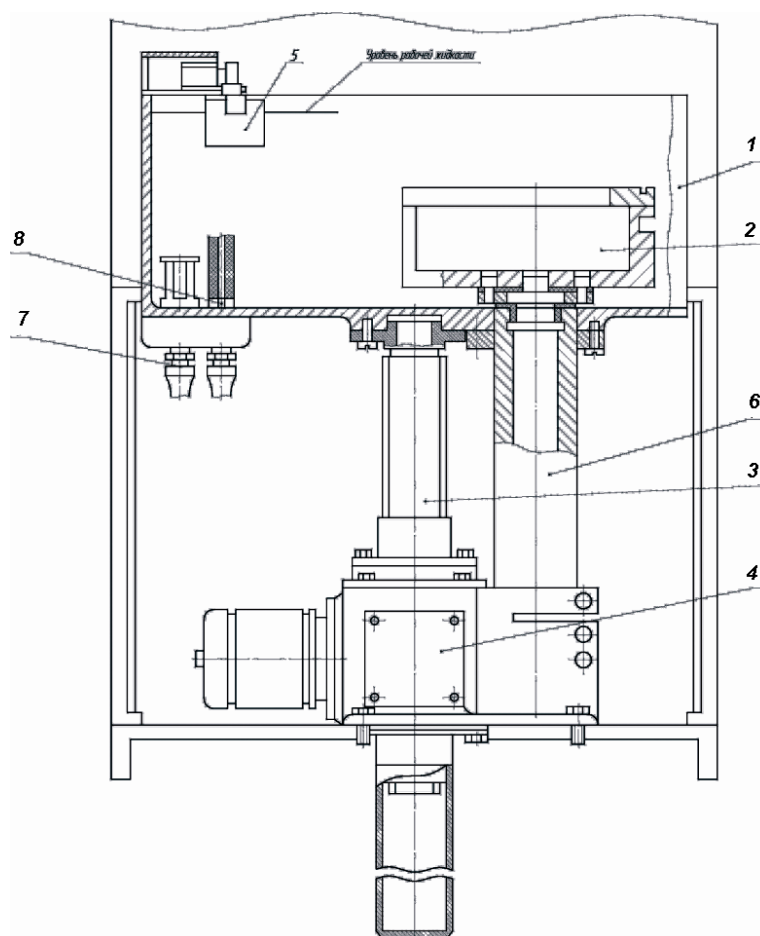


Рис. 8.11. Ванна станка мод. 4732Ф3М

Скоба (рис. 8.12) служит для установки и закрепления всех устройств и механизмов, обеспечивающих перемотку и натяжение электрода-проволоки 7. Направление движения проволоки на рабочем участке сверху–вниз, что создает хорошие условия для заправки проволоки в обработанный паз при ее обрыве. На правой верхней стороне скобы закрепляется механизм натяжения проволоки, а на левой – механизм перемотки 10.

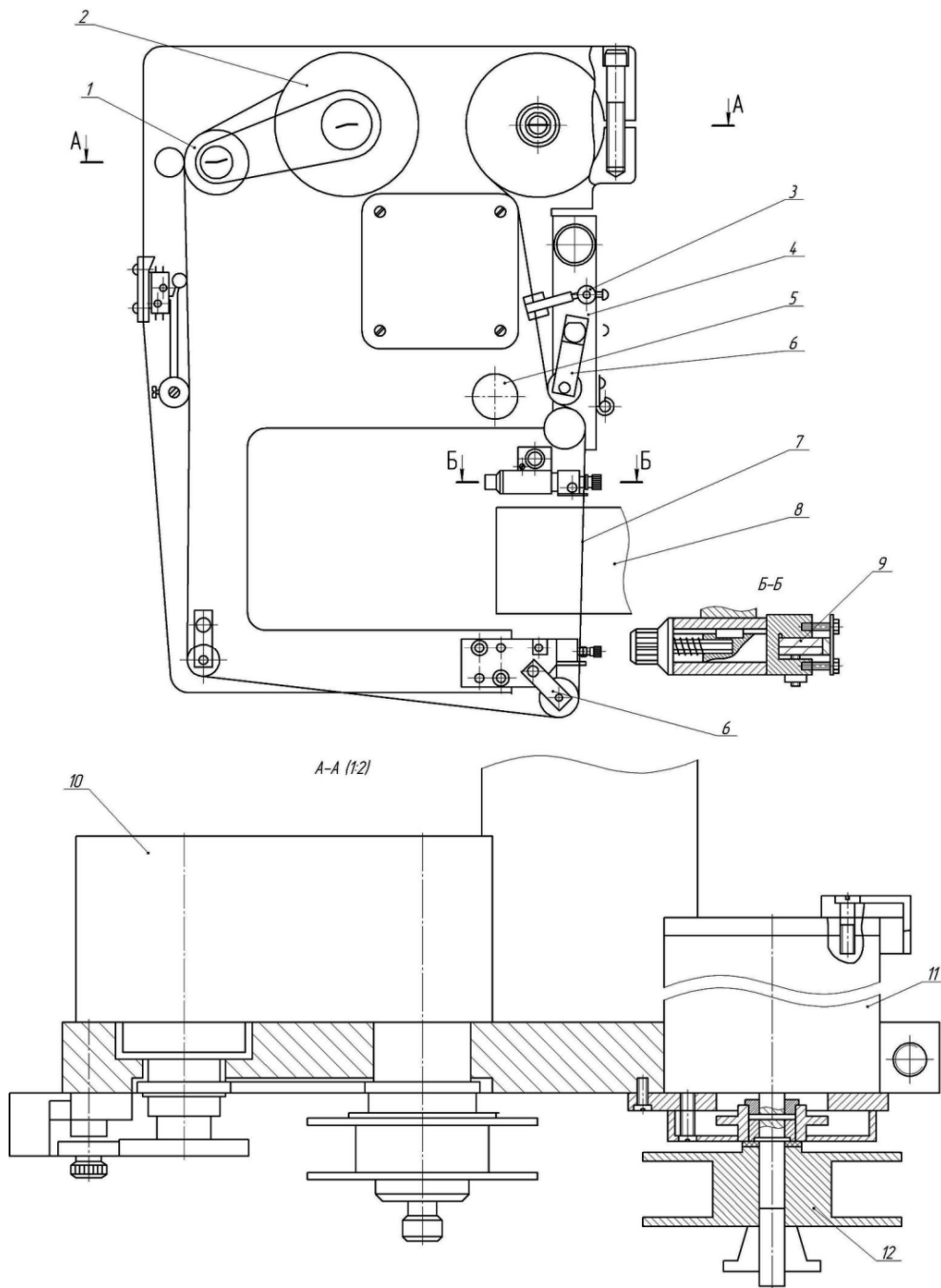


Рис. 8.12. Скоба станка мод. 4732Ф3М

Для базирования проволоки на рабочем участке служат два блока направляющих из корунда 9. Верхний блок направляющих помещен на ползуне 4, имеющем возможность вертикального перемещения. С помощью ползуна изменяется величина рабочего участка проволоки в зависимости от высоты обрабатываемой детали 8.

Конструкция скобы обеспечивает регулировку положения проволоки в двух вертикальных плоскостях. В одной плоскости производится грубая регулировка за счет поворота всей скобы с помощью

эксцентрикового пальца. Верхний блок направляющих можно смещать в двух направлениях по отношению к нижнему, что обеспечивает тонкую регулировку углового положения проволоки.

На скобе установлена также лампочка освещения 5, световой поток которой может быть направлен в необходимую сторону за счет поворота колпака.

Движение проволоки осуществляется двумя способами в зависимости от ее диаметра.

Катушка с цельной проволокой 12 устанавливается непосредственно на вал тормозного электродвигателя 11.

Далее проволока проходит через демпфирующий ролик 6 и через демпфирующее устройство, состоящее из двух подпружиненных роликов и устраняющее влияние погрешности намотки проволоки на изменение усилия ее натяжения при движении. Усилие прижима роликов регулируется таким образом, чтобы деформации проволоки (расплющивание) не происходило.

Для создания первоначального усилия натяжения на проволоке ролик большего диаметра имеет устройство для создания момента сопротивления движению, состоящее из стержня, упирающегося своим сферическим концом в пятю. Давление стержня на пятю и тем самым момент сопротивления движению регулируется винтом через пружину. Далее проволока поступает на ролик, закрепленный на валу двигателя, работающего в заторможенном режиме и создающего нужную величину усилия натяжения проволоки. На ролике проволока делает два-три оборота для создания силы трения, необходимой для сцепления проволоки с роликом. При этом необходимо следить за тем, чтобы проволока при перемотке не перехлестывалась на ролике. После этого проволока проходит через демпфер 3, представляющий из себя прижим из мягкого материала, систему отклоняющих роликов, направляющие токоподводы и поступает к тянущему ролику и приемной катушке 2 механизма перемотки проволоки.

Катушка с проволокой диаметром менее 0,2 мм устанавливается непосредственно на вал тормозного двигателя, для чего тормозной ролик снимается. Дальнейшее движение проволоки аналогично выше описанному.

Фиксация положения электрода-проволоки на рабочем участке осуществляется двумя блоками (верхним и нижним) направляющих.

Верхний блок состоит из двух корундовых пластин с фасками и прижимной пластинки.



В зависимости от диаметра проволоки соответственно используются пластины с разными фасками.

Наличие корундовых пластинок обеспечивает надежную изоляцию проволоки, большую износостойкость и малое сопротивление движению проволоки за счет низкого коэффициента трения.

Механизм перемотки проволоки служит для протягивания проволоки на рабочем участке с целью компенсации ее износа во время обработки и раскладки изношенной проволоки на приемной катушке. Перемотка производится двумя роликами, один из которых является ведущим, а второй прижимным. Ведущий ролик связан непосредственно с двигателем перемотки. Связь между ведущим роликом и приемной катушкой осуществляется с помощью ремня. Предохранение проволоки от обрыва на участке от ведущего ролика до приемной катушки, который может иметь место из-за различной линейной скорости проволоки на ведущем ролике и приемной катушке, осуществляется проскальзыванием ремня на шкивах.

Раскладка проволоки на приемной катушке производится за счет осевого смещения катушки. Для этой цели имеется дополнительная кинематическая цепь от двигателя к ползуну, на котором закреплена приемная катушка. Ползун приводится в движение рычагом через торцевой кулачок.

## 8.2. 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. 8.13, *a*) 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.

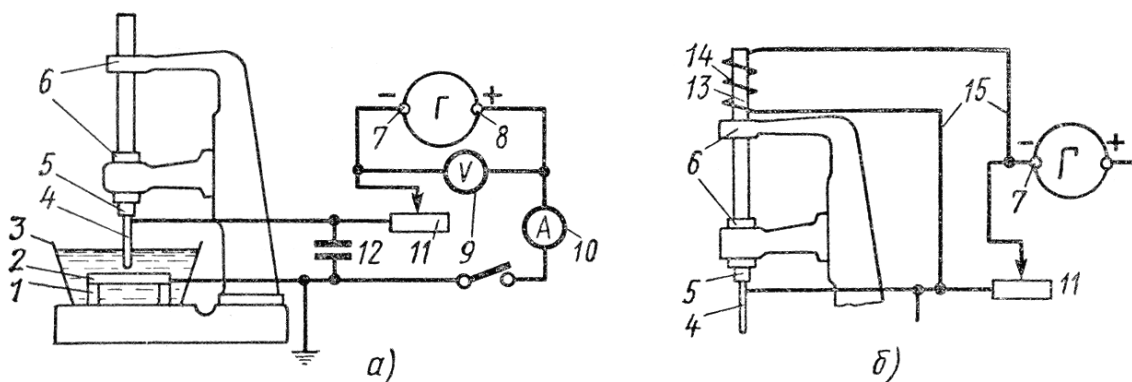


Рис. 8.13. Эскизы принципиальных схем:  
 а – станка для электроискровой прошивки отверстия;  
 б – соленоидного регулятора

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. 8.13, б). К верхнему концу ползуна 5 прикреплен стальной 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. 8.14). 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.

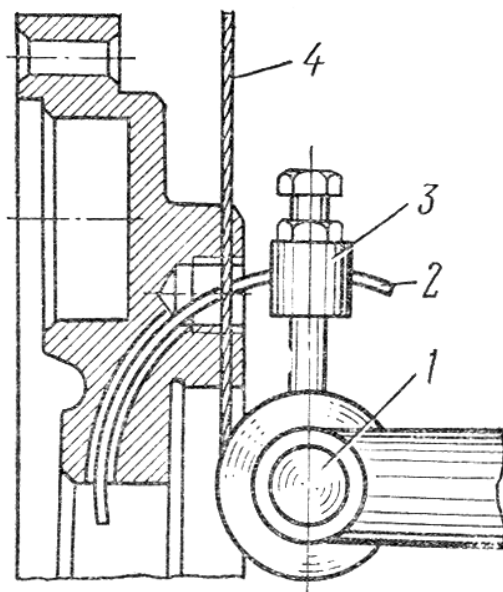


Рис. 8.14. Прошивка отверстий с криволинейной осью

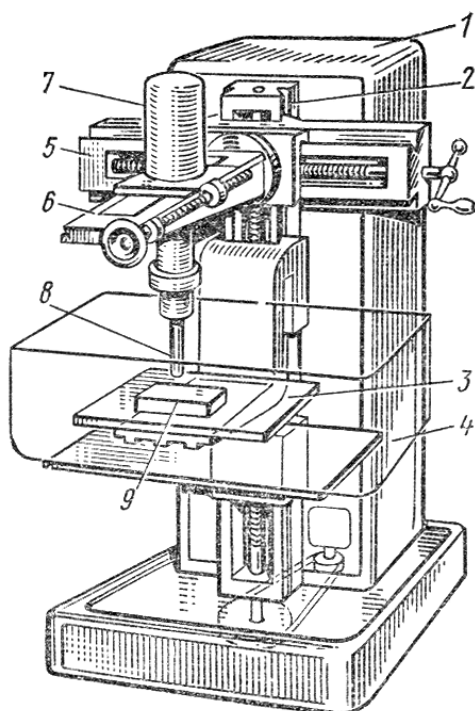


Рис. 8.15. Универсальный электроискровой станок

Универсальные электроискровые станки обычно имеют вертикальную компоновку (рис. 8.15). 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 электродвигателя. 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.

### 8.3. Электроимпульсные станки

Электроискровой метод обработки металлов вытесняется электроимпульсной обработкой. Это объясняется тем, что электроискровая обработка имеет ряд серьезных недостатков: производительность сравнительно низка; износ электрода-инструмента относительно большой (например, износ латунных электродов составляет 25÷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. 8.16) 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 низкой вязкости: индустриальное 12, трансформаторное, а также

в керосине и др.). Electroды 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.

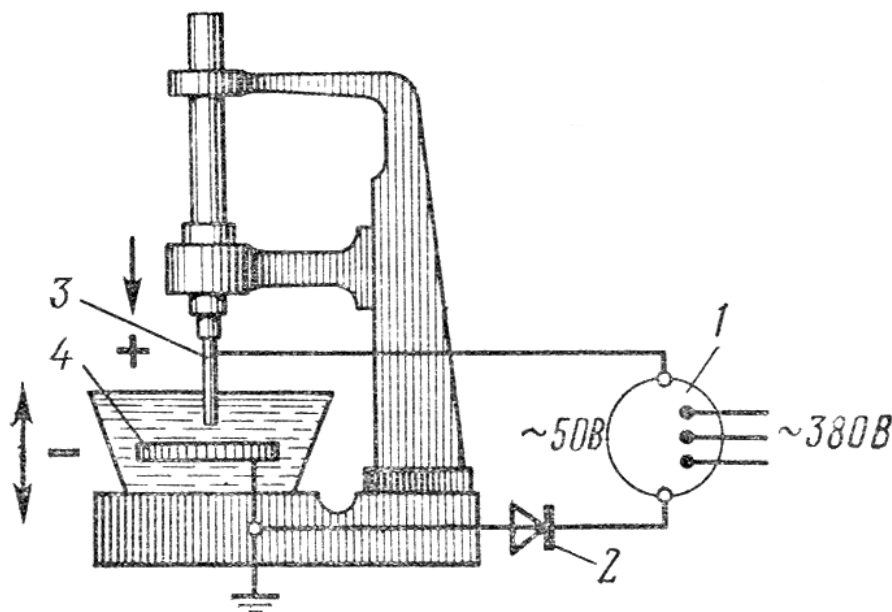


Рис. 8.16. Станок для электроимпульсной обработки

Электроимпульсный метод позволяет производить обработку на небольших площадях (до  $180 \text{ см}^2$ ) с высокой производительностью ( $4000 \text{ мм}^3/\text{мин}$ ).

**Электроимпульсный копировально-прошивочный станок 4723М** (рис. 8.17). Он 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.

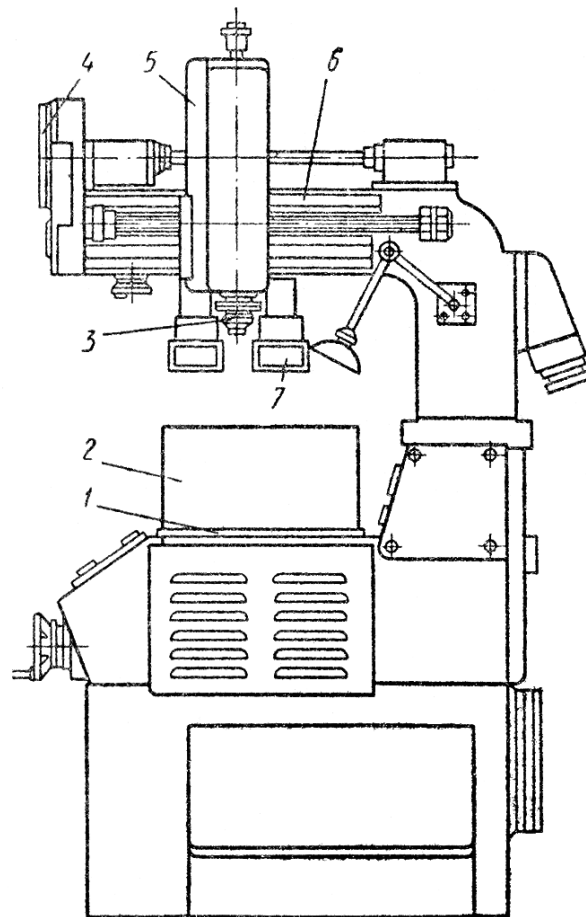


Рис. 8.17. Электроимпульсный копировально-прошивной станок мод. 4723М

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.

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, чистоту 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.

**Электроимпульсный копировально-прошивочный станок мод. 4Б772** (рис. 8.18). Станок 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.

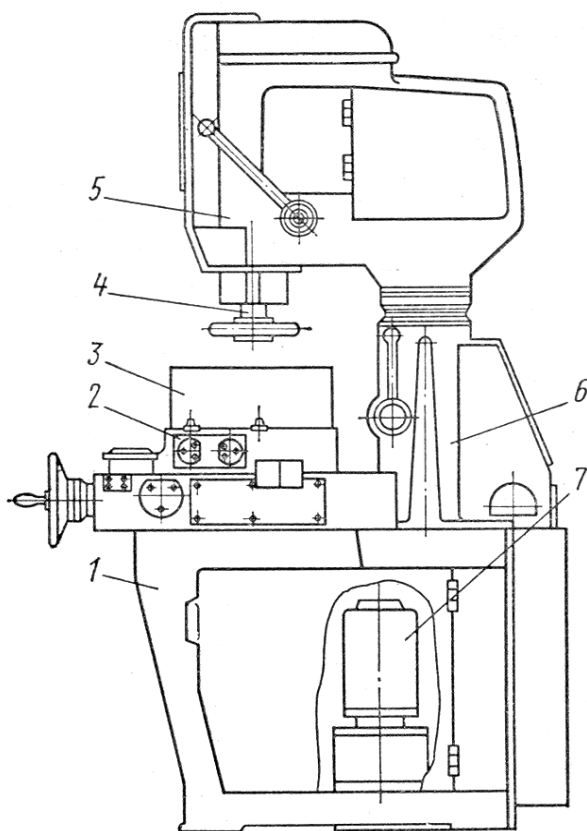


Рис. 8.18. Электроимпульсный копировально-прошивочный станок мод. 4Б772



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

В верхней части на колонне 6 имеется шпиндельная головка 5, которая заканчивается магнитострикционным вибратором 4. Шпиндель станка, несущий магнитострикционный 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. 8.19, а), а при изготовлении глубоких отверстий – нагнетанием через отверстие в инструменте (рис. 8.19, б) либо в обрабатываемой детали (рис. 8.19, 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.

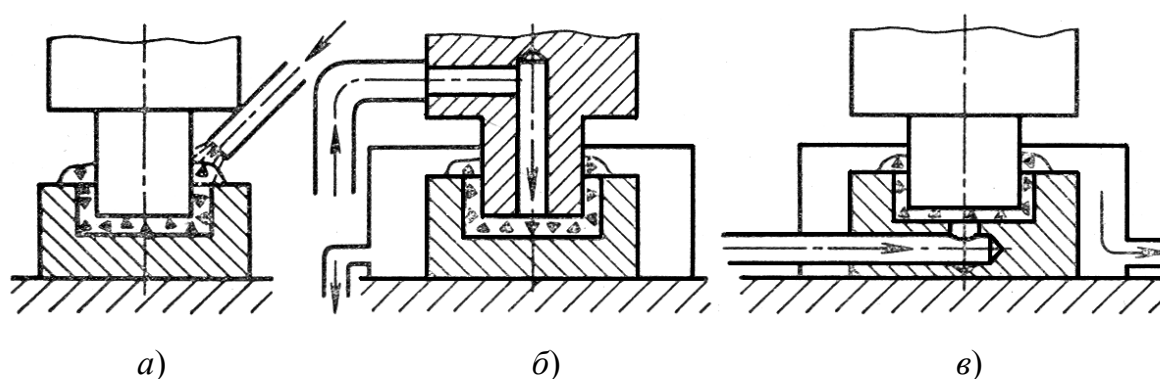


Рис. 8.19. Схема подвода суспензии

## 8.4. Анодно-механические станки

При анодно-механической резке (рис. 8.20) 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.

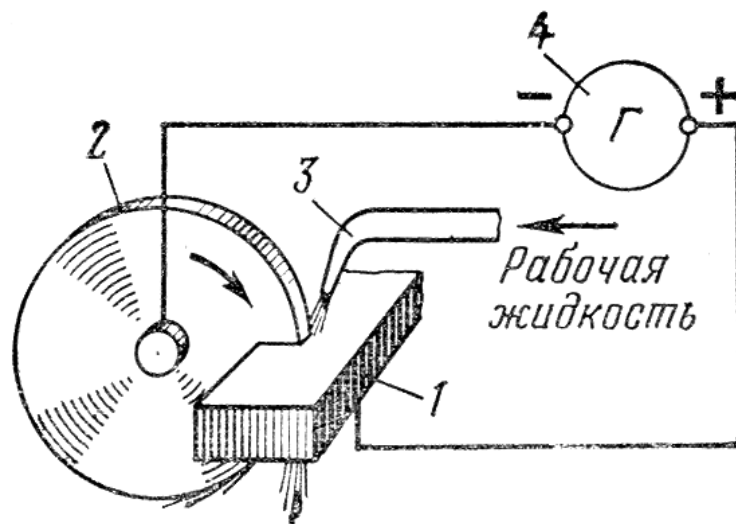


Рис. 8.20. Схема анодно-механической резки

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. 8.21, 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.

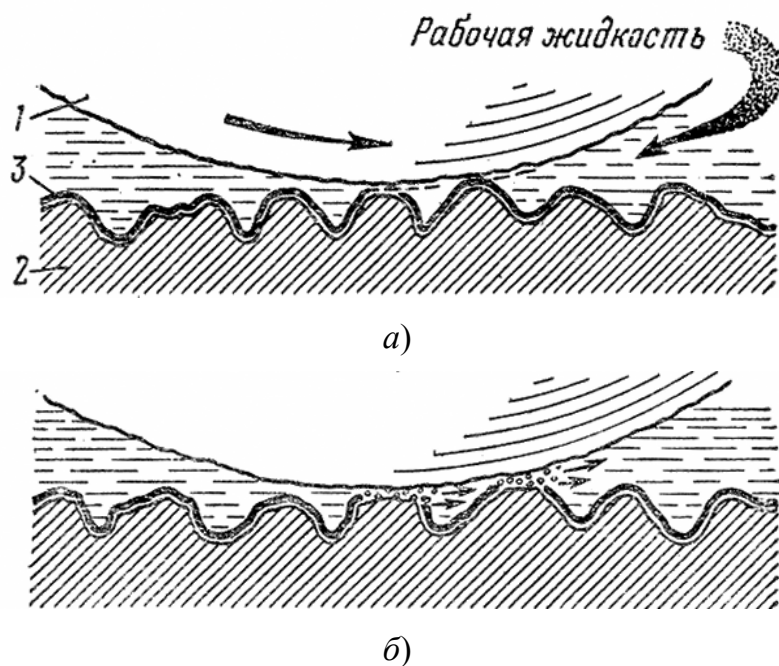


Рис. 8.21. Процессы, происходящие при анодно-механической обработке:  
*а* – электрохимическое растворение; *б* – электрическая эрозия

Вершины неровностей на поверхности заготовки (рис. 8.21, *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: электромеханическое разъедание поверхности и электрическая эрозия. В качестве рабочей жидкости-электролита применяют водный раствор жидкого стекла.

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. 8.22) зажимают в тисках *9*. Диск *3* из листовой стали укреплен на оси, расположенной в маятнике *4*, который может поворачиваться вокруг оси *6*. 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 собира-

ется 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.

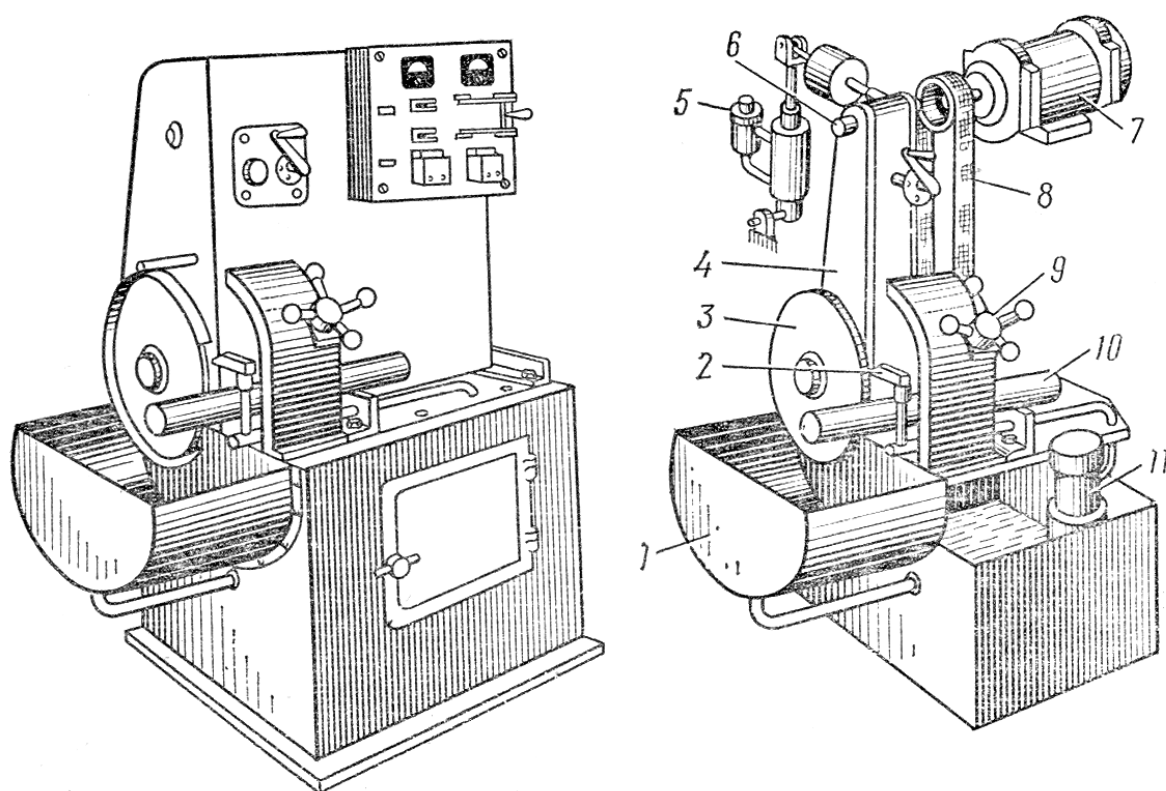


Рис. 8.22. Анодно-механический станок

При анодно-механической заточке инструмент 3 (рис. 8.23) закрепляют в тисках 4, которые присоединяют к положительному зажиму генератора постоянного тока. Заточка производится быстро-вращающимся 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).

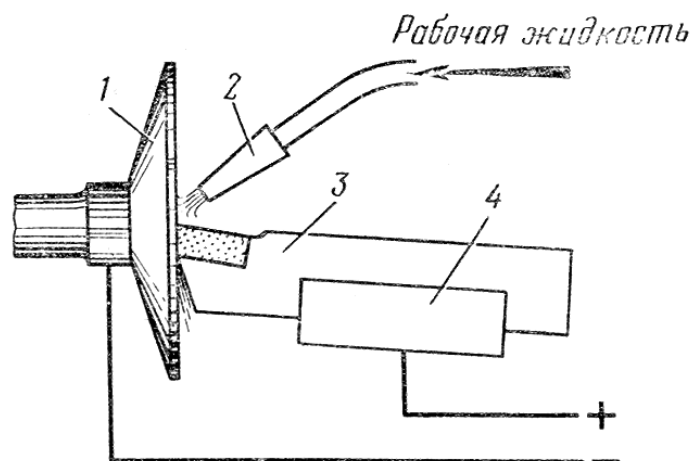


Рис. 8.23. Схема анодно-механической заточки инструмента

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 ( $1 \div 1,5$  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  $0,01 \div 0,03$  мм.

## 8.5. Анодно-абразивные станки

В случае совместного использования процесса анодного растворения с воздействием на обрабатываемую поверхность абразива удаление припуска осуществляется как за счет растворения металла электрическим полем, так и посредством его механического разрушения. Благодаря перемещению абразивных зерен относительно поверхности заготовки происходит интенсивное удаление продуктов анодного растворения из зоны обработки, что способствует стабилизации процесса и повышению его технических показателей. Такой комбинированный метод был назван анодно-абразивной обработкой. В настоящее время различают несколько разновидностей его реализации:

- абразивонесущим токопроводящим инструментом;
- электронейтральным инструментом;
- свободным абразивом.

В первом случае инструмент имеет форму кругов, брусков, применяемых при механическом шлифовании или повторяющих форму обрабатываемых участков заготовки. Но во всех случаях связка инструмента должна быть электропроводной. При этом различают электроабразивное и электроалмазное шлифование, притирку, полирование. При шлифовании (рис. 8.24, а) инструмент выполнен в форме абразивного или алмазного круга на металлической связке. Абразивные зерна могут быть равномерно распределены по всему объему инструмента или располагаться только на его поверхности.

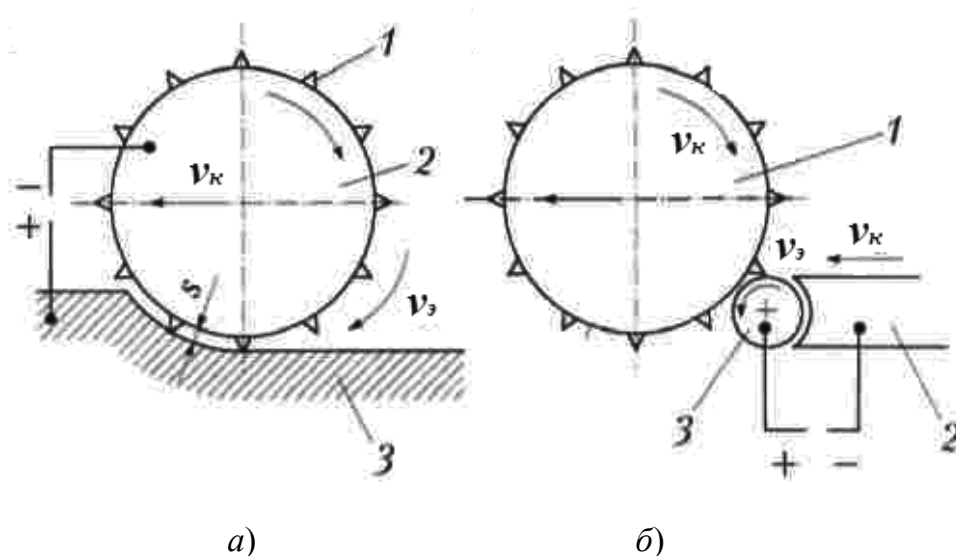


Рис. 8.24. Схема анодно-абразивного шлифования:  
 а – с токопроводящим инструментом (1 – абразивные (алмазные) зерна; 2 – шлифовальный круг на металлической связке; 3 – обрабатываемая заготовка); б – с электронейтральным инструментом (1 – диэлектрический абразивный круг; 2 – электрод-инструмент; 3 – обрабатываемая заготовка)

Алмазные зерна, как правило, закрепляют в форме кольца на внешней окружности инструмента или вдавливают их в наружную поверхность оправки. Инструмент и заготовку подключают к полюсам источника питания. В процессе обработки инструменту сообщается вращательное движение, и его подают на врезание к поверхности заготовки со скоростью  $v_K$ . В этом случае межэлектродный зазор  $s$  ограничен выступанием зерен абразива из связки. Поэтому отпадает необходимость применения сложных следящих систем для поддержания постоянной величины МЭП. Электролит подают поливом либо прокачивают его через внутреннюю полость инструмента. В последнем случае он должен иметь пазы для протекания электролита. Благо-

даря вращению инструмента электролит протекает через зазор со скоростью до 15...20 м/с.

Таким образом, в пространстве между инструментом и заготовкой имеются все необходимые условия для интенсивного протекания процесса ЭХО, в частности наличие малых зазоров, протекание электролита и возможность прохождения электрического тока. Выступающие из связки зерна в зависимости от усилия прижима инструмента к заготовке удаляют как срезаемый материал заготовки, так и продукты анодного растворения.

В случае применения диэлектрического абразивного круга (рис. 8.24, б) напряжение подают на специальный электрод-инструмент. Эту разновидность метода называют *анодно-абразивной обработкой электронейтральным инструментом*. Он может применяться при шлифовании, суперфинишировании, притирке и полировании. При реализации такой обработки необходимо применять специальные устройства для поддержания зазора между электродом-инструментом и заготовкой. Для этого используют, как правило, диэлектрические упоры. В процессе шлифования абразивный круг имеет окружную скорость до 25...30 м/с. Круг и электрод-инструмент подают к обрабатываемой заготовке со скоростью  $v_k$ . Электролит поступает через зазор со скоростью  $v_3$ . Процесс удаления металла происходит за счет абразивного съема и анодного растворения. При выполнении операций суперфиниширования, хонингования, притирки вместо абразивного инструмента может использоваться соответствующий инструмент из дерева или пластмассы. В этом случае инструмент предназначен только для механического удаления пленки оксидов с обрабатываемой поверхности, что способствует ускорению процесса анодного растворения материала заготовки.

В процессе анодно-абразивной обработки несвязанным абразивом абразивные зерна не связаны с заготовкой или инструментом, поэтому их называют *свободными*. Причем в ряде случаев зерна могут не обладать абразивными свойствами, и тогда их называют *наполнителем*. Схема такой разновидности анодно-абразивной обработки приведена на рис. 8.25, а.

Абразивные зерна или наполнитель вместе с электролитом подают в зазор между токопроводящим инструментом и заготовкой. Абразив захватывается вращающимся инструментом, удаляет часть припуска, перемещаясь со скоростью  $v_a$ , и вместе с электролитом выносит продукты анодного растворения. В тех случаях, когда необходимо

только удалить пленку, вызывающую пассивацию обрабатываемой поверхности, применяют наполнитель из стеклянных, фарфоровых или пластмассовых шариков, диаметр которых меньше величины зазора между инструментом и заготовкой.

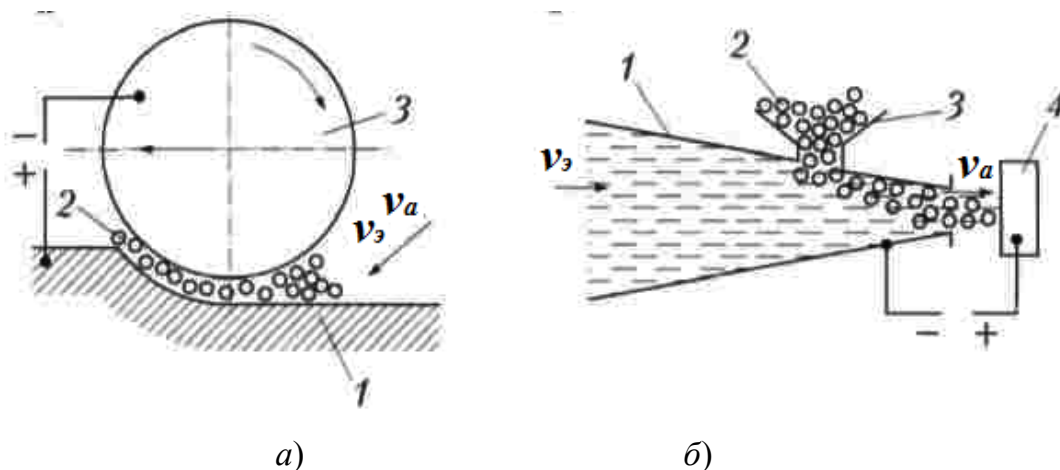


Рис. 8.25. Схема анодно-абразивного шлифования:  
 а – несвязанным абразивом (1 – обрабатываемая заготовка;  
 2 – абразивные зерна или наполнитель; 3 – токопроводящий  
 инструмент); б – с подачей наполнителя струей электролита (1 – сопло;  
 2 – наполнитель; 3 – дозатор; 4 – обрабатываемая заготовка)

Если зона обработки удалена от инструмента (рис. 8.25, б), то наполнитель могут подавать струей электролита или за счет центробежных сил, возникающих при вращении заготовки, например, крыльчатки компрессора либо колеса насоса. При подаче наполнителя струей (рис. 8.25, б) электролит через сопло прокачивают со скоростью  $v_3$ . Из дозатора в струю вводят наполнитель, который приобретает скорость  $v_a$  и транспортируется струей к обрабатываемой поверхности заготовки. С целью повышения электропроводной среды наполнитель может быть изготовлен из токопроводящих материалов: металлических шариков или графитовых композиций. Для повторного использования электролит отделяется от наполнителя, например с помощью решетки.

Станки для анодно-абразивного шлифования по конструктивному исполнению и внешнему виду похожи на обычные шлифовальные станки. В зависимости от вида операции они подразделяются на несколько групп:

- для плоского, круглого наружного и внутреннего шлифования;
- для суперфинишных операций, хонингования;
- для разрезания заготовок, заточки инструмента и др.



Плоское шлифование можно выполнять как периферией, так и торцом круга. Последний способ более производительен, так как обработка происходит по большей площади. Шлифование врезанием используется при изготовлении небольших деталей, размеры которых не превышают ширины круга. Однако из-за интенсивного износа инструмента такой способ не позволяет получать детали высокой точности, поэтому необходимо предусматривать окончательную обработку, обеспечивающую требуемую форму поверхности.

На станках для круглого наружного шлифования можно обрабатывать короткие заготовки. В этом случае инструмент работает только с поперечной подачей (если длина заготовки превышает ширину круга, то требуется и продольная подача). При электроабразивной и электроалмазной обработке круг врезается на глубину припуска при неподвижной заготовке. Далее круг только вращается, а заготовка медленно поворачивается вокруг своей оси. После снятия припуска круг устанавливают по требуемому размеру заготовки и увеличивают частоту вращения инструмента и заготовки, в результате чего происходит выхаживание профиля. Если длина заготовки значительная, то описанную операцию повторяют для каждого участка, а затем выхаживают всю поверхность.

При внутреннем шлифовании указанные станки позволяют не только увеличивать диаметр предварительно полученного отверстия, но и получать его сверлением в цельном материале. Сверла малых диаметров (менее 7 мм) делают сплошными, сверла больших диаметров – кольцевыми. Станки оснащены осевой и радиальной подачей, что позволяет после вскрытия отверстия выполнять калибровку профиля.

К специальным станкам для заточки инструмента предъявляются дополнительные требования по обеспечению точного базирования обрабатываемых заготовок, быстрого их закрепления. Однако настроечные подачи, как правило, не механизированы. Обычно продольная подача осуществляется от электродвигателя, а поперечная – вручную. Большинство заточных станков работает в полуавтоматическом или автоматическом режиме.

При создании анодно-абразивных станков необходимо обеспечить герметизацию рабочей зоны и изолировать инструмент от заготовки. В качестве примера на рис. 8.26 показан общий вид полуавтомата с ЧПУ для алмазно-электрохимического шлифования деталей из жаропрочных сплавов и сталей на хромоникелевой основе модели ОШ-625ЭФЗ производства завода «Красный борец» (Республика Бе-

ларусь). Полуавтомат предназначен для электрохимического шлифования алмазным кругом щелевых пазов на деталях из жаропрочных сплавов и сталей на хромоникелевой основе.



*Рис. 8.26.* Общий вид полуавтомата с ЧПУ для алмазно-электрохимического шлифования деталей из жаропрочных сплавов и сталей на хромоникелевой основе мод. ОШ-625ЭФЗ

Особенности конструкции полуавтомата:

- защита зоны резания кабинетного типа;
- очистка электролита от взвешенных частиц обработки при помощи центрифуги;
- отсутствие износа алмазного круга за счет электрохимического процесса в зоне обработки;
- перемещение рабочих органов на роликовых опорах посредством шарико-винтовых пар качения;
- линейная и круговая интерполяция по координатам  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ;
- система ЧПУ SINUMERIK 802D;
- обратная связь с помощью фотоимпульсных преобразователей.

*Техническая характеристика станка:*

Класс точности по ГОСТ 273–90 .....	П
Размеры рабочей поверхности стола, мм.....	450 × 200
Наибольшее перемещение стола, мм .....	550
Наибольшее расстояние от зеркала стола до оси шпинделя, мм.....	415
Пределы скоростей рабочей подачи, мм/мин....	1...250
Точность позиционирования по $X$ , $Y$ , $Z$ , мм.....	0,005

Мощность привода главного движения, кВт.....	2,2
Габаритные размеры станка, мм.....	2400 × 1500 × 1900
Масса полуавтомата, кг .....	2000

Для электроалмазного сверления и фрезерования применяют станки с вертикальной осью шпинделя (рис. 8.27). В этом случае источник питания 3 с приборами контроля и гидравлический агрегат 4 размещены в автономном блоке. Рабочая зона закрыта прозрачным кожухом 2, имеющим съемные стенки для доступа к заготовке и инструменту 1. Производственная площадь, занимаемая этим станком, близка к площади, необходимой для размещения фрезерного станка.

Станки для полирования, притирки и хонингования имеют устройства для периодического отключения тока, что позволяет обеспечивать повышенную точность профиля. В отличие от обычных станков при наложении тока можно получать заданную шероховатость непосредственно после точения, минуя операцию шлифования, что снижает трудоемкость доводочных работ.



Рис. 8.27. Общий вид станка с вертикально расположенным шпинделем для электроалмазного сверления и фрезерования

При обработке свободным абразивом применяют установки, в которых заготовка вращается, а абразивный наполнитель перемещается между электродом-инструментом и обрабатываемой поверхностью. На рис. 8.28 приведена схема рабочей части такого станка для обработки внутренней поверхности корпуса 1 компрессора.

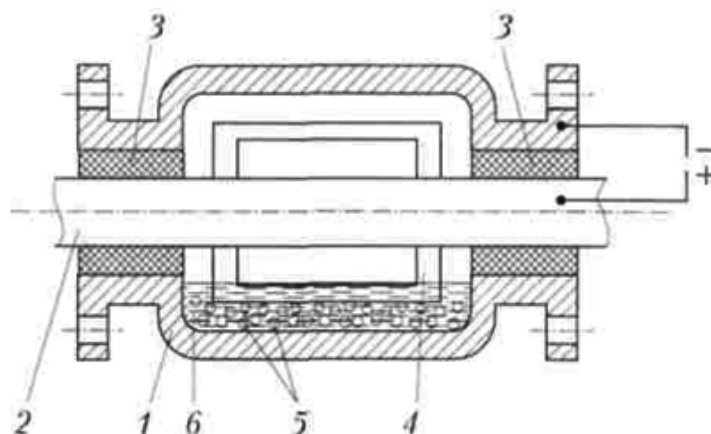


Рис. 8.28. Схема рабочей части станка для обработки внутренней поверхности корпуса компрессора

Вал 2 неподвижен и с помощью диэлектрических втулок 3 изолирован от корпуса. На валу закреплены электроды 4, которые при вращении корпуса перемещают наполнитель 5. Корпус заполнен электролитом 6. Подобные станки обеспечивают высокое качество поверхности даже тех участков, которые не могут быть обработаны другими способами.

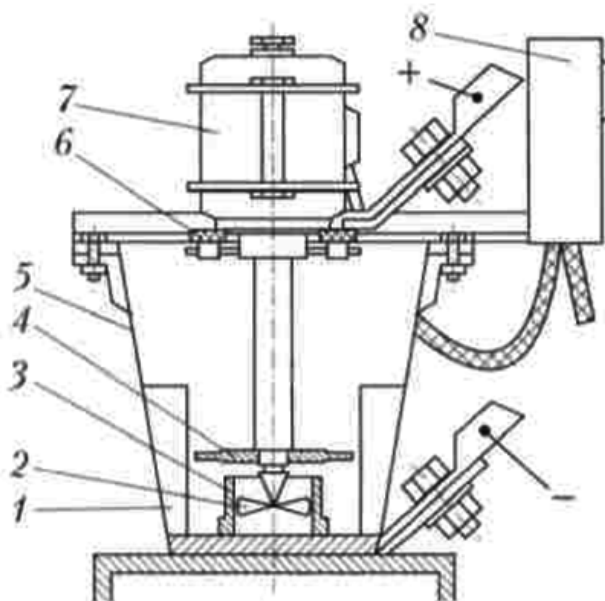


Рис. 8.29. Схема станка для обработки поверхностей электропроводным наполнителем

На рис. 8.29 приведена схема станка, применяемого для обработки поверхностей электропроводным наполнителем. Электролит с наполнителем поступает в сборник 3 и оттуда крыльчаткой 2 пода-

ется на заготовку 4 центробежного колеса. Сборник подключен к отрицательному полюсу источника питания. Ванна 1 имеет коническую форму, что обеспечивает подачу наполнителя в сборник. Внутри ванны предусмотрены гасители 5 пульсаций жидкости. Крыльчатка вращается от электродвигателя 7 с регулируемой частотой вращения. Ток от положительного полюса источника питания передается к заготовке посредством щеток 6. Управление станком осуществляется с пульта 8, смонтированного на верхней части ванны. Особенностью приведенной конструкции является возможность герметизации электрической части (пульта, электродвигателя) от зоны с электролитом. Это повышает надежность и долговечность оборудования при эксплуатации.

## 8.6. Станки для обработки ультразвуком

Ультразвук – упругие волны с частотой колебаний от 20 кГц до 1 ГГц. Для получения ультразвуковых колебаний инструмента чаще всего применяют магнестрикционные 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 магнестрикцией.

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 магнестрикционного преобразователя (рис. 8.30) заключается в том, что через катушку возбуждения 2 пропускается ток высокой частоты, который создает переменное магнитное поле такой же частоты, действующее на сердечник 1 вибратора. Для лучшего использования магнестрикционных 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.

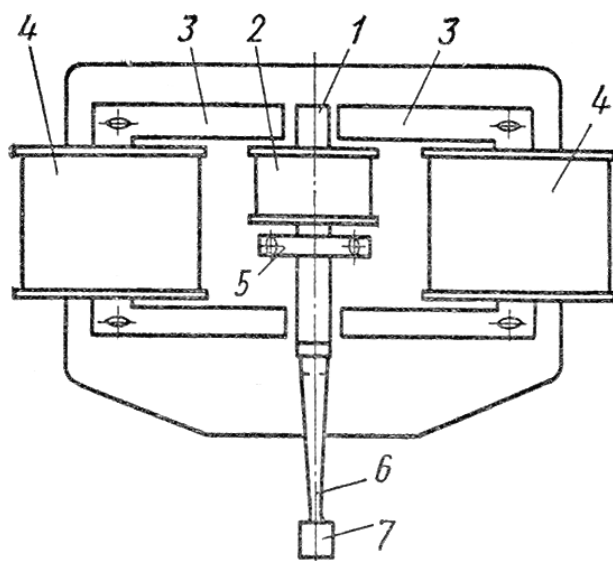


Рис. 8.30. Головка магнестрикционного преобразователя ультразвуковой установки

На рис. 8.31 приведена схема подачи с соленоидным регулятором. Колебательная система 1 расположена в шпинделе 5, выполненном в виде полого цилиндра. Шпиндель перемещается вертикально по шариковым направляющим, вес шпинделя через рычаг 7 скомпенсирован противовесом 8. Высокая чувствительность механизма подачи обеспечена применением ножевых опор 6 рычага. Для быстрого отвода шпинделя и регулирования усилия подачи служит соленоид 9, сердечник которого является деталью противовеса. Изменяя силу тока через соленоид, можно менять усилие подачи по заданной программе.

Цанговый зажим 11 шпинделя в корпусе 2 устраняет передачу крутящего усилия инструмента на шариковые направляющие. Чтобы исключить возможность резкого изменения подачи при ходе шпинделя вниз, применен масляный демпфер 10 одностороннего действия.

Для уменьшения силы подачи при обработке сквозных отверстий использовано специальное устройство: вместе со шпинделем опускается жестко связанный с ним стержень 4. Он сжимает пружину 3, что приводит к снижению силы подачи.

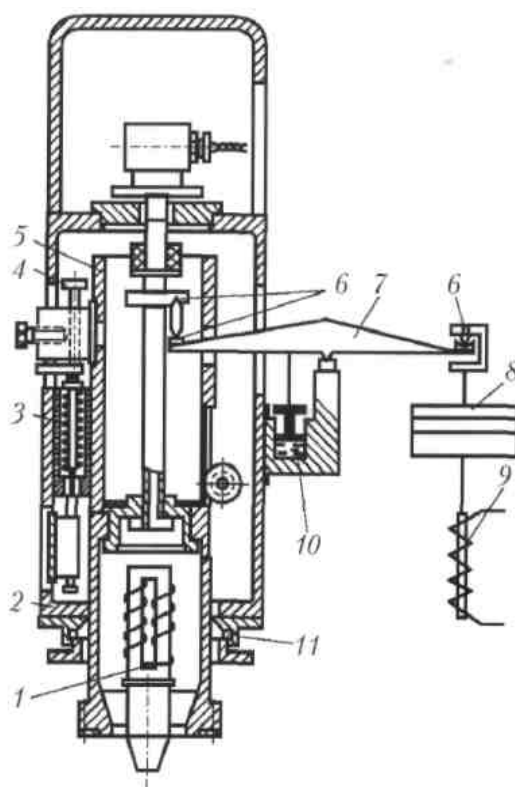


Рис. 8.31. Принципиальная схема механизма подачи ультразвукового станка с соленоидным регулятором

Универсальные ультразвуковые станки имеют одну рабочую позицию с вертикальным расположением акустической головки. По выходной мощности генератора станки разделяются на:

- станки малой мощности (0,03...0,3 кВт);
- станки средней мощности (0,25...1,5 кВт);
- станки большой мощности (до 4 кВт).

Станки первой группы применяются для обработки неглубоких отверстий диаметром 0,15...10 мм. В таких станках обычно используются преобразователи из пьезокерамики или феррита.

Наиболее распространены станки средней мощности.

**Универсальный настольный прошивочный ультразвуковой станок мод. 4770** (рис. 8.32) 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.

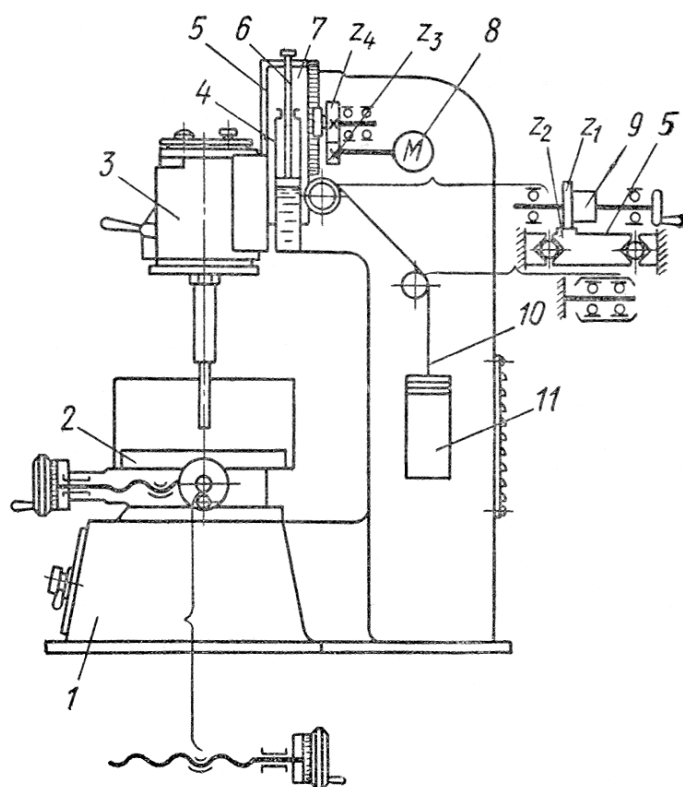


Рис. 8.32. Кинематическая схема универсального прошивочного станка мод. 4770

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 ползуна имеется 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 двухстержневой никелевый магнестрикционный вибратор (преобразователь).



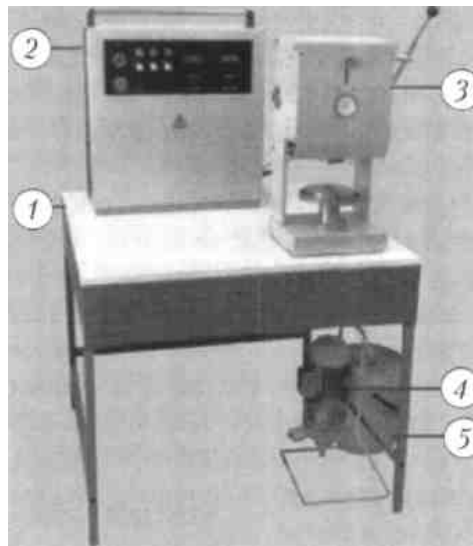
*Техническая характеристика станка:*

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм.....	0,5÷10
Наибольшая глубина обработки, мм.....	(2÷5) <i>d</i>
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

**Настольный станок мод. СНУ-10** (рис. 8.33) для размерной ультразвуковой обработки. Он предназначен для обработки хрупких материалов в абразивной суспензии.

Обработка производится инструментом, закрепленным на конце колебательной системы и работающим на ультразвуковых частотах с амплитудой 15...35 мкм.

Достижимая точность обработки 0,01 мм, наибольший параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra - 0,32$  мкм. Производительность обработки в зависимости от физических свойств обрабатываемого материала и режимов обработки находится в пределах 15...150 мм<sup>3</sup>/мин.



*Рис. 8.33.* Общий вид настольного ультразвукового станка:  
1 – стол станка; 2 – ультразвуковой генератор; 3 – блок с акустической колебательной системой; 4 – система подачи суспензии в зону обработки; 5 – емкость для абразивной суспензии

**Универсальный станок мод. МЭФ 364** (рис. 8.34). Он может применяться для размерной обработки и полирования волок из алмаза и твердого сплава, используемых в кабельной, сталепрокатной промышленности, а также в ювелирной промышленности для обработки отверстий в ювелирных и технических изделиях. Станок с вмонтированным блоком управления оснащен подвесной головкой, вращающимся столом, регулировкой усилия прижима (шкала усилия прижима), индикатором глубины обработки. Схема управления станка обеспечивает различные режимы работы и времени обработки.



Рис. 8.34. Общий вид универсального станка мод. МЭФ 364

Генератор выполнен отдельным блоком, на транзисторах, оснащен необходимыми органами управления и индикации, защитой, регулировкой и стабилизацией амплитуды, автоматической подстройкой частоты, сетевым фильтром.

При изготовлении деталей небольшими партиями целесообразно применять **акустические головки**, которые устанавливаются на металлорежущих станках. Головки бывают вращающимися и невращающимися, с автономным двигателем и без него.

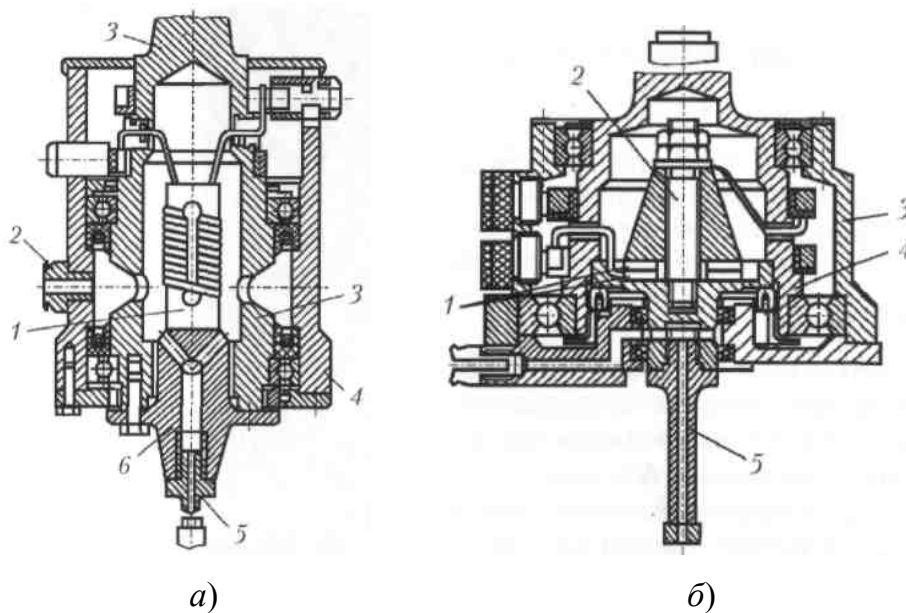


Рис. 8.35. Устройство вращающейся акустической головки:  
 а – с магнитострикционным преобразователем;  
 б – с пьезокерамическим преобразователем

Вращающаяся головка для ультразвукового сверления с магнитострикционным преобразователем (рис. 8.35, а) состоит из преобразователя 1, концентратора 6 и рабочего инструмента 5. Инструмент соединяется с концентратором с помощью резьбового соединения. На стержне преобразователя размещена обмотка, к которой подводится питание генератора. Внутри неподвижного корпуса 4 на шариковых подшипниках вращается подвижный корпус 3, который для снижения массы выполнен из титанового сплава. Охлаждающая жидкость поступает через штуцер 2 во внутреннюю полость алмазного сверла, охлаждая зону резания и вымывая шлак. На рис. 8.35, б показана схема вращающейся головки с пьезокерамическим преобразователем. Преобразователь состоит из двух пластин 1, соединенных резьбовой шпилькой 2. Корпус инструмента 5 с алмазоносной частью закрепляется в излучающей накладке с помощью резьбового соединения. Питание к пластинам подводится через медные кольца и графитовые щетки. Головка имеет подвижный 4 и неподвижный 3 корпуса. Пьезокерамический преобразователь не требует водяного охлаждения.

## 8.7. Станки электронно-лучевой обработки

Электронно-лучевая обработка основана на использовании кинетической энергии сфокусированного пучка электронов. Большие скорости электронам сообщают с помощью высоких ускоряющих на-

пряжений в среде, имеющей достаточный вакуум. Сущность процесса состоит в испарении вещества из зоны касания электронного луча. Такой обработкой можно получать очень малые отверстия и прорези шириной до 0,01 мм. Установка для электронно-лучевой обработки (рис. 8.36) 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.

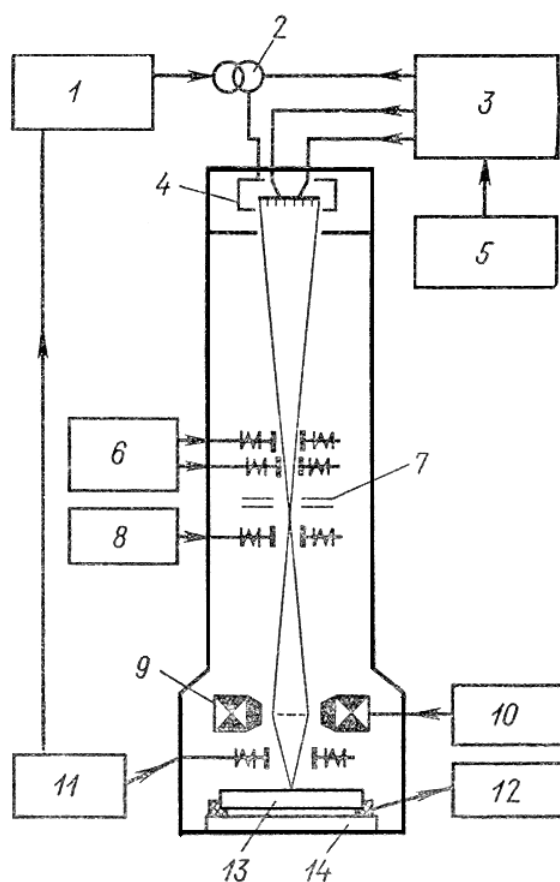


Рис. 8.36. Схема установки для электронно-лучевой обработки:  
 1 – генератор импульсов; 2 – импульсный трансформатор; 3 – источник напряжения возбуждения и накала; 4 – катод; 5 – источник высокого напряжения; 6 – электромагнитная юстировка; 7 – диафрагма;  
 8 – корректор изображения; 9 – магнитная линза; 10 – источник питания линзы; 11 – контрольный контур; 12 – катодный осциллоскоп;  
 13 – обрабатываемая заготовка; 14 – рабочий стол

*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.

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. 8.37). 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 %.

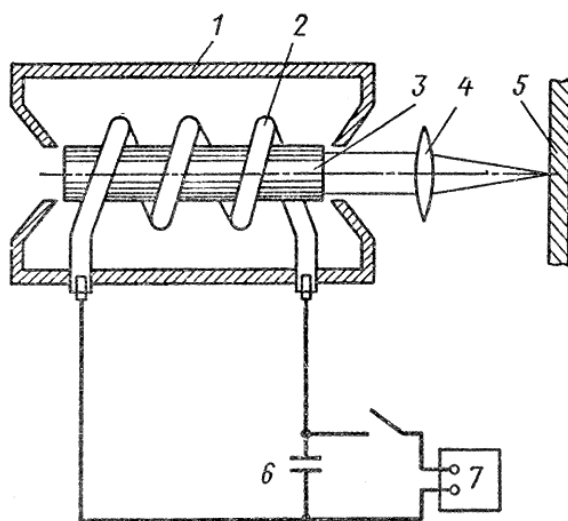


Рис. 8.37. Схема светолучевой обработки:

- 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.

## 9. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 9.1. 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 шлифовальный круг.

**Зубошлифовальный полуавтомат мод. 5893 (рис. 9.1).**

В основе работы станка лежит известный принцип образования эвольвенты окружности (рис. 9.2): 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 шлифовального круга, 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 шлифовального круга (точнее – со следом этой плоскости) в точке  $A$ .

При вращении шпинделя вместе с закрепленным на нем долбяком и копиром вся система перемещается под действием груза параллельно производящей прямой  $C'C'$ . Основная окружность катится без скольжения по этой прямой.

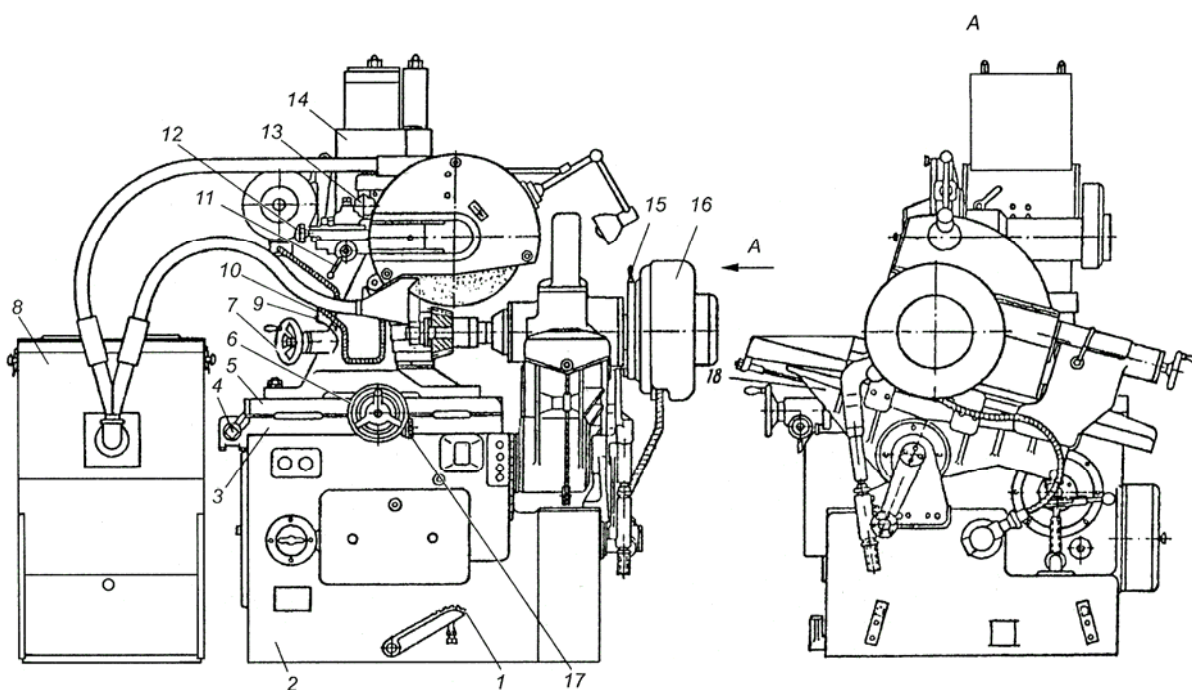


Рис. 9.1. Общий вид зубошлифовального полуавтомата мод. 5893:

- 1 – панель тормоза; 2 – станина; 3 – нижний стол; 4 – квадрат продольного перемещения круга; 5 – верхний стол; 6 – маховичок поперечного перемещения круга; 7 – маховичок вертикального перемещения круга; 8 – пылесос; 9 – колонна; 10 – поворот колонны; 11 – рукоятка продольного перемещения приспособления для правки круга; 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 шлифовального круга; 18 – салазки

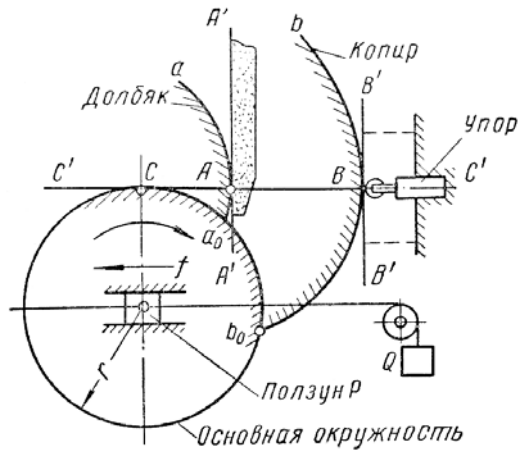


Рис. 9.2. Принцип работы зубошлифовального полуавтомата

На практике схема перемещения салазок параллельно производящей прямой не применяется, так как шлифовальный круг при этом работал бы одной окружностью, которая описывается точкой  $A$ , и круг быстро изнашивался бы. Кроме того, при такой схеме основные окружности копира и шлифуемого долбяка должны точно совпадать. Следовательно, для каждого диаметра начальной окружности долбяка необходимо изготовить отдельный копир.

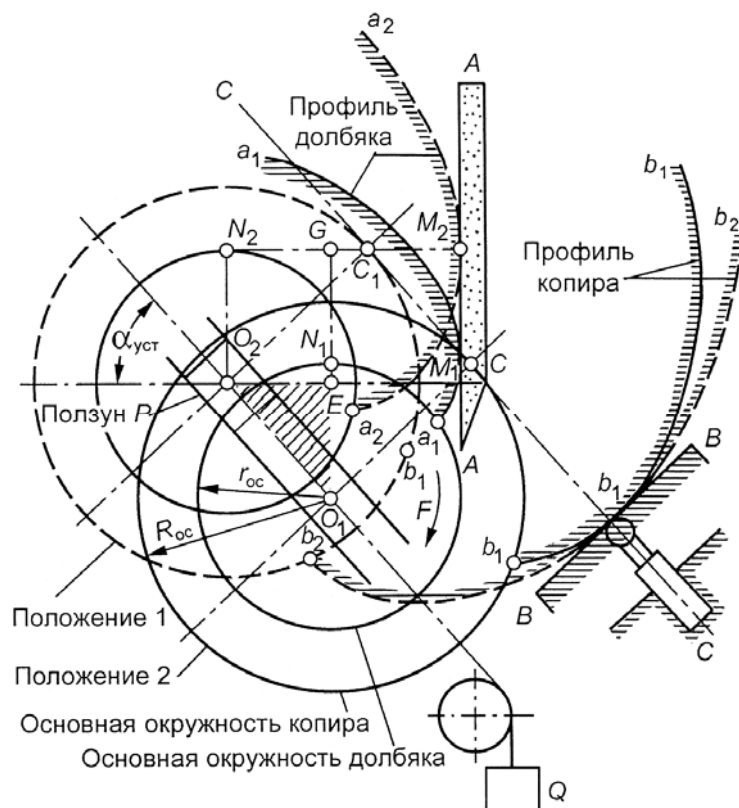


Рис. 9.3. Схема расположение салазок станка под углом установки



Для устранения этих недостатков конструкцией станка предусмотрена возможность установки салазок вместе с производящей прямой под углом  $\alpha_{уст}$  к оси шпинделя шлифовального круга (рис. 9.3). Это позволяет шлифовальному кругу работать всей кольцевой поверхностью, так как центр основной окружности долбяка перемещается из одного положения в другое по наклонной прямой  $O_1O_2$ , а профиль зуба долбяка при этом перемещается от точки  $M_1$  к точке  $M_2$ .

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 круг 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 круге, и, как следствие, к его неравномерному износу. Исходя из этого на практике принимают  $10^\circ < \alpha_{уст} < \alpha$ , где  $\alpha$  – угол зацепления шлифуемого долбяка.

Привод станка показан на рис. 9.4. От электродвигателя 3 ( $N = 1$  кВт,  $n = 930$  мин<sup>-1</sup>) через клиноременную передачу 2 с четырехступенчатыми шкивами и фрикционную конусную муфту 1 вращение передается червячному валу 8, с которого движение сообщается цепи качания рабочей головки (бабки изделия) и цепи деления.

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, установленных под углом  $\alpha$  к горизонтальной плоскости. Постоянный контакт копира 4 с плоскостью упора 5 обеспечивается грузом 7.

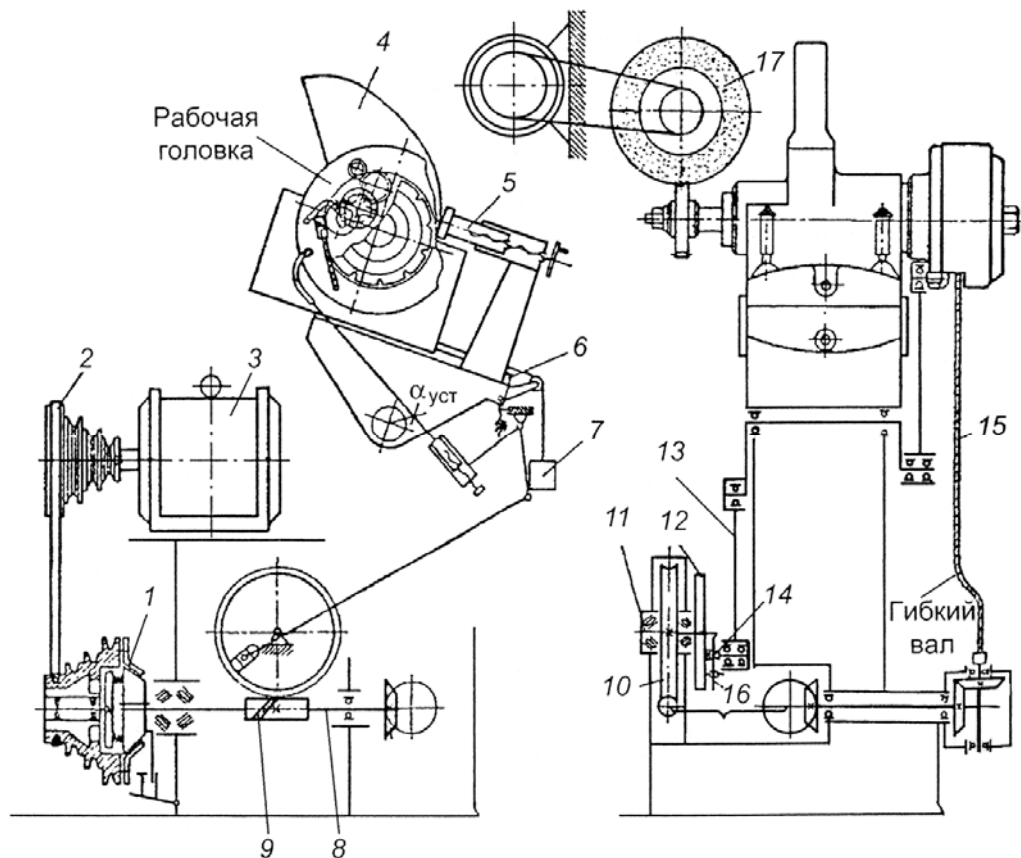


Рис. 9.4. Кинематическая схема полуавтомата мод. 5893

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

## 9.2. 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 профишлифовальный станок мод. 395М1** (рис. 9.5) 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.

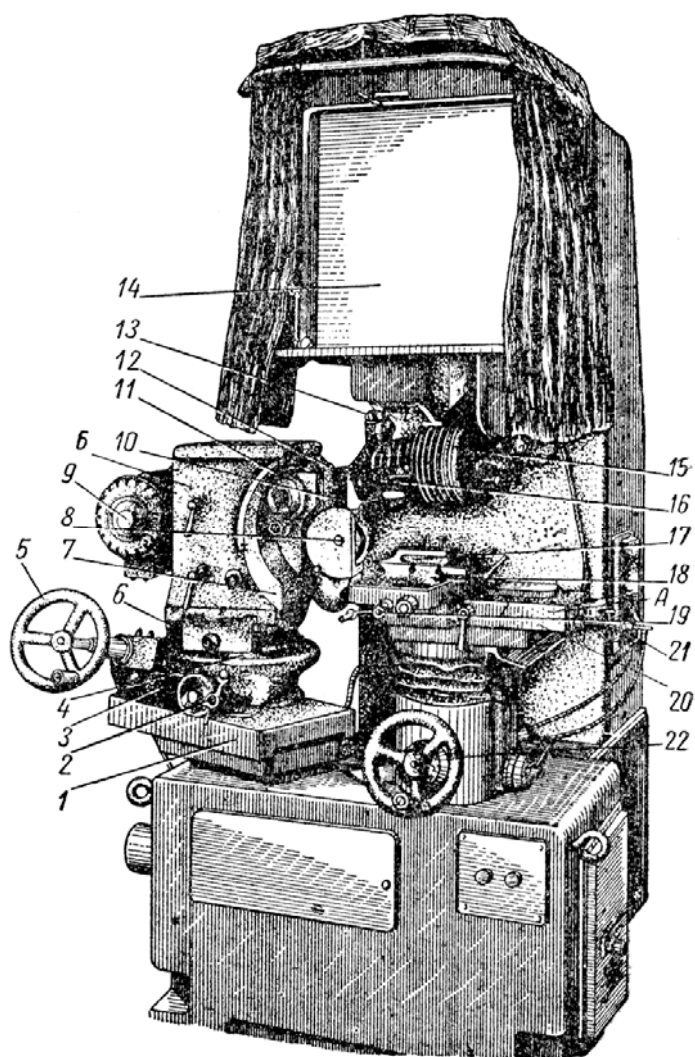


Рис. 9.5. Общий вид профишлифовального станка мод. 395М1

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.

Вертикальное перемещение узла координатного столика производится по круглой направляющей от маховичка *22* через пару конических колес, гайку 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 числа 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 чего 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.

Используя имеющиеся перемещения шлифовальной головки, можно обрабатывать фасонные профили деталей.

На боковой стенке круговых салазок 10 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 мод. 395М1 позволяет шлифовать различные профили у сырых и каленых деталей плоской и круглой формы с точностью 0,01÷0,02 мм.

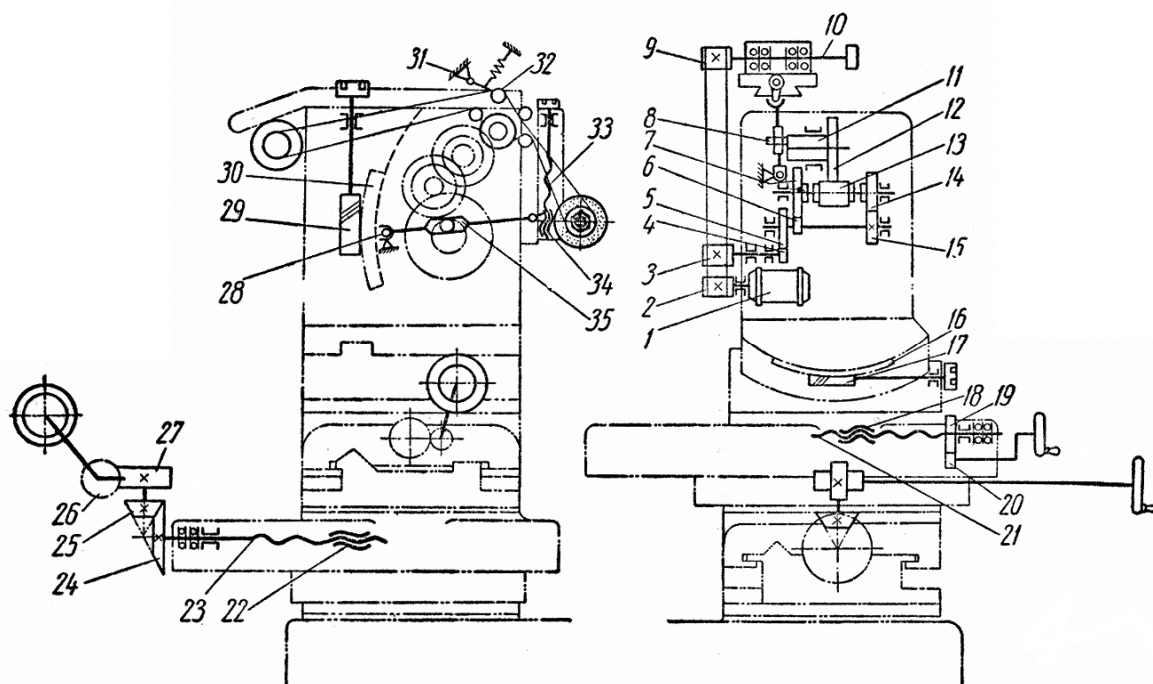


Рис. 9.6. Кинематическая схема шлифовальной головки станка мод. 395М1:

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

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 обработка 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 мод. Ш-228** служит для обработки профилей калибров, шаблонов, призматических и дисковых резцов, а также составных матриц штампов.

Конструкция профилешлифовального станка мод. Ш-228 (рис. 9.7) основана на применении пантографов (рис. 11.1).

Координация положения инструмента и копирующего 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. 9.7 и 9.8, *a*).

Основной пантограф обеспечивает точную координацию положений режущей точки абразивного инструмента и рабочей точки копирующего пальца. Он имеет вертикальную ось поворота *VII*, которая смонтирована в кронштейне *9*; кронштейн закрепляется на стойке *7*. Копирующий палец *15* закреплен на длинном плече основного пантографа *A* и поддерживается хоботом *8*. Копирующий палец поворачивается вокруг оси *I*, которая проходит через его вершину. Для точной координации положения рабочей точки копирующего пальца с режущей точкой абразивного инструмента последняя должна находиться на оси *V* (рис. 9.8, *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.

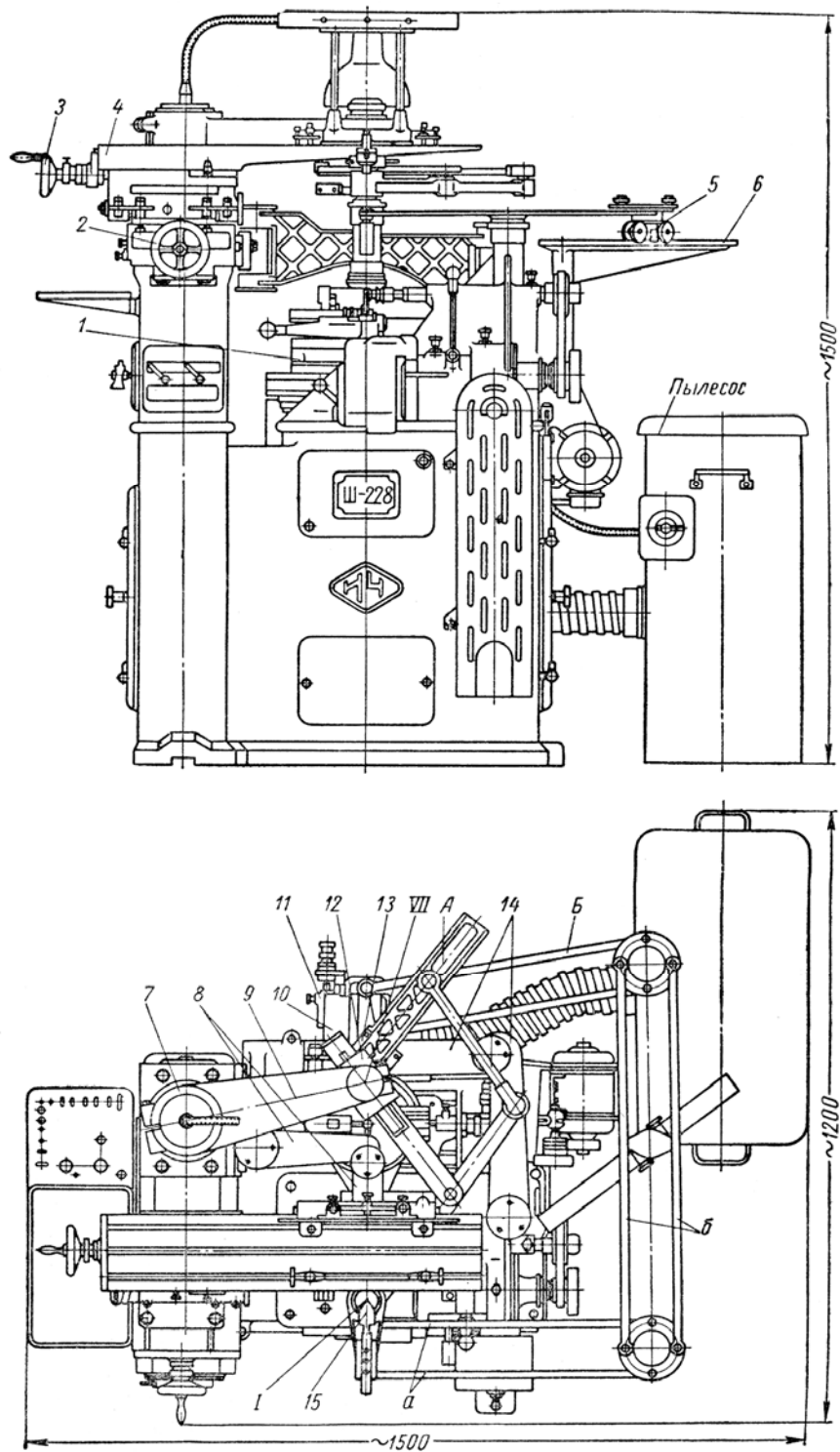


Рис. 9.7. Профилешлифовальный станок мод. Ш-228

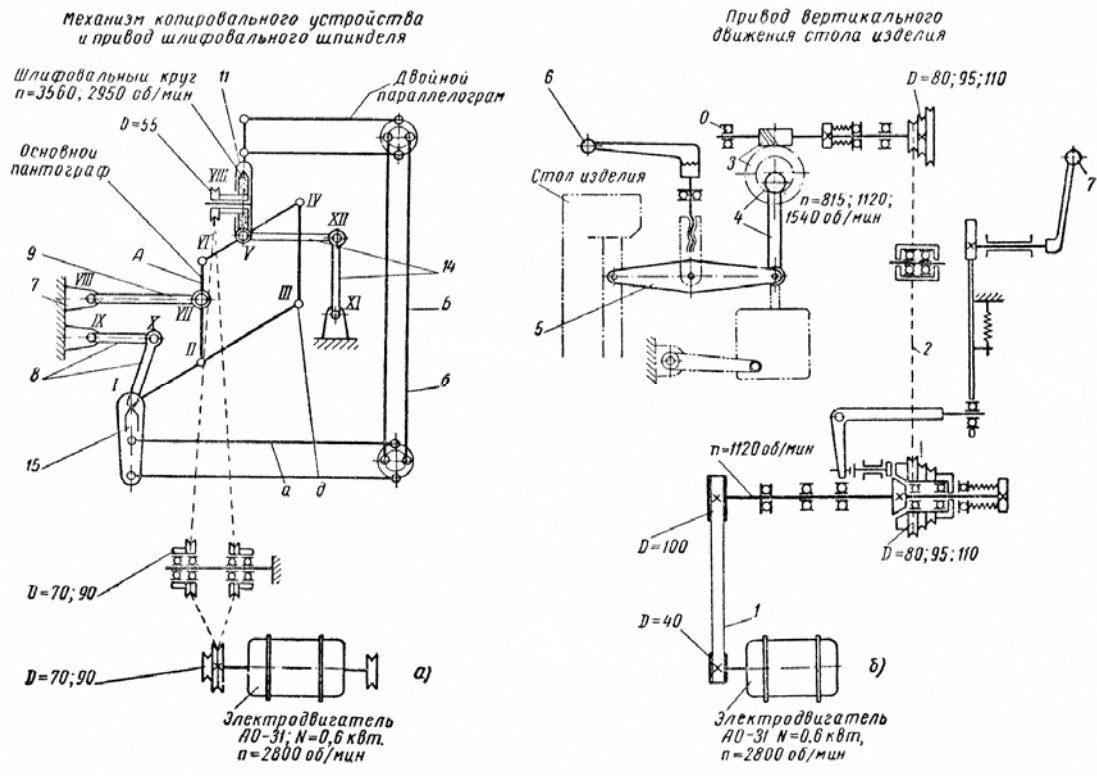


Рис. 9.8. Кинематическая схема профилешлифовального станка мод. Ш-228

Вспомогательный пантограф *Б* обеспечивает точную угловую координацию копера и абразивного инструмента, чем достигается правильное относительное расположение их осей симметрии. Для этого вспомогательный пантограф плечом *а* соединен с осью *I* кронштейна *δ*, 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 *б* пантографа и опирается на специальный кронштейн *б*.

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. 9.9. В ползушке *5* корпуса шлифовальной головки закрепляется ось *1*, на которой посажена бронзовая втулка *2*. На втулке монтируется шкив *3* с абразивным инструментом. Конструкция подшипника шпинделя предусматривает возможность выбора игры 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. 9.8, *a*).

Смещение абразивного инструмента по оси производится подбором соответствующей толщины шайб 4 (рис. 9.9). В процессе работы шлифовальный круг срабатывается, что ведет к искажению профиля обрабатываемой детали.

Поэтому предусмотрено приспособление для правки инструмента, которое закрепляется на поворотном столе 1 изделия (рис. 9.7) 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.

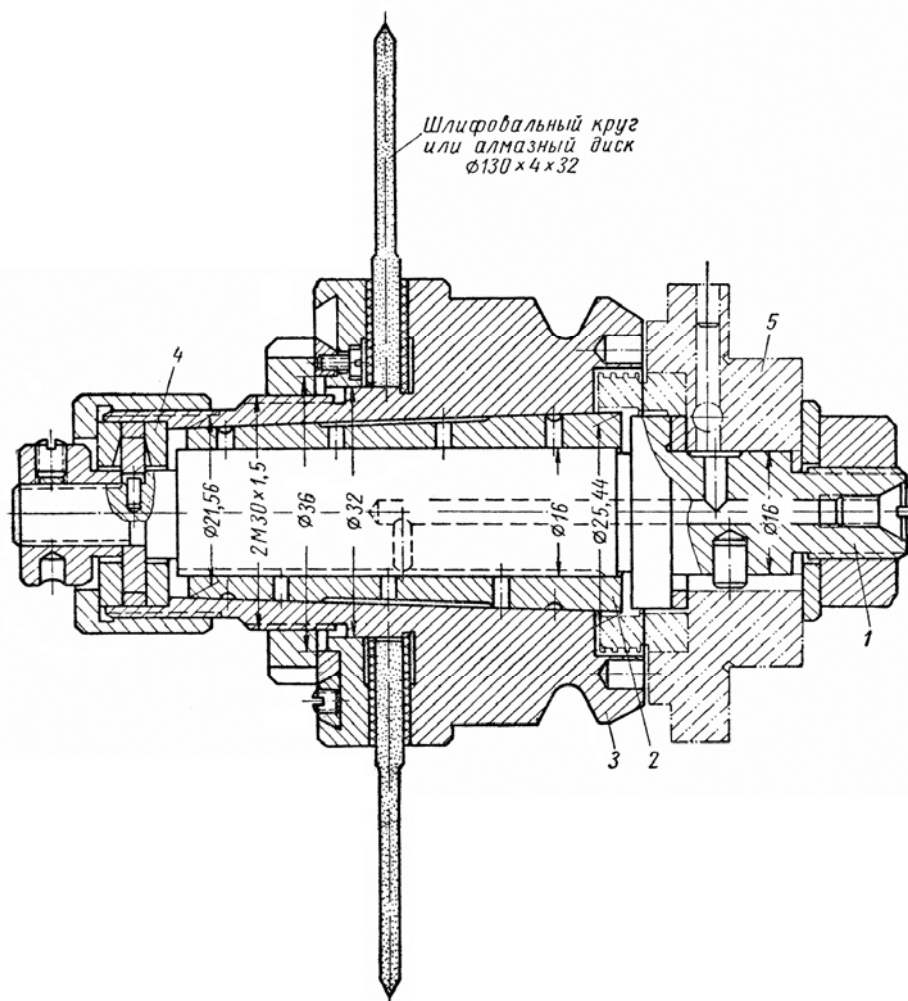


Рис. 9.9. Шлифовальный шпиндель станка мод. Ш-228

Копиры могут быть изготовлены из листовой стали толщиной  $1 \div 2$  мм, а при небольших партиях деталей – из целлулоида.

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. 9.7) и отсчитываются по шкалам с нониусом с точностью 0,01 мм. Наибольший угол поворота стола  $35^\circ$ . 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 со скоростью 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. 9.8, 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.

## 10. 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 шлифовального круга.

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.

### **10.1. 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.

## 10.2. Универсально-заточные станки

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 мод. 3М642* (рис. 10.1, 10.2) 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.

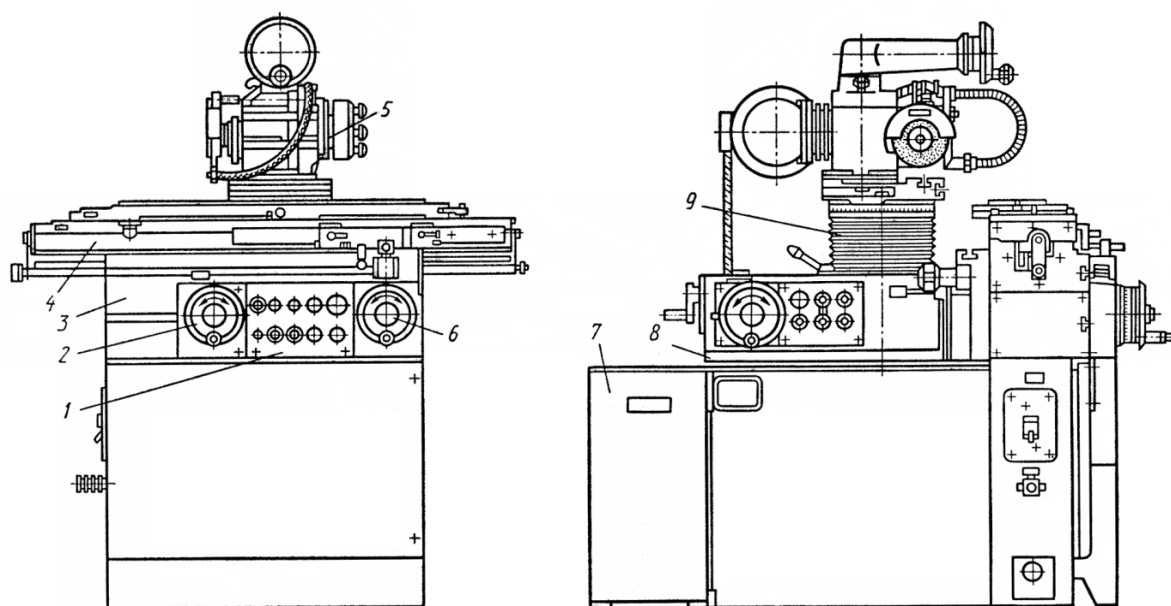


Рис. 10.1. Общий вид универсально-заточного станка мод. 3М642:

- 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

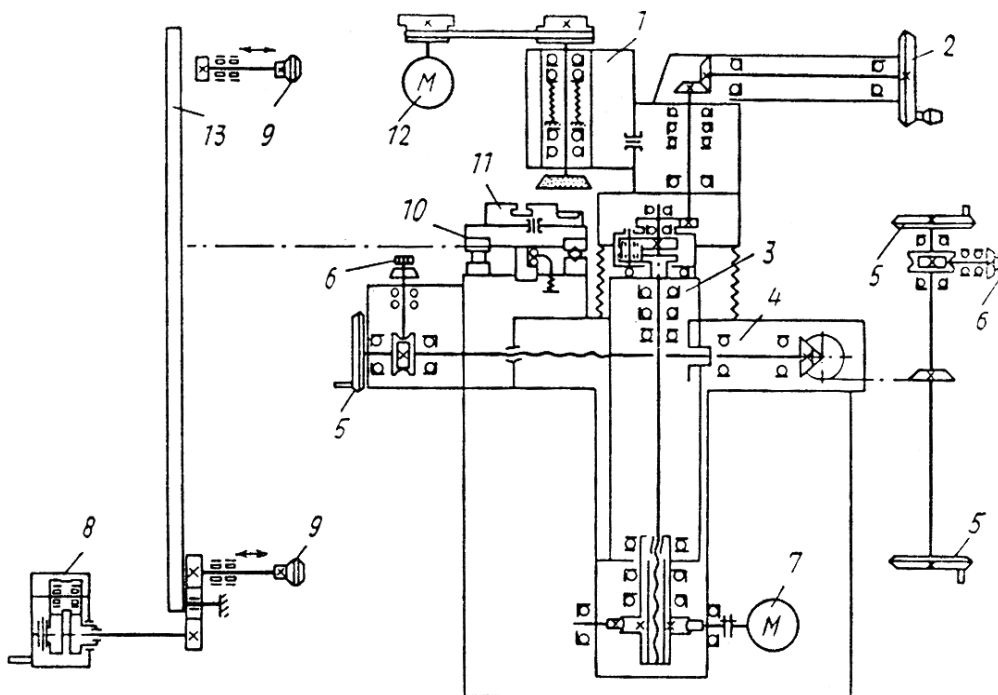


Рис. 10.2. Кинематическая схема универсально-заточного станка мод. 3М642:

- 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

Шлифовальная бабка имеет наклон до  $20^\circ$  (рис. 10.3).

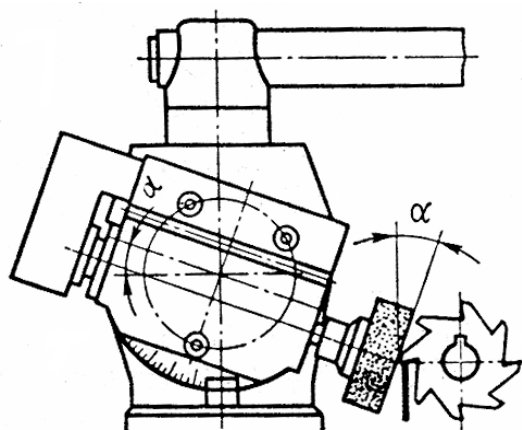


Рис. 10.3. Шлифовальная бабка станка мод. 3М642

Основные приспособления к универсально-заточному станку 3М642.

*Центровые бабки* (рис. 10.4) 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.

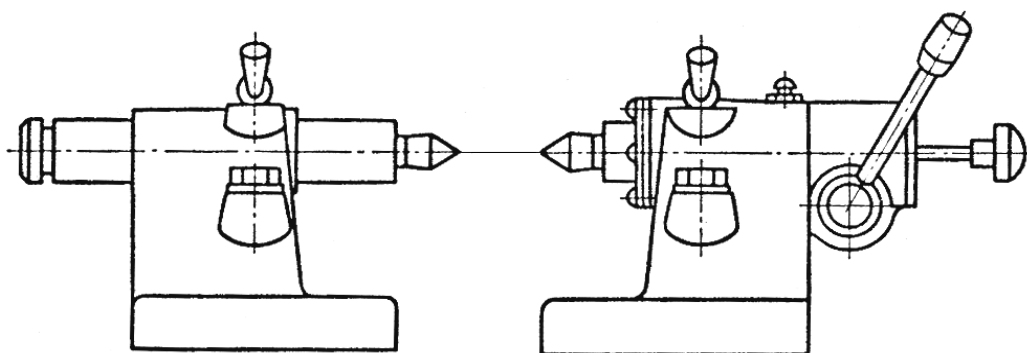


Рис. 10.4. Центровые бабки

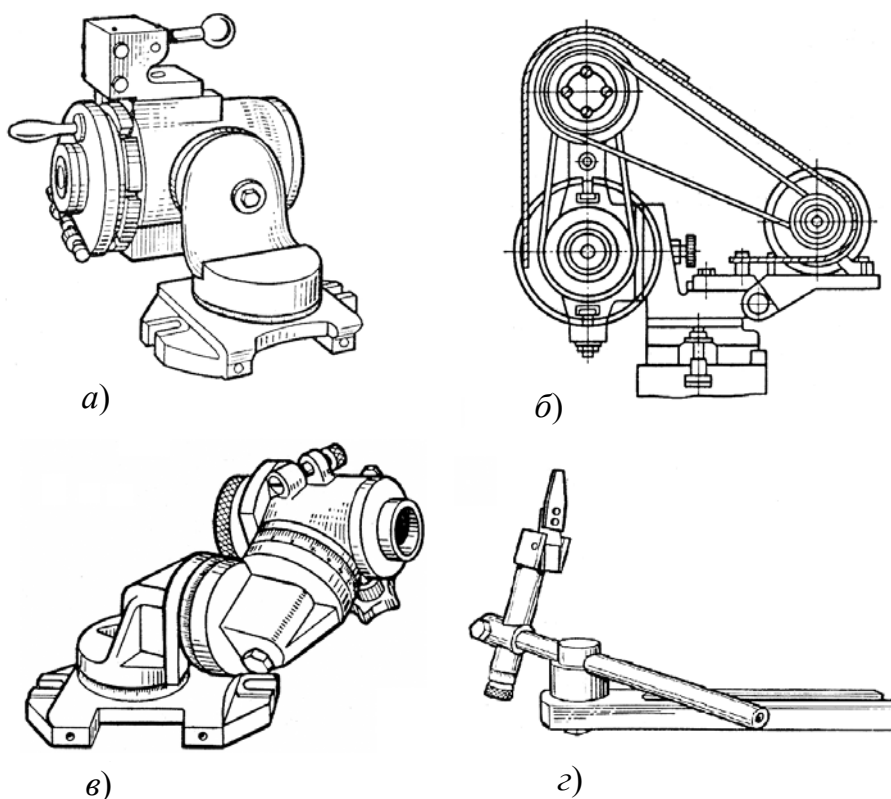


Рис. 10.5. Эскизы технологической оснастки:

*а* – большая универсальная головка; *б* – приспособление для круглого шлифования; *в* – малая универсальная головка; *г* – универсальная упорка

Большую универсальную головку (рис. 10.5, 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. 10.5, б) монтируют на большой универсальной головке.

Малую универсальную головку (рис. 10.5, 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. 10.5, г) предназначена для правильного ориентирования зуба многолезвийного инструмента при заточке, а также для деления при переходе к заточке следующего зуба.

Универсальными тисками (рис. 10.6, а) пользуются при заточке резцов и плоских протяжек; они позволяют повернуть инструмент вокруг трех осей на  $360^\circ$ .

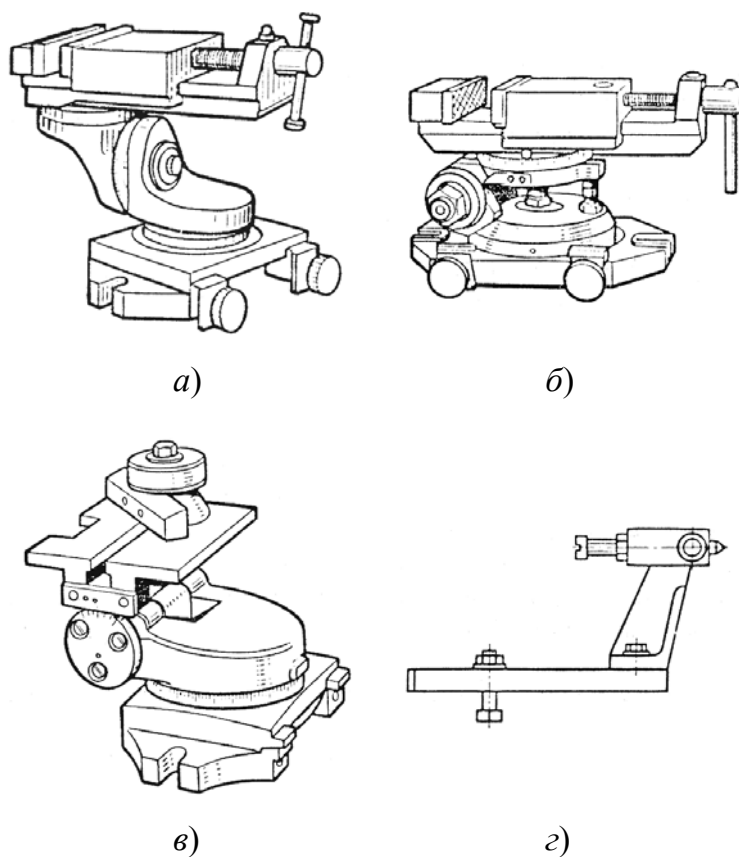


Рис. 10.6. Эскизы приспособлений для заточки инструментов:  
а – универсальные тиски; б – наклонно-поворотные тиски;  
в – подручник; г – приспособление для линейной правки круга

*Наклонно-поворотные тиски* (рис. 10.6, 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. 10.6, в) служит опорой при заточке вручную резцов и дисковых пил.

*Приспособление для линейной правки круга* (рис. 10.6, г) алмазным карандашом устанавливают на стол станка.

*Наладка универсально-заточного станка на заточку инструментов*

Резцы затачивают торцом или периферией круга преимущественно в трехповоротных тисках. При этом используют три исходных положения (рис. 10.7) – 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 чашечного круга (рис. 10.8, а) при установке резца в поворотных тисках или специальной державке.

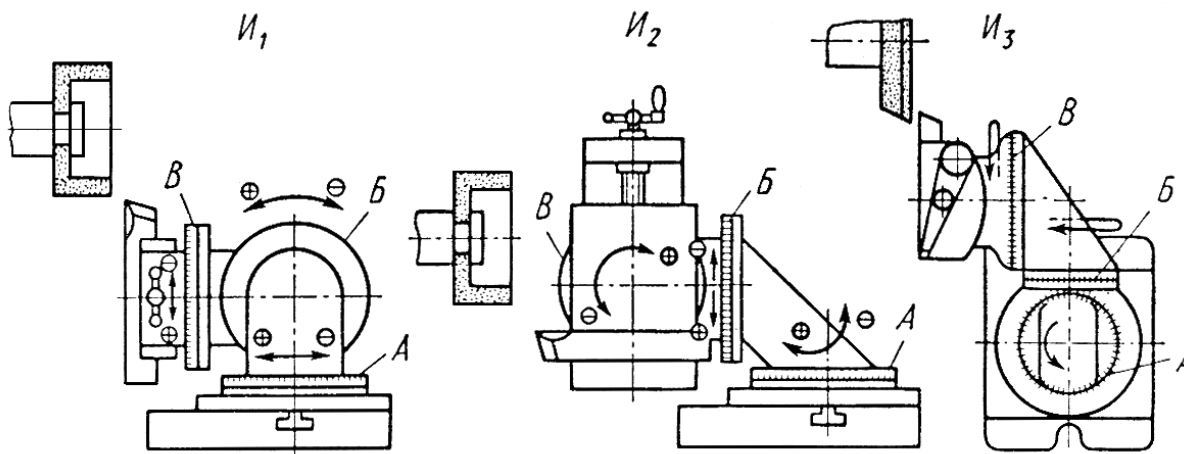


Рис. 10.7. Исходное положение резца ( $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ) при заточке в трехповоротных тисках:  
 $A$ ,  $B$ ,  $B$  – шкала поворотов

Круглые фасонные резцы затачивают по передней поверхности торцом чашечного круга (рис. 10.8, б) при установке резца на оправке в универсальной головке или в центрах.



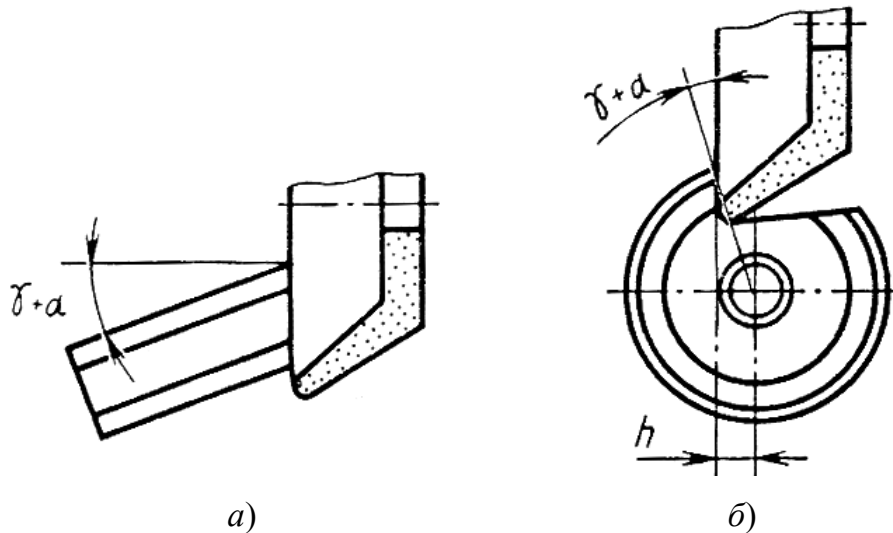


Рис. 10.8. Схемы заточки фасонных резцов по передней поверхности:  
*а* – призматического; *б* – круглого

Торцовые фрезы диаметром до 250 мм затачивают по задним поверхностям в большой универсальной головке. Из исходного положения (рис. 10.9, *а*) головку поворачивают вокруг трех осей по шкалам *А*, *Б* и *В*, соответственно, на углы:

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

$$\Theta_B \approx \alpha \cdot \cos \varphi;$$

$$\Theta_V \approx \alpha \cdot \sin \varphi.$$

Заточку обычно ведут торцом чашечного круга 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 кругу. При заточке задней поверхности винтового зуба затачиваемый зуб вручную прижимают к упорке, установленной на шлифовальной головке перед рабочей поверхностью шлифовального круга 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:

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

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

Передние и задние поверхности торцового зуба фрез затачивают в малой универсальной головке (рис. 10.9, б) с использованием упорки или делительного диска.

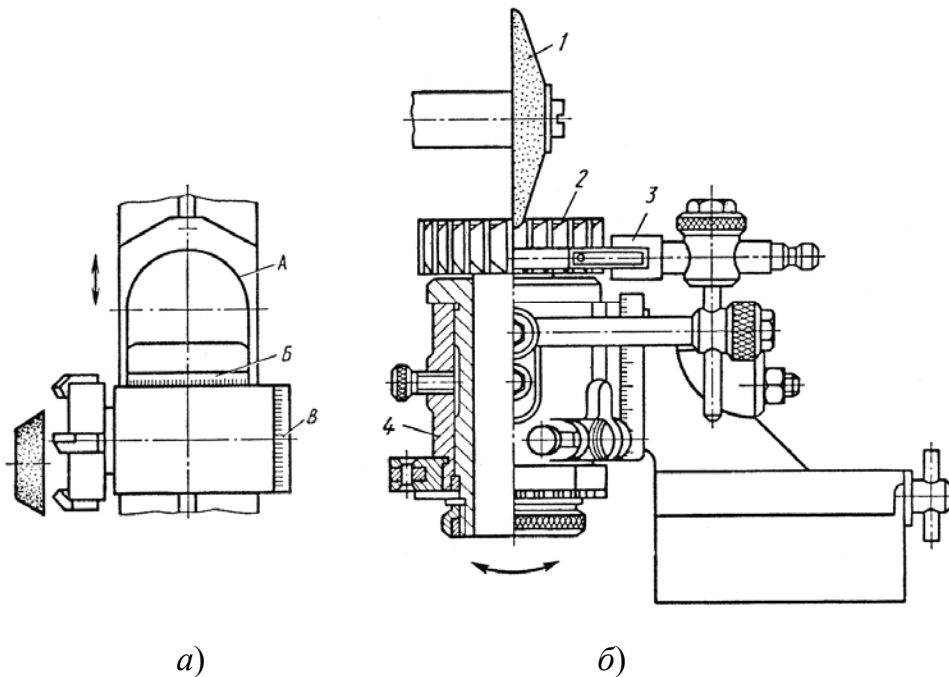


Рис. 10.9. Эскизы универсальных головок:

а – перед заточкой задних поверхностей торцовой фрезы;

б – при заточке передней поверхности торцового зуба трехсторонней пазовой фрезы (1 – круг; 2 – фреза; 3 – упорка; 4 – головка)

Фасонные фрезы с затылованными зубьями затачивают только по передней 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 круга, а с винтовыми зубьями – конической поверхностью или кромкой тарельчатого круга. Необходимый передний угол получают за счет смещения рабочей поверхности круга.

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 абразивного инструмента 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. 10.10), в которых переход от заточки первой плоскости к заточке второй производится поворотом вокруг горизонтальной или вертикальной оси, совпадающей с ребром пересечения плоскостей.

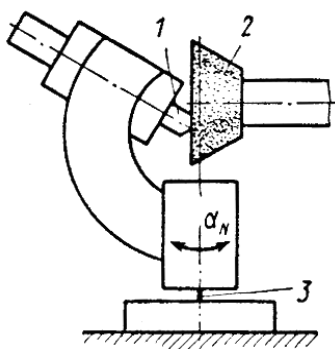


Рис. 10.10. Приспособление для двухплоскостной заточки сверла:  
1 – сверло; 2 – круг; 3 – ось поворота

При подточке поперечной кромки сверло и абразивный инструмент необходимо повернуть на некоторые углы относительно направления продольной подачи стола (рис. 10.11, а). Для осуществления этих поворотов используют оправку (рис. 10.11, б) к универсальной головке. Сверло базируется в сменной втулке оправки.

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.

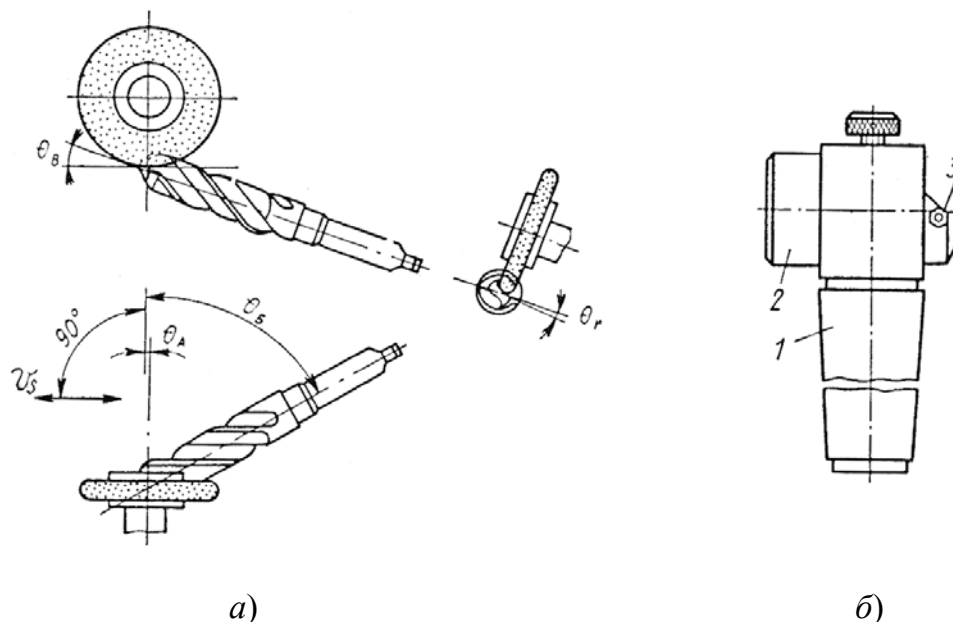


Рис. 10.11. Схема:

*a* – установки абразивного инструмента и сверла при подточке его поперечной кромки; *б* – оправка для крепления сверла (1 – корпус; 2 – сменная втулка; 3 – ориентирующий штифт)

Переднюю поверхность зуба зенкера или развертки затачивают кругом тарельчатой формы, причем для инструментов с прямыми зубьями используют торцовую сторону круга (рис. 10.12, *a*), а винтовые зубья обрабатывают его конической стороной (рис. 10.12, *б*, *в*). Для радиальной установки рабочей поверхности круга 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:

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

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.

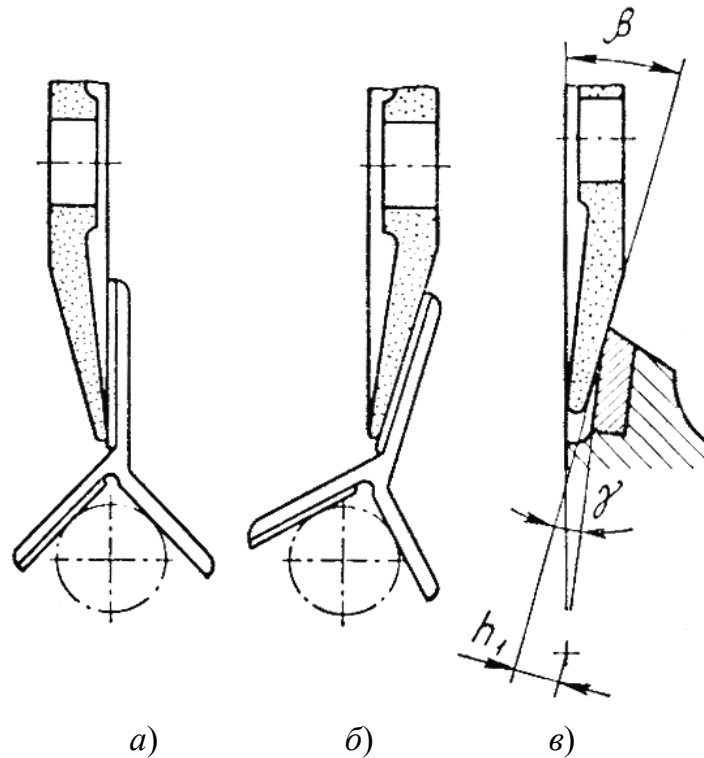


Рис. 10.12. Установка абразивного инструмента при заточке передней поверхности инструмента:  
*a* – с прямыми зубьями при  $\gamma = 0^\circ$ ; *b* – с винтовыми зубьями при  $\gamma = 0^\circ$ ;  
*v* – с винтовыми зубьями при  $\gamma < 0^\circ$

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. 10.13, *a*) вершину зуба с помощью упорки устанавливают ниже горизонтальной осевой плоскости затачиваемого инструмента на величину:

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

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. 10.13, б) упорку располагают в горизонтальной осевой плоскости затачиваемого инструмента, а ось абразивного инструмента смещают вверх на величину:

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

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

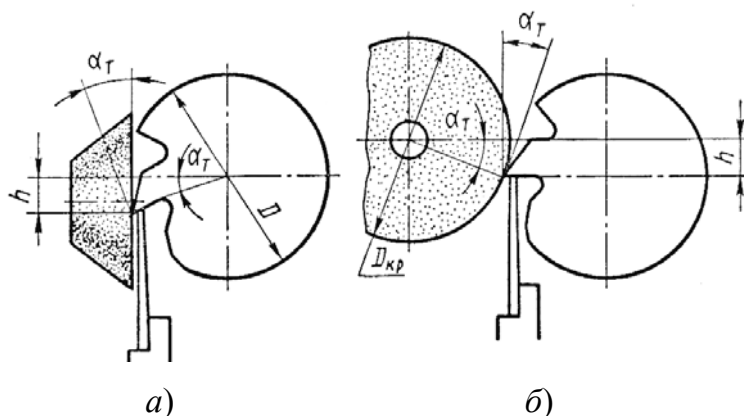


Рис. 10.13. Установка абразивного инструмента при заточке задней поверхности обрабатываемого инструмента:  
а – торцом круга; б – периферией круга

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 и 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 ( $2 \div 3$  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. 10.14). Значение заднего угла зависит от эксцентриситета  $e$  (рис. 10.15) и положения упорки. Метчик базируется в центрах и при заточке покачивается вокруг оси приспособления.

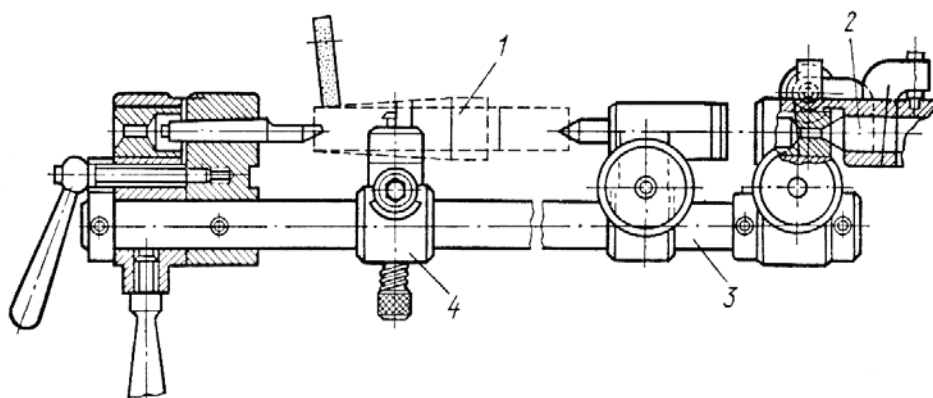


Рис. 10.14. Делительное приспособление для конической заточки задней поверхности режущей части метчика:  
1 – метчик; 2 – центр станка; 3 – штанга; 4 – упорка

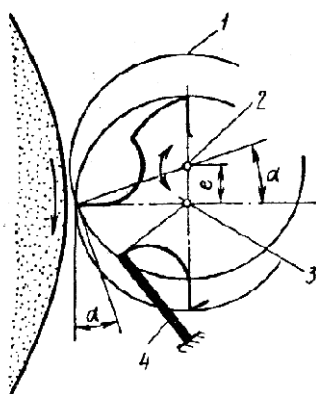


Рис. 10.15. Схема затылования:  
1 – цилиндр затылования; 2 – ось качания в центрах станка;  
3 – ось метчика; 4 – упорка

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  $h = 0,5D \cdot \sin \gamma$ . Заточка 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.

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

В приспособлениях (рис. 10.16) 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  $\delta$ .

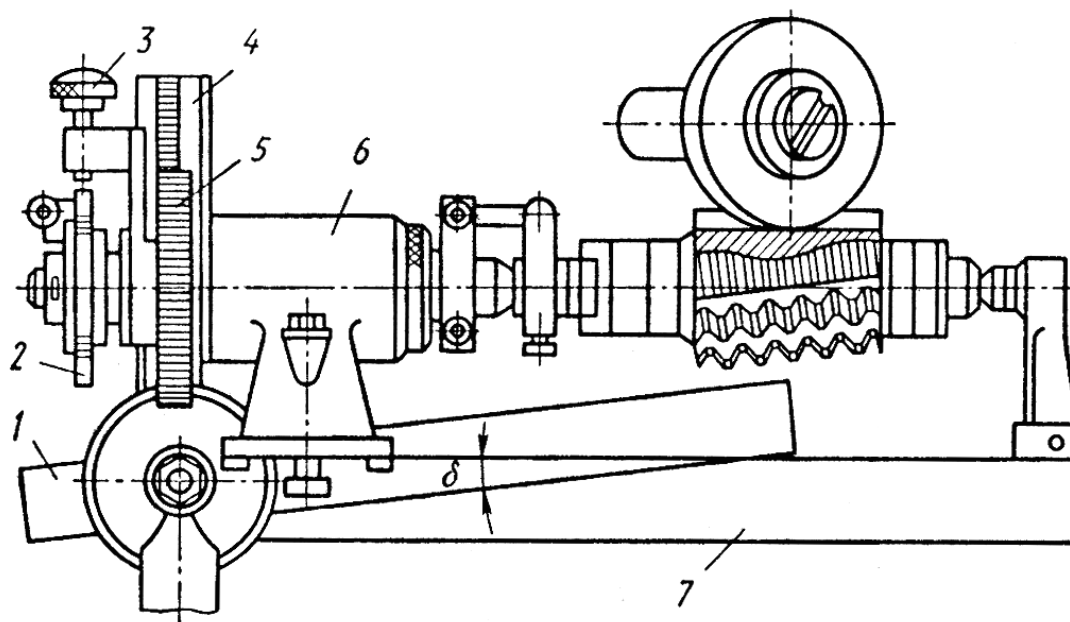


Рис. 10.16. Приспособление для заточки червячных фрез на универсально-заточном станке:

- 1 – копирная линейка; 2 – делительный диск; 3 – фиксатор;  
4 – рейка; 5 – шестерня; 6 – бабка изделия; 7 – стол станка

При заточке прямозубых фрез они устанавливаются в центрах.

Долбяки с прямыми зубьями затачиваются по передней поверхности способом круглого шлифования (рис. 10.17, а, б). Заточку вы-



полняют на универсально-заточном станке с использованием приспособления для круглого шлифования.

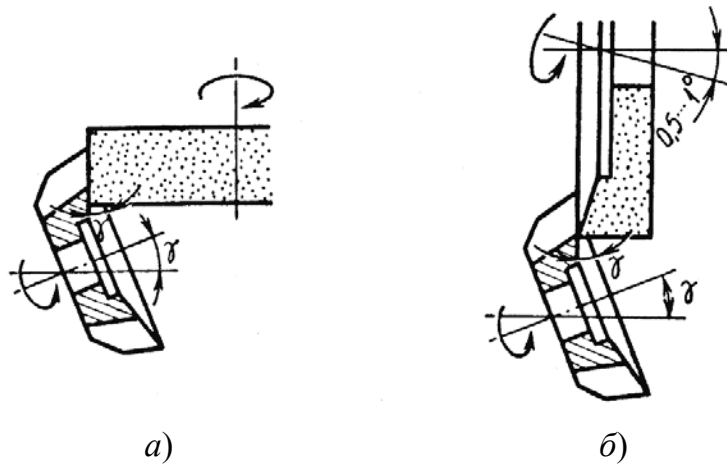


Рис. 10.17. Заточка прямозубых долбяков:  
а – периферией; б – торцом абразивного инструмента

При заточке косозубых долбяков (рис. 10.18) каждый зуб обрабатывают отдельно периферией абразивного инструмента прямого профиля способом плоского шлифования. В качестве делительного диска используют затачиваемый долбяк.

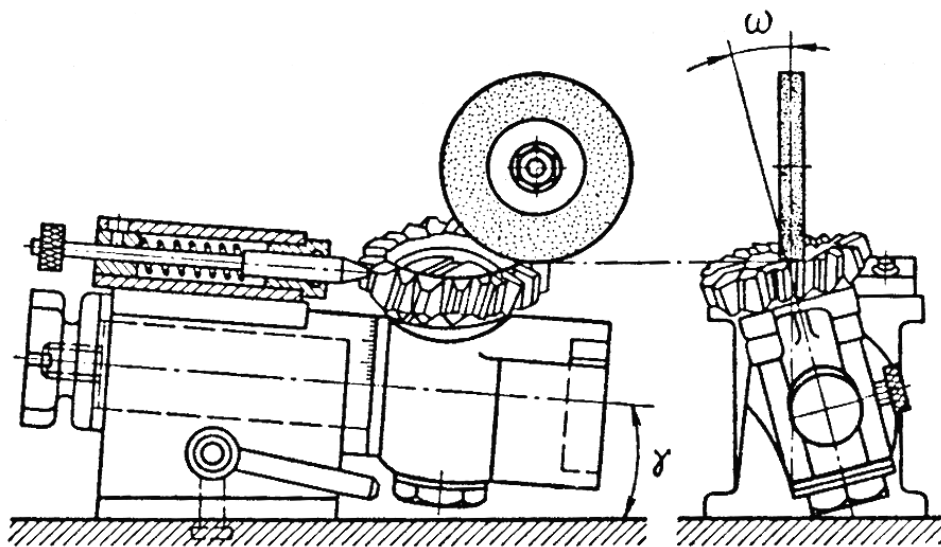


Рис. 10.18. Приспособление для заточки косозубых долбяков на универсально-заточном станке

Заточка передней поверхности внутренних протяжек осуществляется конической поверхностью абразивного инструмента тарельчатой формы. Для предотвращения повреждения режущей кромки про-

тяжки поверхностью абразивного инструмента необходимо, чтобы радиус его кривизны был меньше радиуса кривизны передней поверхности протяжки во всех точках контакта:

$$D_{кр} \leq \frac{mD \cdot \sin(\beta - \gamma)}{\sin \gamma},$$

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

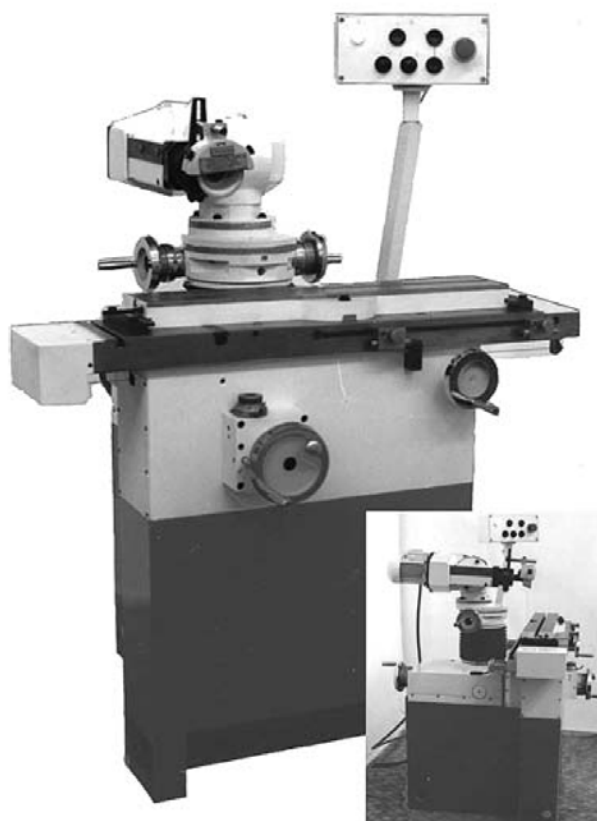
Круглые и шлицевые протяжки затачивают в центрах с использованием люнетов, расстояние между которыми не превышает  $8D$ . Вращение абразивного инструмента и протяжки должно быть встречным.

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.

**Гидрофицированный универсально-заточной станок мод. ВЗ-318Е** (рис. 10.19) предназначен для заточки и доводки основных видов режущих инструментов из инструментальной стали, твердого сплава и минералокерамики абразивными, алмазными и эльборовыми кругами. На станке возможно выполнять шлифовальные работы: круглое шлифование (наружное и внутреннее) и плоское шлифование.

Конструктивные особенности станка:

- замкнутые роликовые стальные направляющие стола и каретки, позволяющие устанавливать на стол тяжелые приспособления и детали без потери точности перемещения, а также обеспечивающие долговечность;
- безззорный привод стола от маховика;
- двигатель шлифовального круга развернут в сторону, противоположную шпинделю, что существенно расширяет технологические возможности и сокращает время переналадки;
- пульт управления легко доступен оператору с любого из трех рабочих мест;
- малые габариты станка при больших технологических возможностях;
- гидрофицированный привод продольного перемещения стола.



*Рис. 10.19.* Общий вид универсально-заточного станка мод. ВЗ-318Е

Станок оснащается следующими приспособлениями: подручник; бабка универсальная трехповоротная; приспособление для установки центров; приспособление для цилиндрической заточки сверл; тиски с конусным хвостовиком; приспособление для заточки по радиусу; тиски трехповоротные; приспособление для наружного круглого шлифования; приспособление для внутреннего шлифования; приспособление для заточки зенкеров и ступенчатых сверл; приспособление для заточки торцовых фрез; приспособление для заточки по копиру; приспособление для заточки косозубых долбяков; приспособление универсальное для правки круга; приспособление для заточки инструмента по спирали; приспособление для заточки резцов; приспособление для заточки по спирали по задней поверхности; стол поворотный; бабка задняя с регулируемой высотой центров; приспособление для заточки фасонных острозаточенных фрез; бабка для заточки торцовых фрез с конусностью 7 : 24; зажим цанговый; патрон цанговый; приспособление для заточки фрез по радиусу; приспособление для затылования метчиков; приспособление для заточки отрезных фрез; приспособление для торцевой шлифовки зубьев дисковых пил; патрон трехкулачковый; пылесос.

### 10.3. Специализированные станки для заточки резцов

*Полуавтомат мод. 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. Затачиваемый 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 осуществляется осцилляция шлифовальной бабки и врезание. После снятия припуска срабатывает путевой выключатель, включающий реле времени выхаживания. По окончании выхаживания прекращается осцилляция и подача охлаждающей жидкости, происходит разжим резца, шлифовальная бабка возвращается в исходное положение.

*Полуавтомат мод. 3В624* имеет назначение, аналогичное полуавтомату мод. 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.

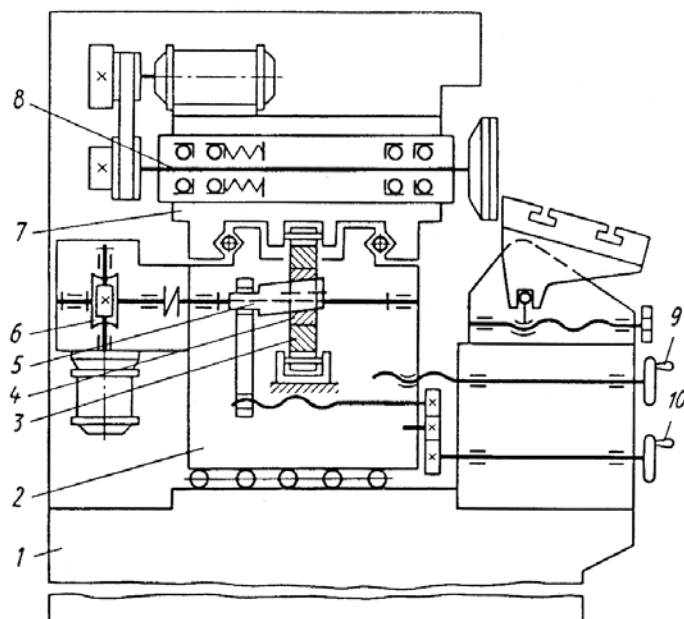


Рис. 10.20. Кинематическая схема станка мод. 3622 для заточки резцов:

- 1 – станина; 2 – каретка; 3 – кулиса; 4 – промежуточное кольцо;  
 5 – кулачок; 6 – червячный редуктор; 7 – шлифовальная бабка;  
 8 – шлифовальный шпиндель; 9, 10 – маховики

**Станок мод. 3622** (рис. 10.20) предназначен для алмазной и эльборово́й 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 приспособления для ориентации или зажима резца.

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

**Станок мод. ВК-80** настольного типа (рис. 10.21) 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.

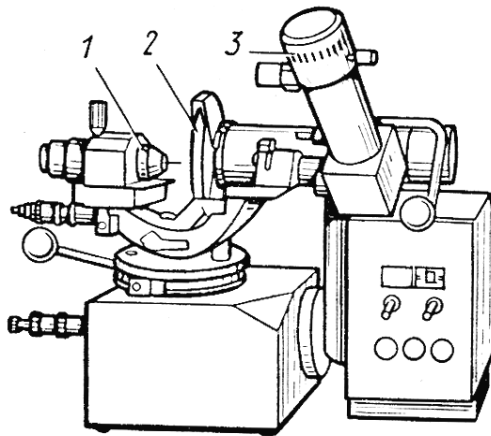


Рис. 10.21. Общий вид станка мод. ВК-80:  
1 – сверлодержатель; 2 – круг; 3 – микроскоп

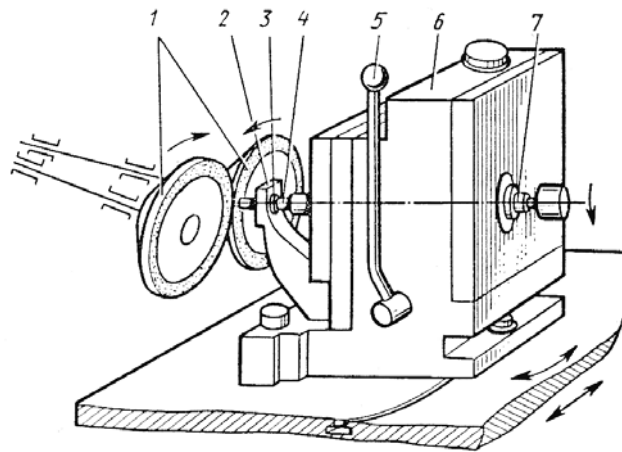


Рис. 10.22. Общий вид полуавтомата мод. 3Е651:  
1 – абразивные инструменты; 2 – стойка; 3 – втулка; 4 – сверло;  
5 – рукоятка зажима; 6 – бабка изделия; 7 – цанговая оправка

**Полуавтомат мод. 3Е651** (рис. 10.22) предназначен для двухплоскостной заточки твердосплавных и быстрорежущих сверл  $\text{Ø } 0,4 \div 6$  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 проходание 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.

**Полуавтомат мод. 3Е653** предназначен для винтовой заточки спиральных сверл  $\varnothing 5\div 40$  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.

**Станок заточной настольный для сверл мод. ВЗ-322** (рис. 10.23) Предназначены для плоскостной заточки и переточки праворежущих сверл из быстрорежущей стали и твердого сплава эльборовыми и алмазными кругами. Станки комплектуются цангами и электронным микроскопом с LCD монитором.

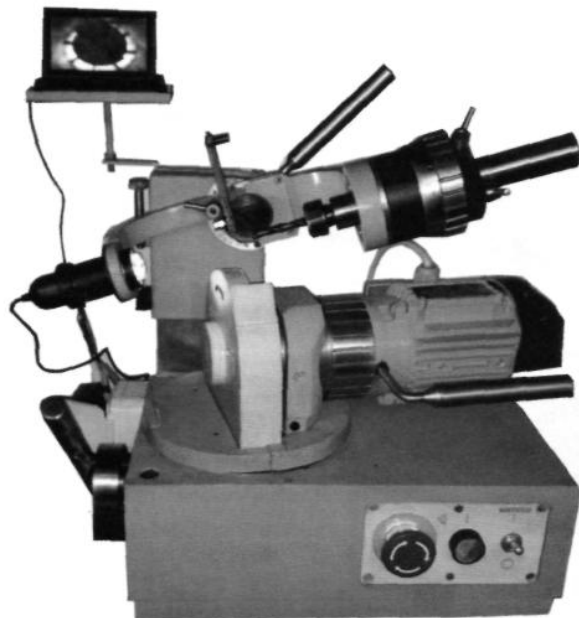


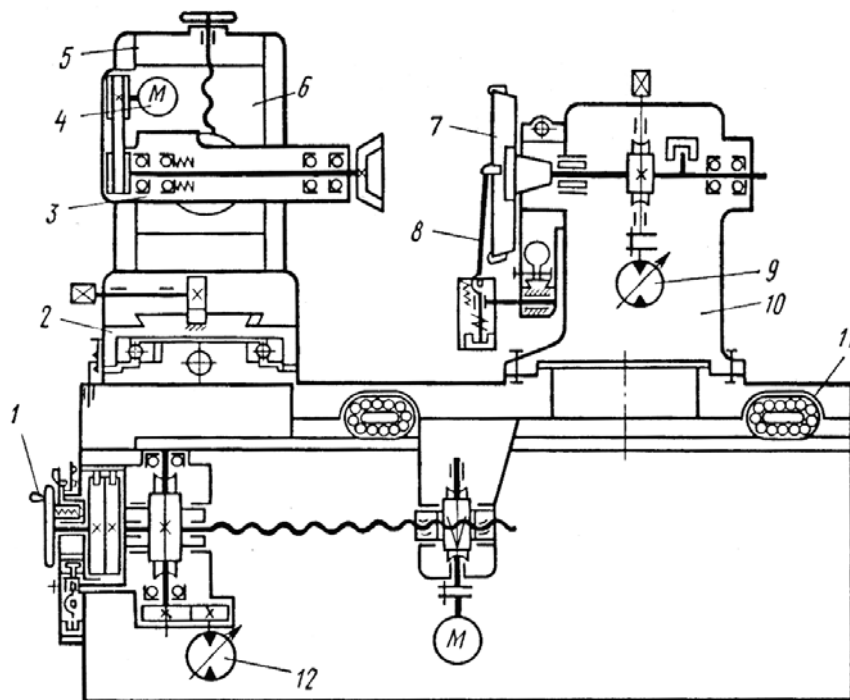
Рис. 10.23. Общий вид заточного станка для сверл мод. ВЗ-322

*Техническая характеристика станка:*

Увеличение оптического устройства, крат .....	8
Диаметры затачиваемых сверл, мм .....	1,0÷8,0
Пределы длин затачиваемых сверл, мм .....	35÷260
Размеры шлифовального круга ( $D \times d \times H$ ), мм.....	150 × 32 × 17,5
Мощность главного привода, кВт .....	0,18
Габаритные размеры станка, мм.....	830 × 1200 × 1570

### 10.5. Специализированные станки для заточки фрез

*Полуавтомат мод. 3Б667Ф2* (рис. 10.24) предназначен для поэлементной заточки торцовых фрез  $\varnothing 80 \div 630$  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.



*Рис. 10.24. Кинематическая схема полуавтомата мод. 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 мод. ВЗ-219К** (рис. 10.25), служащий для заточки задних поверхностей торцовых фрез  $\text{Ø } 80\div 630$  мм, состоит из двух полуавтоматов 1 мод. ЗБ667Ф2, манипулятора 3 с ручным управлением, универсального схвата 2 и накопителя 4.

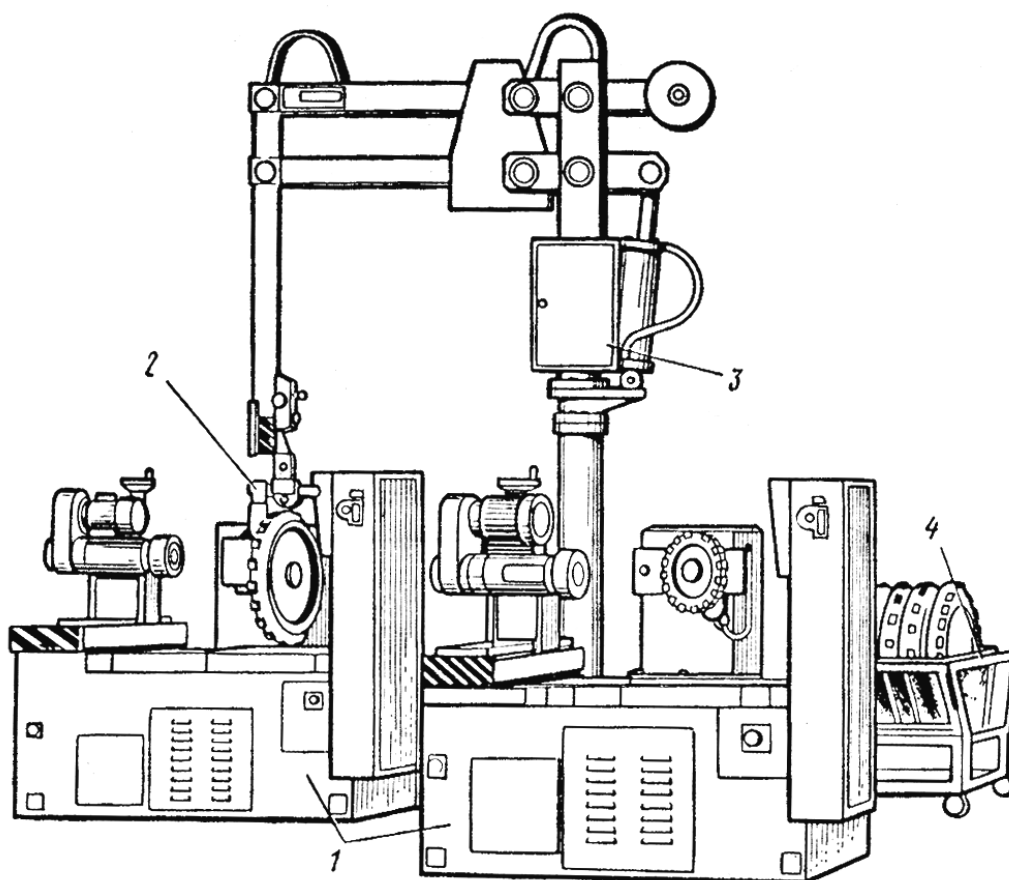


Рис. 10.25. Заточной комплекс мод. ВЗ-219К для заточки торцовых фрез: 1 – полуавтомат мод. ЗБ667Ф2; 2 – схват; 3 – манипулятор; 4 – накопитель

**Полуавтомат мод. ВЗ-152Ф2** (рис. 10.26, а) предназначен для копирной контурной заточки задних поверхностей торцовых фрез  $\text{Ø } 100\div 500$  мм с ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава (рис. 10.26, 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.

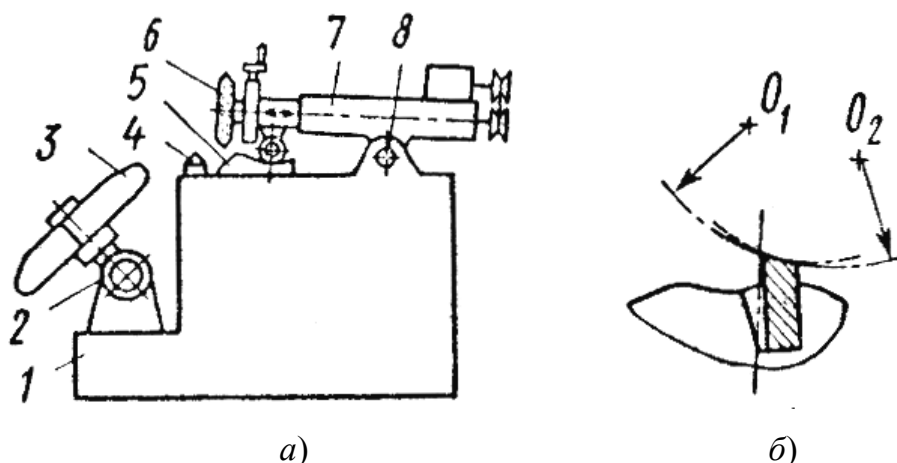


Рис. 10.26. Полуавтомат мод. ВЗ-152Ф2:

*а* – схема станка; *б* – схема заточки задней поверхности торцевой фрезы  
 (1 – станина; 2 – ось наклона бабки изделия; 3 – фреза; 4 – алмаз;  
 5 – копия; 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 мод. 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 – раздельно правые и левые. При заточке тороидальный абразивный инструмент получает возвратно-поступательное движение в радиальном направлении, кинематически связанное с вращением пилы.

**Полуавтоматы мод. 3Д692** (рис. 10.27) служит 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 тороидальный круг получает возвратно-поступательное движение в радиальном и осевом направлениях, кинематически связанное с непрерывным равномерным вращением пилы.

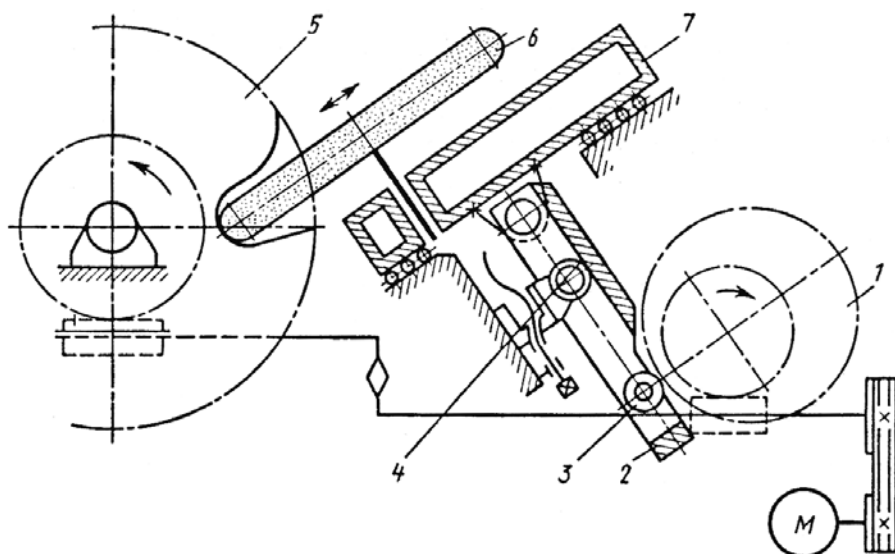


Рис. 10.27. Схема работы полуавтомата мод. 3Д692 для заточки дисковых пил:

- 1 – сменный кулачок; 2 – качающийся рычаг; 3 – ролик рычага;  
4 – смещаемый опорный ролик; 5 – затачиваемая пила;  
6 – абразивный инструмент; 7 – каретка шлифовальной бабки

**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.

Принципиальная схема этого копирующего станка приведена на рис. 10.28.

Суппорт, в котором закрепляется затачиваемая фреза 10, устанавливается на вращающейся оси 2, которая расположена на рычаге 6. Рычаг 6 может поворачиваться на оси 1. Копир 5 жестко связан с суппортом и, следовательно, с затачиваемой фрезой. Тягой 9 рычаг 6 соединен с рычагом 7, который несет копирующий ролик 5. Постоянный контакт ролика с копиром обеспечивается пружиной 4.

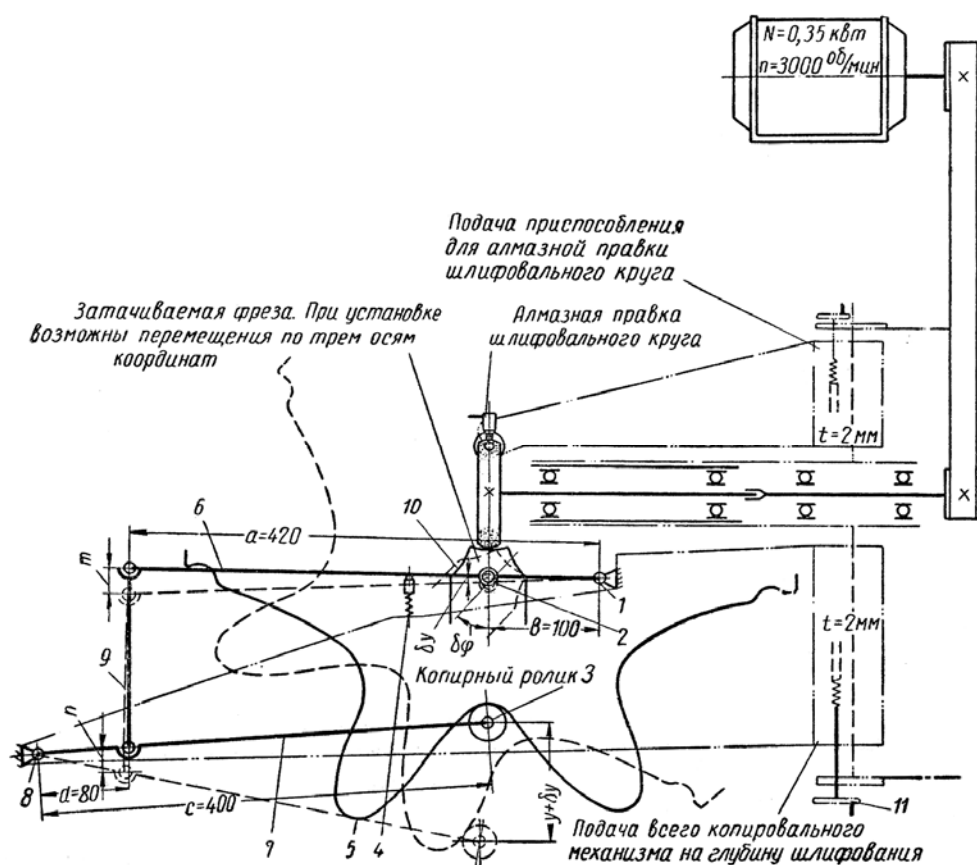


Рис. 10.28. Принципиальная схема копирующего станка для профильной заточки фасонных фрез

Для перевода фрезы на обработку очередного зуба очертание копира в одном из крайних положений предусматривает отвод затачиваемой фрезы от абразивного инструмента. При повороте системы суппорта вместе с копиром 5 и инструментом вокруг оси 2

(см. штрих-пунктир) ролик 3 будет обкатываться по копиру, а рычаг 6 поворачиваться вокруг оси 1. При этом копир 5 сам перемещается в соответствии с направлением перемещения ролика 3, к которому копир постоянно прижат. Это обстоятельство должно быть учтено при определении относительных размеров  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  рычагов.

При повороте суппорта на угол  $\delta\varphi$  смещение профиля фрезы (центра 2) будет равно  $\delta y$ . При этом линейное смещение копирного ролика составляет  $y + \delta y$ , где  $y = k\delta y$ , здесь  $k$  – масштаб увеличения копира по сравнению с затачиваемым профилем. Следовательно, необходимое передаточное число рычажного механизма:

$$i = \frac{a}{b} \frac{c}{d} = \frac{y + \delta y}{\delta y} = k + 1.$$

В рассматриваемом станке  $k = 20$ , поэтому соотношение плеч рычажной системы должно удовлетворять условию:

$$\frac{a}{b} \frac{c}{d} = 1.$$

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.

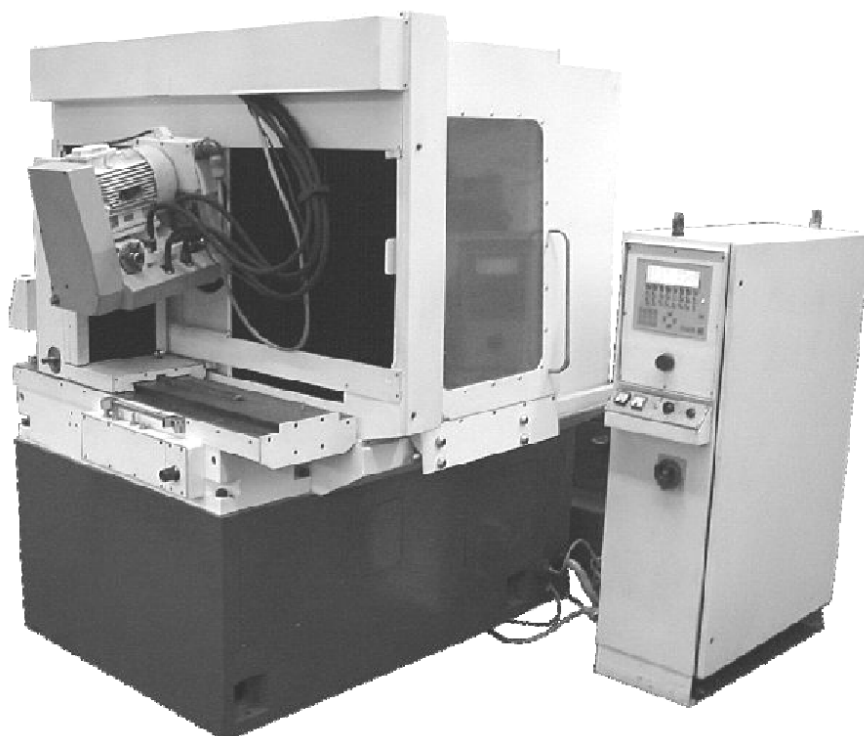
Подача всего копировального механизма на глубину шлифования производится перемещением стола с помощью маховичка 11.

**Полуавтомат заточной с ЧПУ для торцовых фрез мод. ВЗ-493Ф2** (рис. 10.29) предназначен для заточки торцовых фрез диаметром 80...630 мм с режущей частью из твердого сплава, минералокерамики, инструментальной или быстрорежущей стали. Заточка производится торцом абразивного, алмазного или эльборового круга с охлаждением или без охлаждения. Заточка, выполняемая с охлаждением торцом алмазного круга, сочетается с электроэрозионной правкой. На полуавтомате пооперационно затачивают все прямолинейные режущие кромки: главные, вспомогательные и переходные.

Число зубьев, подача и число рабочих ходов предварительной обработки, подача и число рабочих ходов окончательной обработки, число ходов выхаживания – задаются оператором с панели управления.

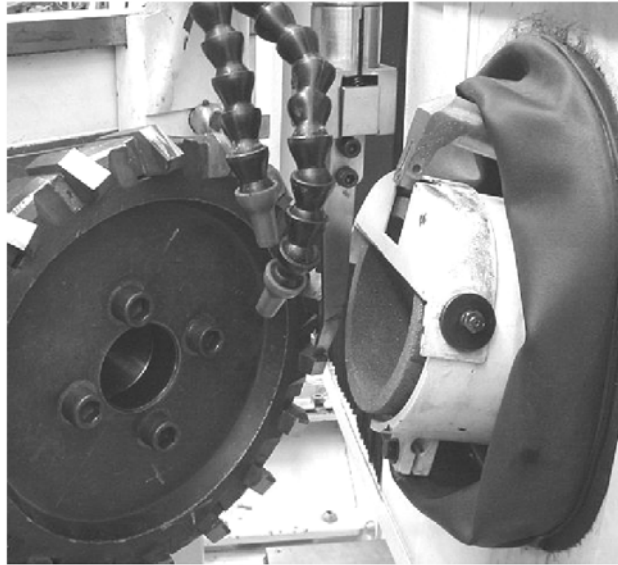
Полуавтомат содержит перемещающуюся по станине шлифовальную бабку с механизмом правки и компенсации износа шлифовального круга и бабку изделия, также перемещающуюся по станине перпендикулярно перемещению шлифовальной бабки.

Шлифовальная бабка имеет возможность поворота оси вращения шлифовального круга в вертикальной плоскости, что обеспечивает настройку положения круга на получение заданного заднего угла резца фрезы. Бабка изделия может поворачиваться вместе с фрезой в горизонтальной плоскости, что позволяет вести настройку на величину угла в плане резца фрезы.



*Рис. 10.29.* Полуавтомат заточной с ЧПУ для торцовых фрез мод. ВЗ-493Ф2

Возвратно-поступательное перемещение (осцилляция) шлифовального круга представляет собой продольную подачу при заточке, а перпендикулярное ему периодическое перемещение бабки изделия с фрезой – поперечную подачу.



*Рис. 10.30.* Процесс заточки торцовых фрез на полуавтомате мод. ВЗ-493Ф2

На корпусе бабки изделия установлена упорка, с помощью которой каждый затачиваемый резец фрезы последовательно устанавливается строго в определенное положение относительно плоскости заточки.

*Техническая характеристика станка:*

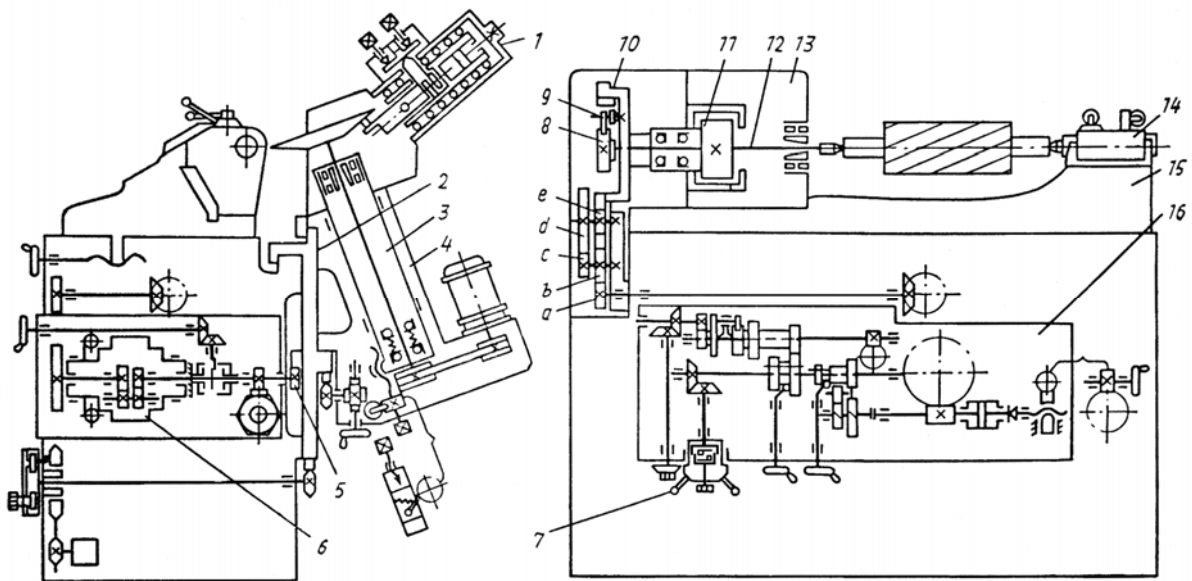
Предельные значения диаметров затачиваемых фрез, мм.....	80÷630
Пределы чисел затачиваемых резцов.....	4÷120
Предельные значения заднего угла, град.....	5÷23
Конусное отверстие в шпинделе бабки изделия.....	АТ6
Наибольшая масса устанавливаемой фрезы, кг.....	125

## **10.6. Специализированные станки для заточки червячных фрез и долбяков**

*Полуавтоматы мод. 3А660А 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 мод. 3А660А возможно многопроходное шлифование. Цикл обработки автоматизирован. На станках можно затачивать передние поверхности других многолезвийных инструментов с прямыми зубьями.

**Полуавтоматы мод. 3А662 и 3Б662ВФ2** предназначены для заточки 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 мод. 3А662** (рис. 10.31) 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.



*Рис. 10.31.* Кинематическая схема полуавтомата мод. 3А662 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



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.

**Полуавтомат мод. 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 мод. В3-203Ф2 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.

**Полуавтомат заточной с ЧПУ для червячных фрез мод. В3-525Ф4** (рис. 10.32) предназначен для заточки абразивным шлифовальным кругом с охлаждением однозаходных насадных червячных фрез по ГОСТ 9324–80. На полуавтомате возможна заточка специальных многозаходных насадных и хвостовых червячных фрез, в том числе с закрытыми стружечными канавками (рис. 10.33). Класс точности полуавтомата АА.



*Рис. 10.32.* Полуавтомат заточной с ЧПУ для червячных фрез мод. ВЗ-525Ф4



*Рис. 10.33.* Заточка червячной фрезы на полуавтомате мод. ВЗ-525Ф4

Полуавтомат выполнен в горизонтальной компоновке с полностью развязанной кинематикой: с подвижным в продольном направлении столом (ось  $X$ ), бабкой изделия (ось  $A$ ), шлифовальной бабкой с возможностью поперечного (ось  $Z$ ) и вертикального (ось  $Y$ ) перемещений, а также разворота (ось  $B$ ) вокруг вертикальной оси.

Правка и компенсация износа шлифовального круга осуществляется координатными перемещениями полуавтомата относительно вращающегося алмазного ролика.

Управляющая программа позволяет выполнять заточку червячной фрезы по передней поверхности с различными скоростями и подачами, а также производить измерения фрезы до и после переточки с индикацией измеренных параметров на дисплее станка.

#### *Техническая характеристика станка:*

Предельные значения диаметров затачиваемых фрез, мм .....	40÷200
Предельная длина фрез, мм:	
– насадных .....	200
– хвостовых .....	400
Число стружечных канавок, шт. ....	0÷99
Частота вращения шлифовального круга, об./мин....	2000÷4000
Пределы чисел затачиваемых резцов .....	4÷120
Количество управляемых осей координат (всего/одновременно) .....	5/2
Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....	2,2

### **10.7. Специализированные станки для заточки метчиков и круглых плашек**

**Станок мод. 4М** (рис. 10.34) предназначен для заточки метчиков  $\varnothing 6\div 52$  мм по задней поверхности режущей части и работает по методу радиального затылования.

**Полуавтомат мод. 3В10М** (рис. 10.35) предназначен для заточки метчиков по передней поверхности торцом чашечного инструмента с охлаждением. Метчик устанавливают в центрах и закрепляют в специальном поводковом патроне. Деление при заточке инструмента производится с ориентацией зуба на упорку.

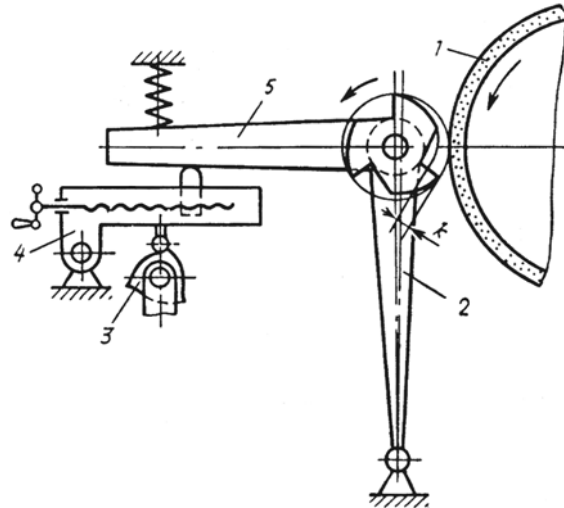


Рис. 10.34. Схема работы станка мод. 4М для радиального затылования метчиков по задней поверхности режущей части:  
 1 – абразивный инструмент; 2 – каретка; 3 – кулачок затылования;  
 4 – кронштейн с переменным плечом; 5 – рычаг;  $K$  – размер затылования

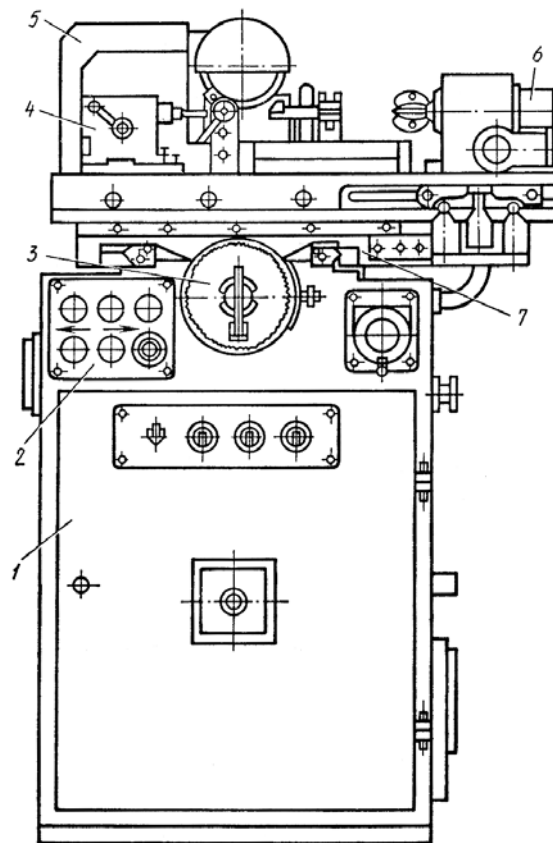


Рис. 10.35. Общий вид полуавтомата мод. 3В10М для заточки метчиков по передней поверхности:  
 1 – станина; 2 – пульт управления; 3 – маховик поперечной подачи;  
 4 – задняя бабка; 5 – шлифовальная бабка; 6 – передняя бабка; 7 – стол

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 мод. МФ-27А** (рис. 10.36) предназначен для заточки плашек  $\varnothing 6 \div 52$  мм по передней поверхности. Ориентация плашки на столе и продольная подача инструмента осуществляются вручную.

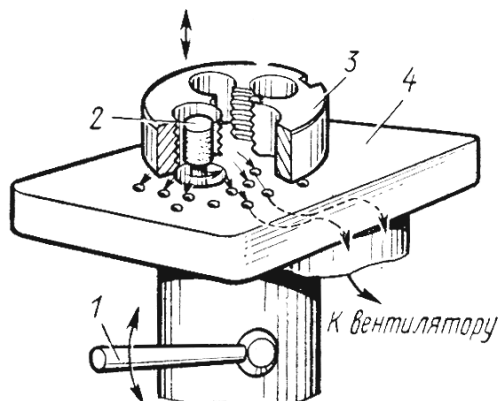


Рис. 10.36. Станок мод. МФ-27А для заточки плашек:  
1 – рычаг; 2 – абразивный инструмент; 3 – плашка; 4 – столик

**Станок для заточки плашек мод. ВЗ-462** (рис. 10.37) предназначен для заточки плашек по передней поверхности и заборному конусу шлифовальными головками.

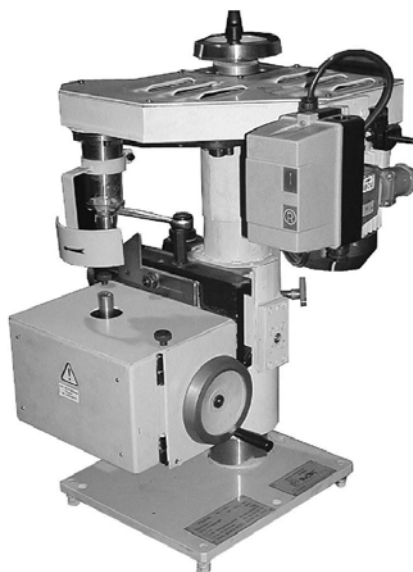


Рис. 10.37. Станок мод. ВЗ-462 для заточки плашек

*Техническая характеристика станка:*

Размеры резьб затачиваемых плашек:	
– метрических, мм .....	M6÷M52
– трубных, мм .....	1/16"÷1½"
Толщина плашки, мм .....	6÷22
Тип шлифовальных головок по ГОСТ 2447–82 .....	AW, EW
Наибольшее вертикальное перемещение бабки, мм.....	100
Частота вращения шпинделя, об./мин.....	13650
Мощность электродвигателя, кВт .....	0,25
Габаритные размеры станка, мм.....	525 × 405 × 20
Масса станка, кг .....	120

### **10.8. Специализированные станки для заточки протяжек**

*Таблица 10.1*

**Станки для заточки протяжек**

<b>Модель</b>	<b>Назначение станка</b>
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 мод. 3601 меньшей длиной затачиваемой протяжки. На станках предусматривается шлифование выкружек и стружкоразделительных канавок
3601Б	Предназначен для заточки только плоских протяжек
3М601Ф1	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°, 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 косозубых протяжек.

Передняя бабка предназначена для сообщения протяжке непрерывного вращательного движения, а также для деления при шлифовании выкружек и нанесения стружкоразделительных канавок.

**Станок для заточки протяжек высокой точности мод. ВЗ-495Ф1** (рис. 10.38) предназначен для первоначальной заточки и переточки круглых, плоских и шлицевых протяжек, изготовленных из инструментальных, быстрорежущих сталей и твердых сплавов абразивными, эльборовыми и алмазными инструментами.

Конструктивной и эксплуатационной особенностью станка является наличие электропривода перемещения ползуна.

На станке применен электрический привод поперечного перемещения шлифовального круга, внедрена система цифровой индикации текущих координат данного перемещения, что позволяет производить заточку закрытых поверхностей плоских протяжек.

Управление приводами осуществляется контроллером фирмы SIEMENS, который обеспечивает работу станка в следующих режимах:

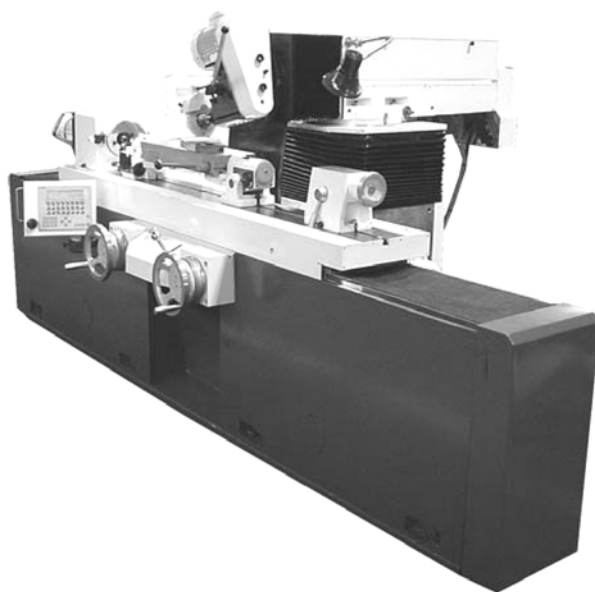
– заточка круглых протяжек с оптимальными значениями частот вращения шлифовального круга и протяжки;

– заточка плоских протяжек с управлением поперечным перемещением шлифовального круга рукояткой, задающей направление и скорость перемещения, или с автоматическим перемещением между программными конечными выключателями.

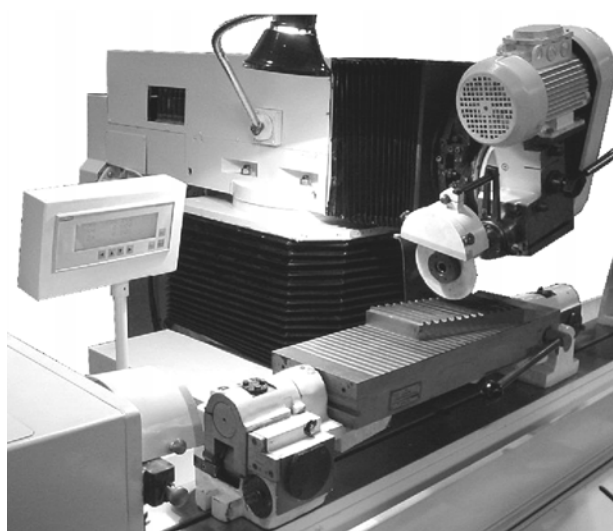
#### *Техническая характеристика станка:*

Наибольший диаметр круглой протяжки, мм.....	200
Наибольшая длина круглой протяжки, мм .....	1400
Наибольшая ширина плоской протяжки, мм:	
– с прямыми зубьями .....	250
– с зубьями, расположенными под углом 30 град.....	120
Наибольший диаметр абразивного инструмента, мм.....	125
Окружная скорость абразивного инструмента, м/с .....	35
Наибольшее продольное перемещение стола, мм.....	1200
Наибольшее перемещение колонны, мм.....	300
Высота центров, мм .....	160

Углы поворота шлифовальной бабки, град:	
– в вертикальной плоскости.....	0...90
– в горизонтальной плоскости.....	±30
Частота вращения шлифовального шпинделя, об./мин.....	3000...21000
Мощность привода шлифовальной головки, кВт.....	2,2
Суммарная мощность установленных электродвигателей, кВт.....	6,326
Масса станка, кг.....	5150



*a)*

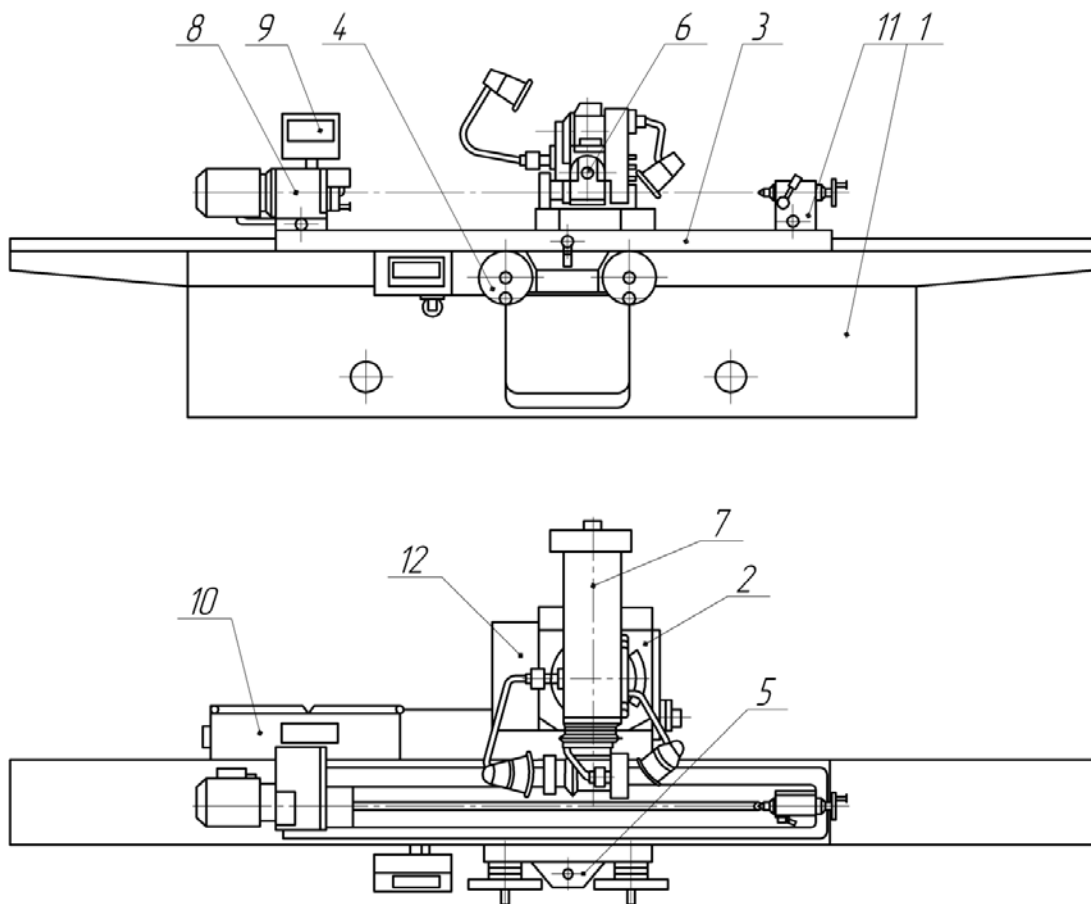


*б)*

*Рис. 10.38.* Станок для заточки протяжек мод. ВЗ-495Ф1:  
*a* – общий вид; *б* – рабочая зона



**Станок заточной для протяжек мод. ВЗ-521Ф1** (рис. 10.39) работает в ручном режиме и обеспечивает заточку и переточку круглых и плоских протяжек.



*Рис. 10.39. Эскиз общего вида станка:*

- 1 – станина; 2 – колонна; 3 – стол; 4 – механизм перемещения стола;
- 5 – панель управления; 6 – бабка шлифовальная; 7 – салазки шлифовальные;
- 8 – бабка передняя; 9 – панель индикации; 10 – электрошкаф;
- 11 – бабка задняя; 12 – агрегат системы смазки

При переточке круглых протяжек по передней поверхности абразивный инструмент вводится в стружечную канавку при помощи рукоятки и подводится до искры с затачиваемой поверхностью. Маховиком стола по показаниям цифровой индикации снимается необходимый припуск, после чего абразивный инструмент рукояткой выводится из стружечной канавки и производится деление на следующий зуб.

При заточке плоских протяжек по передней и задней поверхностям устанавливается величина хода шлифовальной бабки, абразивный инструмент подводится до искры с обрабатываемой поверхно-

стью. По показаниям цифровой индикации снимается необходимый припуск и производится деление на следующий зуб. Величина хода и скорость перемещения ползуна шлифовальных салазок могут устанавливаться преднабором на пульте или с помощью рукоятки на корпусе механизма управления.

Сверху станины *1* на роликовых направляющих устанавливается стол *3*.

На столе с левой стороны устанавливается передняя бабка *8*, предназначенная для обеспечения поворота протяжки, с правой – задняя бабка *11*.

На задней стенке станины имеется специальный прилив, на котором установлена колонна *2* со шлифовальными салазками *7*, перемещающимися параллельно столу. На шлифовальных салазках монтируется механизм отскока, несущий шлифовальную бабку *6*. Электрошкаф *10* прикреплен к станине *1*.

Общий вид станка с указанием органов управления приведен на рис. 10.40.

Схема кинематическая принципиальная приведена на рис. 10.41.

Кинематическая принципиальная схема обеспечивает следующие движения элементов станка:

– вращение абразивного инструмента осуществляется от электродвигателя *1*, через ременную передачу со шкивами *2* и *3*;

– разворот шлифовальной головки в вертикальной плоскости на угол заточки осуществляется при вращении шестигранного хвостовика *4*, червяка *5* и косозубого колеса *6*;

– вывод абразивного инструмента из впадины зуба протяжки при заточке круглых протяжек по передней поверхности осуществляется поворотом рукоятки *7* по направляющим *8*, при этом эксцентрик *9* отталкивается от втулки *10*. В результате шлифовальная бабка с механизмом отскока разворачивается вокруг оси *11* на угол, несколько больший переднего угла протяжки. При этом выступ *65* на ползуне должен быть в пазу фиксатора *18*;

– возвратно-поступательное перемещение шлифовальной головки по роликовым направляющим качения *15* осуществляется от электродвигателя *13* через ременную передачу со шкивами *12*, *62* на шариковую винтовую пару *64*;

– поворот шлифовальной бабки в горизонтальной плоскости происходит при вращении за квадратный хвостовик червяка *19*, работающего в паре с косозубым колесом *20*;

– вращение изделия осуществляется от электродвигателя 21 посредством клиноременной передачи через шкивы 22, 23, 24 на планшайбу 25. Частотный привод позволяет бесступенчато регулировать скорость вращения планшайбы. Поворот планшайбы при шлифовании выкружек или стружкоразделительных канавок происходит вручную по делительному диску 26, закрепленному на планшайбе 25 с помощью фиксатора 27;

– вертикальное перемещение шлифовальной бабки (подъем и опускание колонны) по роликовым опорам 28: автоматическое – от электродвигателя 29 через червяк 30, червячное колесо 31, шариковую винтовую пару 32, 33. При этом электромагнитная муфта 34 включена и маховик 35 не вращается; ручное – от маховика 35 через коническую передачу 36, 37, фрикционную муфту 38, червяк 30, червячное колесо 31, шариковую винтовую пару 32, 33;

– возвратно-поступательное перемещение стола по роликовым направляющим 39: автоматическое – от электродвигателя 40, через шкивы 41, 42, червяк 43, червячное колесо 44, шариковую винтовую пару 45, 46. При этом электромагнитная муфта 47 включена и маховик 48 не вращается; ручное – от маховика 48 через шестерни 49, 50, фрикционную муфту 51, червяк 43, червячное колесо 44, шариковую винтовую пару 45, 46;

– перемещение пиноли задней бабки осуществляется маховичком 52 посредством винта 53 и гайки 54. Гайка закреплена в пиноли;

– передача от гайки стола 45 к фотоэлектрическому датчику 55 осуществляется посредством зубчатых колес 56, 57;

– передача от гайки 32 колонны к фотоэлектрическому датчику 57 осуществляется посредством зубчатых колес 59, 60;

– вращение на фотоэлектрический датчик 63 передается от винта 64 шлифовальных салазок через упругую муфту.

*Порядок работы.* Абразивный инструмент крепится на оправке и прижимается к фланцу посредством картонных прокладок с помощью винтов или гаек.

Абразивные инструменты диаметром 125 мм и более должны быть отбалансированы.

Балансировка производится следующим образом. Оправку с закрепленным на ней абразивным инструментом устанавливают на ножи балансировочного станка. Статическое равновесие достигается перемещением грузов в кольцевом пазу оправки.

При закреплении абразивного инструмента на оправке и оправке на шпинделе следует иметь в виду, что все резьбы левые.

После установки абразивного инструмента необходимо установить соответствующий кожух.

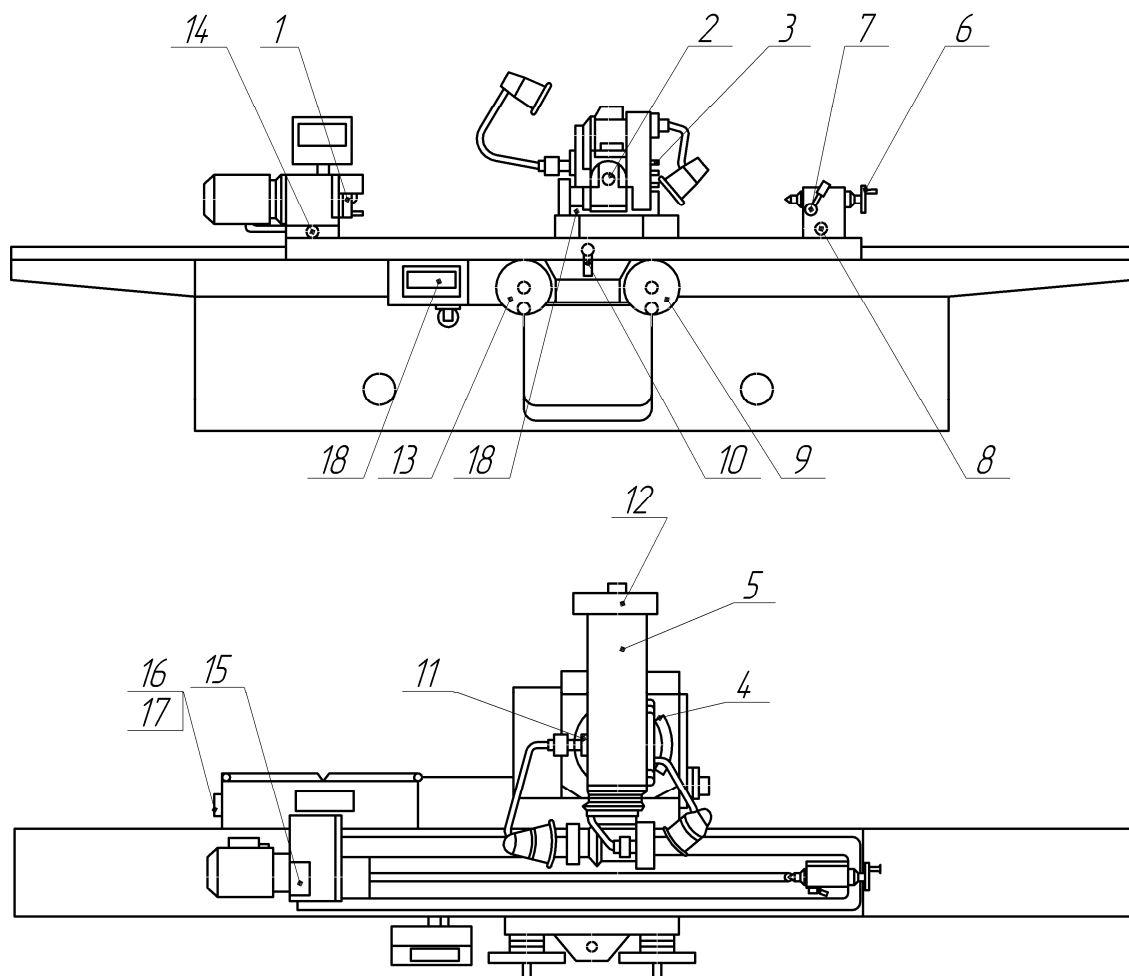


Рис. 10.40. Эскиз органов управления станка:

- 1 – фиксатор делительного диска; 2 – рукоятка вывода абразивного инструмента; 3 – шестигранный хвостовик поворота шлифовальной бабки в вертикальной плоскости; 4 – квадратный хвостовик поворота шлифовальных салазок в горизонтальной плоскости; 5 – фиксатор шлифовальных салазок (под ползуном); 6 – маховичок перемещения пиноли задней бабки; 7 – рукоятка зажима пиноли задней бабки; 8 – гайка прижима задней бабки к боковой поверхности паза стола; 9 – маховик вертикального перемещения шлифовальной бабки; 10 – рукоятка управления перемещением ползуна шлифовальных салазок; 11 – гайки крепления шлифовальных салазок; 12 – квадратный хвостовик ручного перемещения ползуна шлифовальных салазок; 13 – маховик перемещения стола; 14 – гайка прижима передней бабки к боковой поверхности паза стола; 15 – болт для выталкивания центра передней бабки (под крышкой); 16 – вводной автомат; 17 – замок вводного автомата; 18 – пульт

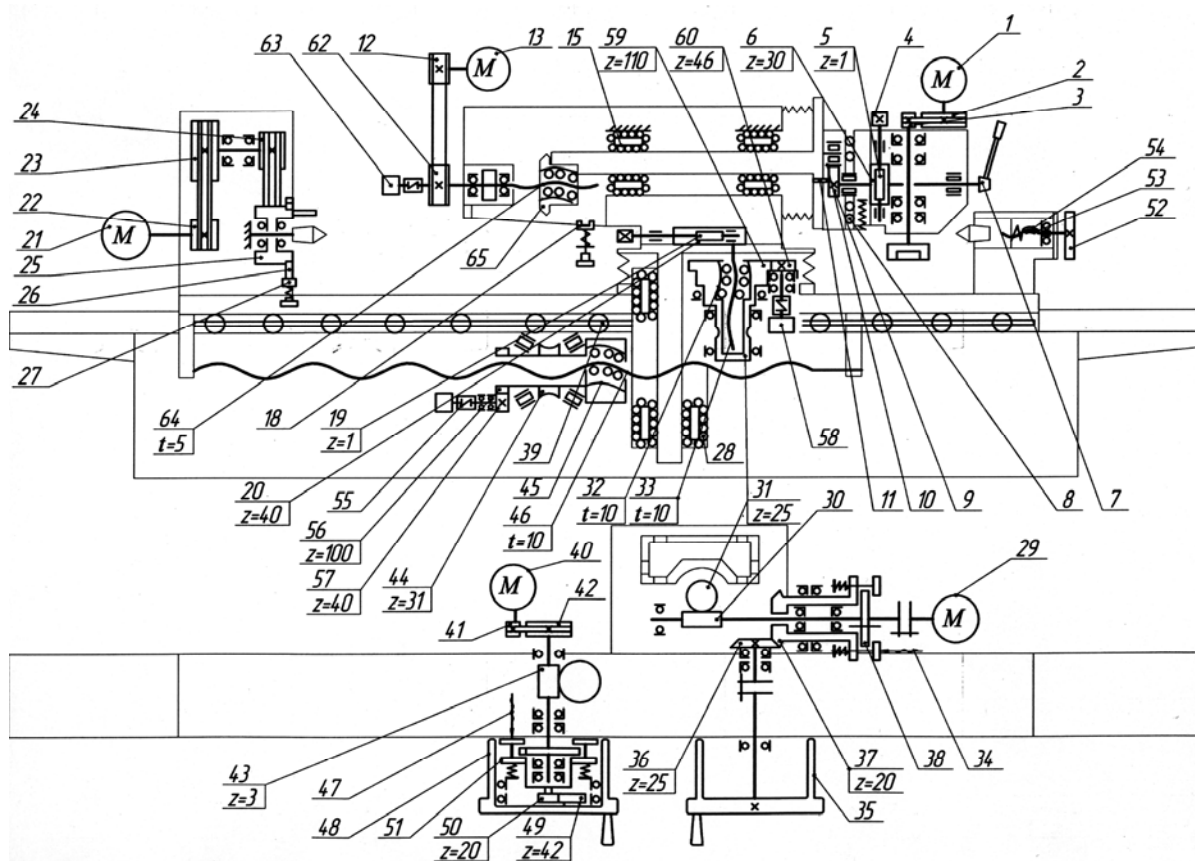


Рис. 10.41. Схема кинематическая принципиальная

Заточку и переточку круглых протяжек производят по передней поверхности зубьев с обеспечением переднего угла  $\gamma$  и плавного перехода прямолинейного участка к доньшку. Требуемые значения переднего угла достигаются правильным подбором диаметра абразивного инструмента и его положением на станке, т. е. углом  $\varepsilon$  наклона оси шпинделя к оси центров станка (рис. 10.42).

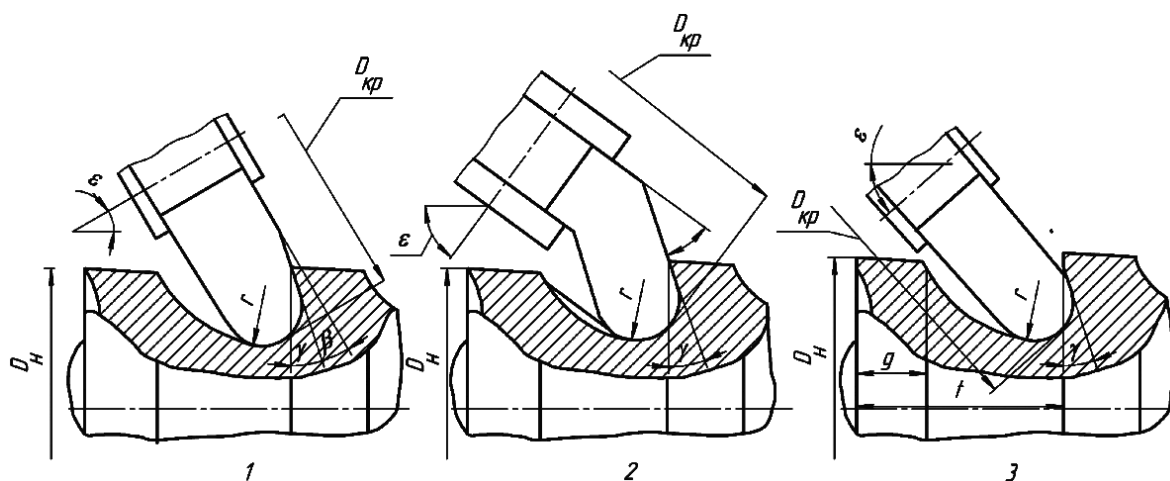


Рис. 10.42. Схемы заточки

Заточка по передней поверхности может осуществляться двумя методами: конической частью абразивного инструмента и периферией, заправленного по радиусу (схемы заточки – см. рис. 10.42). При заточке конической частью абразивного инструмента, во избежание искажения формы передней поверхности, образующие конусов абразивного инструмента и передней поверхности зуба протяжки должны обеспечивать прямолинейное касание.

Диаметр абразивного инструмента вычисляется по формуле

$$D_{\text{и}} = \frac{D \cdot \sin(\varepsilon - \gamma)}{\sin \gamma},$$

где  $D$  – наружный диаметр протяжки;  $\varepsilon$  – угол установки шпинделя;  $\gamma$  – передний угол зубьев протяжки.

При этом необходимо, чтобы ось абразивного инструмента и ось протяжки находились в одной плоскости. Применение чашечного абразивного инструмента позволяет увеличить угол установки шпинделя  $\varepsilon$ , что, в свою очередь, допускает увеличение диаметра абразивного инструмента.

Шпиндель поворачивается на угол:

$$\varepsilon = \beta + \gamma,$$

где  $\beta$  – угол заправки абразивного инструмента. При этом механизм отскока должен быть повернут на угол  $\gamma + (2...3^\circ)$ .

При использовании схем «1» или «2» для обеспечения плавного перехода прямолинейного участка в радиусную галтель абразивный инструмент должен быть заправлен по конической образующей и радиусу  $r$ . Правильность радиусной заправки проверяется по шаблону.

При использовании схемы «3» рекомендуется абразивный инструмент заправлять только по радиусу  $r$ . Требуемый передний угол  $\gamma$  обеспечивается с достаточной точностью выбором диаметра и угла установки  $\varepsilon$  абразивного инструмента.

Настройка на заточку круглой протяжки производится в следующей последовательности:

- в зависимости от длины обрабатываемой протяжки устанавливается расстояние между центрами передней и задней бабок;
- на хвостовик затачиваемой протяжки предварительно одевается хомутик, и протяжка устанавливается в центрах передней и задней бабок;

– с помощью пульта определяются максимально возможные диаметр абразивного инструмента и угол наклона оси шпинделя, а также устанавливаются необходимые частоты вращения абразивного инструмента и протяжки;

– шлифовальная бабка поворачивается на угол  $\varepsilon$  и зажимается;

– ползун шлифовальных салазок устанавливается так, чтобы ось шпинделя абразивного инструмента и ось центров были в одной плоскости. При этом фиксатор ползуна войдет в гнездо;

– после включения вращений протяжки и абразивного инструмента, манипулируя маховиками управления перемещениями стола и колонны, добиваются соприкосновения абразивного инструмента с зубом протяжки. Съём припуска обеспечивается вращением маховика продольной подачи. Вывод абразивного инструмента из стружечной канавки осуществляется рукояткой механизма отскока.

Заточку протяжек следует начинать со средних зубьев, после шлифовки которых устанавливаются один или два люнета. После установки люнетов можно приступать к заточке остальных зубьев протяжки.

Контроль съема припуска осуществляется при помощи устройства цифровой индикации.

Заточка плоских протяжек может производиться по передней грани со шлифовкой профиля по задней грани.

При заточке по передней грани установка угла наклона оси шпинделя производится так же, как при заточке круглых протяжек. При этом диаметр абразивного инструмента не ограничивается.

При заточке по задней грани на шпиндель устанавливается чашечный абразивный инструмент, а шлифовальная бабка поворачивается на угол, соответствующий заднему углу зубьев протяжки.

Частота вращения абразивного инструмента устанавливается так же, как при заточке круглых протяжек.

Плоские протяжки крепятся в трехповоротных тисках или на поворотной плите.

Косозубые протяжки могут затачиваться с поворотом протяжки на угол наклона зубьев – при креплении в трехповоротных тисках или с поворотом шлифовальных салазок на тот же угол – при креплении протяжки на поворотной плите.

Перед заточкой плоских протяжек фиксатор шлифовальных салазок должен быть выведен из гнезда. Величина хода и скорость перемещения ползуна шлифовальных салазок могут устанавливаться

рукояткой на корпусе механизма управления или с помощью пульта. Контроль за величиной перемещения ползуна может осуществляться при помощи устройства цифровой индикации.

Настройка на заточку протяжек, оснащенных твердым сплавом, производится аналогично настройке на заточку протяжек из инструментальных сталей. Известно, что заточка твердосплавного инструмента абразивными инструментами не эффективна: шероховатость поверхности неудовлетворительная, низкая производительность и большой расход абразивного материала. Поэтому заточку твердосплавных протяжек рекомендуется производить алмазными абразивными инструментами.

Для заточки и доводки твердосплавного инструмента применяются абразивные инструменты из синтетических алмазов на металлической и органической связках. Абразивные инструменты на металлической связке более изнosoустойчивые по сравнению с инструментами на органической связке, но при их применении трудно получить шероховатость поверхности  $Ra < 0,63$  мкм. Поэтому алмазные абразивные инструменты на металлической связке следует применять в тех случаях, когда необходимо снять значительный припуск твердого сплава.

Абразивные инструменты на органической связке следует использовать главным образом для доводки твердосплавного инструмента.

При алмазной заточке протяжек всухую целесообразно рабочую поверхность абразивного инструмента на органической связке два-три раза в смену смачивать маслом.

Для устранения биения алмазных инструментов и восстановления профиля в процессе эксплуатации необходимо производить их правку (обтачиванием абразивным бруском).

### **10.9. Специализированный станок для заточки зуборезных головок**

*Полуавтомат заточной с ЧПУ для зуборезных головок мод. ВЗ-441Ф2* (рис. 10.43, а) предназначен для затачивания зуборезных головок (рис. 10.43, б) и протяжек, нарезающих конические колеса с круговыми и прямыми зубьями. Полуавтомат имеет вертикальную компоновку и характеризуется вертикальными и поперечными перемещениями шлифовальной головки с осциллирующим движением шлифовального круга и продольным перемещением бабки изделия. Полуавтомат оснащен программируемым контроллером SIMATIC S7-300, шаговым приводом и двигателями фирмы SIEMENS (Германия).



- Конструкторско-технологические особенности полуавтомата:
- черновая и чистовая заточка производится в одном цикле без вмешательства оператора;
  - система ЧПУ обеспечивает возможность регулирования выбора оптимальных режимов заточки и периодичность правки шлифовального круга;
  - механизированный привод вертикального и поперечного перемещения шлифовальной головки, а также перемещение бабки изделия обеспечивают удобство обслуживания и повышают производительность;
  - применение датчиков обратной связи для отсчета поперечного перемещения шлифовальной головки, наклона шпинделя бабки изделия позволяет быстро и точно настраивать полуавтомат;
  - полуавтомат имеет высокую надежность в работе.

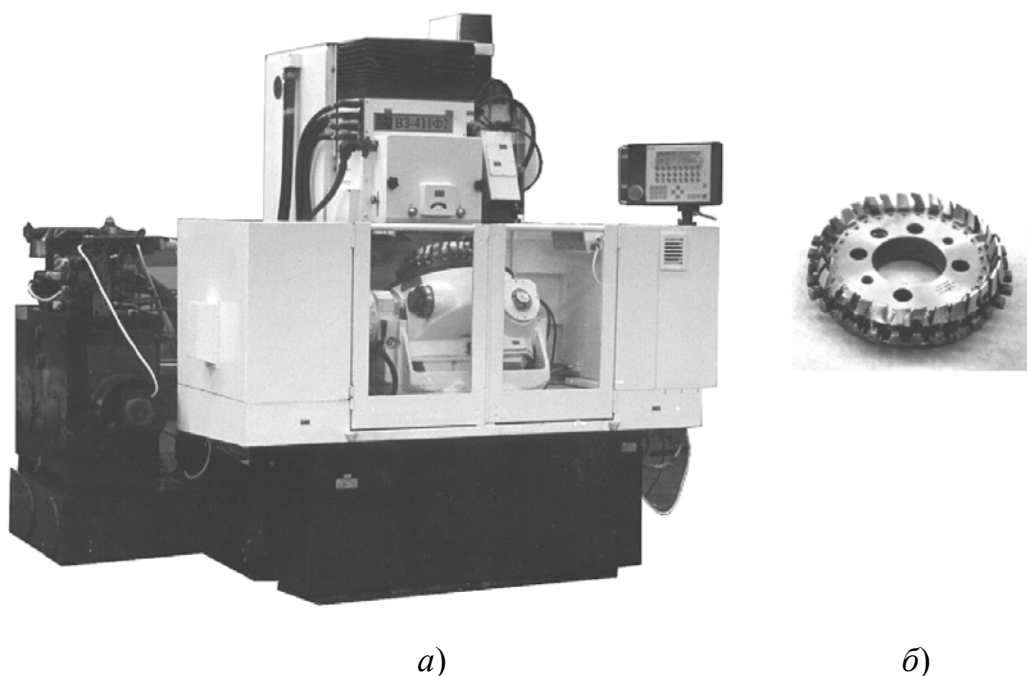


Рис. 10.43. Полуавтомат заточной с ЧПУ для зуборезных головок мод. ВЗ-441Ф2:  
*а* – общий вид; *б* – зуборезная головка

*Техническая характеристика станка:*

Наибольшая высота затачиваемого зуба, мм.....	50
Диаметр шлифовального круга, мм.....	350
Диаметр затачиваемых изделий, мм:	
– зуборезных головок.....	80÷500
– зуборезных протяжек.....	до 630

Частота осцилляции шпинделя, дв. ход./мин .....	220
Частота вращения шпинделя, об./мин .....	1500
Мощность привода главного движения, кВт .....	2,2
Суммарная мощность электрооборудования, кВт .....	5,8
Габаритные размеры полуавтомата, мм .....	2210 × 1700 × 1980
Масса полуавтомата, кг .....	5150

## 10.10. 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. 10.44).

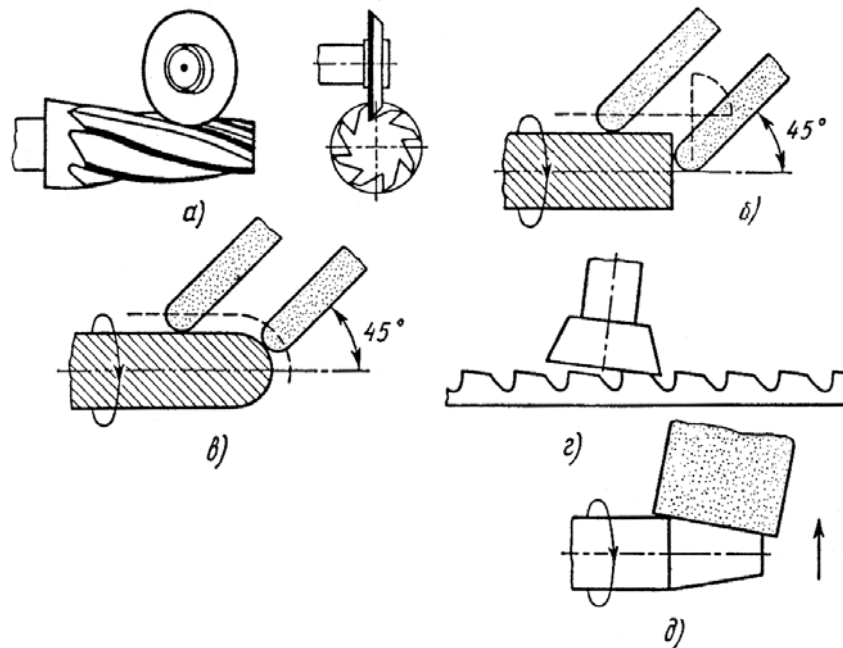


Рис. 10.44. Схемы заточки на заточном станке с ЧПУ многолезвийного инструмента:

- a* – конической концевой фрезы по передней поверхности зуба тарельчатым инструментом;
- б* – цилиндрической концевой фрезы по задним поверхностям винтового и торцевого 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. 10.45).

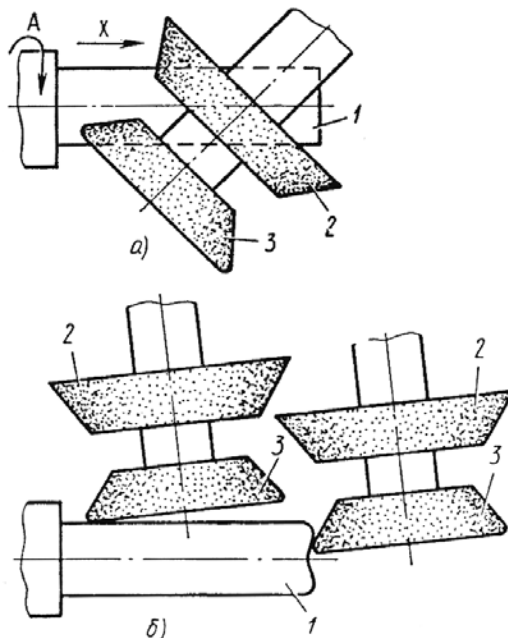


Рис. 10.45. Обработка концевой фрезы на заточном станке с ЧПУ:  
*а* – шлифовка винтовых канавок; *б* – заточка задних поверхностей винтовых и торцовых зубьев: 1 – заготовка концевой фрезы; 2 – абразивный инструмент для вышлифовки винтовых стружечных канавок; 3 – абразивный инструмент для заточки задних 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. 10.46), 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 технологиче-

ские возможности имеют 4-координатные ( $X, Y, Z, A$ ) станки с ЧПУ (рис. 10.47). Применение многоцелевых 6...9-координатных заточных станков с ЧПУ можно рекомендовать в заточных отделениях гибких автоматизированных производств (ГАП) для заточки особо сложного режущего инструмента.

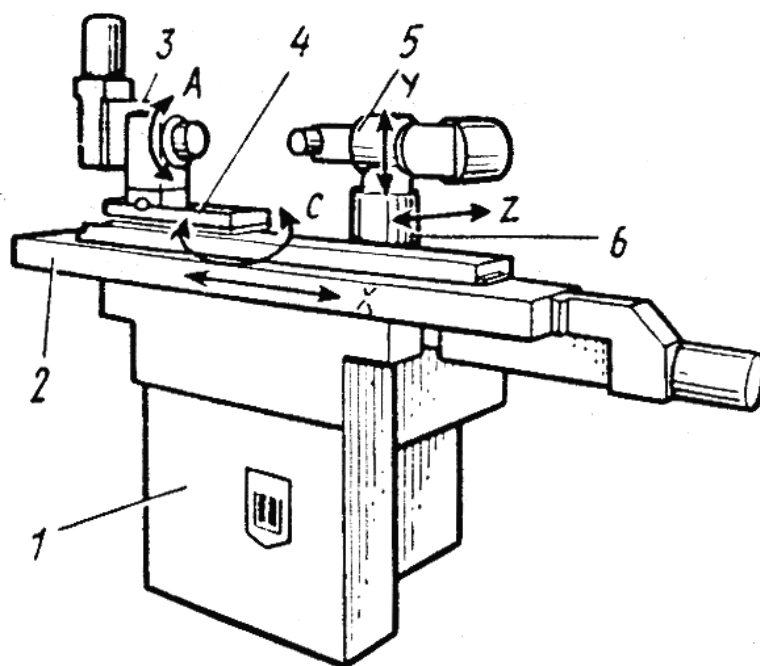


Рис. 10.46. Многоцелевой заточной 5-координатный станок с ЧПУ:  
 1 – станина; 2 – стол; 3 – бабка изделия; 4 – поворотное основание бабки изделия; 5 – шлифовальная бабка; 6 – колонна

В настоящее время существует большое многообразие шлифовально-заточных станков с ЧПУ, различие которых заключается в их конструктивном исполнении и числе управляемых координат, которое изменяется от трех до шести.

Основное конструктивное различие состоит в том, что существует два исполнения станков. В первом из них шлифовальный круг не допускает никаких программируемых и установочных поворотов его оси, кроме главного движения. Все повороты, необходимые для обработки винтовых поверхностей, совершает стол станка и шпиндель бабки изделия с закрепленной в нем заготовкой.

Во втором исполнении стол совершает только поступательные перемещения, а повороты, необходимые для обработки винтовых поверхностей, совершает шлифовальный круг.

Оба эти конструктивные исполнения имеют различные системы программирования и условия профилирования при изготовлении ин-

струмента. Второе исполнение характерно для фирм «дальнего» зарубежья, таких как *Walter*.

В СНГ наибольшее распространение получили шлифовально-заточные станки, изготавливаемые в Республике Беларусь Витебским заводом заточных станков. Все они используют первое конструктивное исполнение, отличающееся повышенной жесткостью.

#### **Шлифовально-заточной станок с ЧПУ мод. ВЗ-452Ф4**

Абразивный инструмент (рис. 10.47) установлен на стойке и имеет перемещение по оси  $Y$  вверх–вниз и по оси  $X$  влево–вправо. Движение по оси  $Z$  обеспечивается перемещением стола по поперечным направляющим. Вращение заготовки, закрепленной в бабке изделия, обеспечивается координатой  $A$ . Вращение стола вокруг оси  $Y$  (координата  $B$ ) обеспечивает углы скрещивания, необходимые для обработки винтовых поверхностей режущих инструментов.

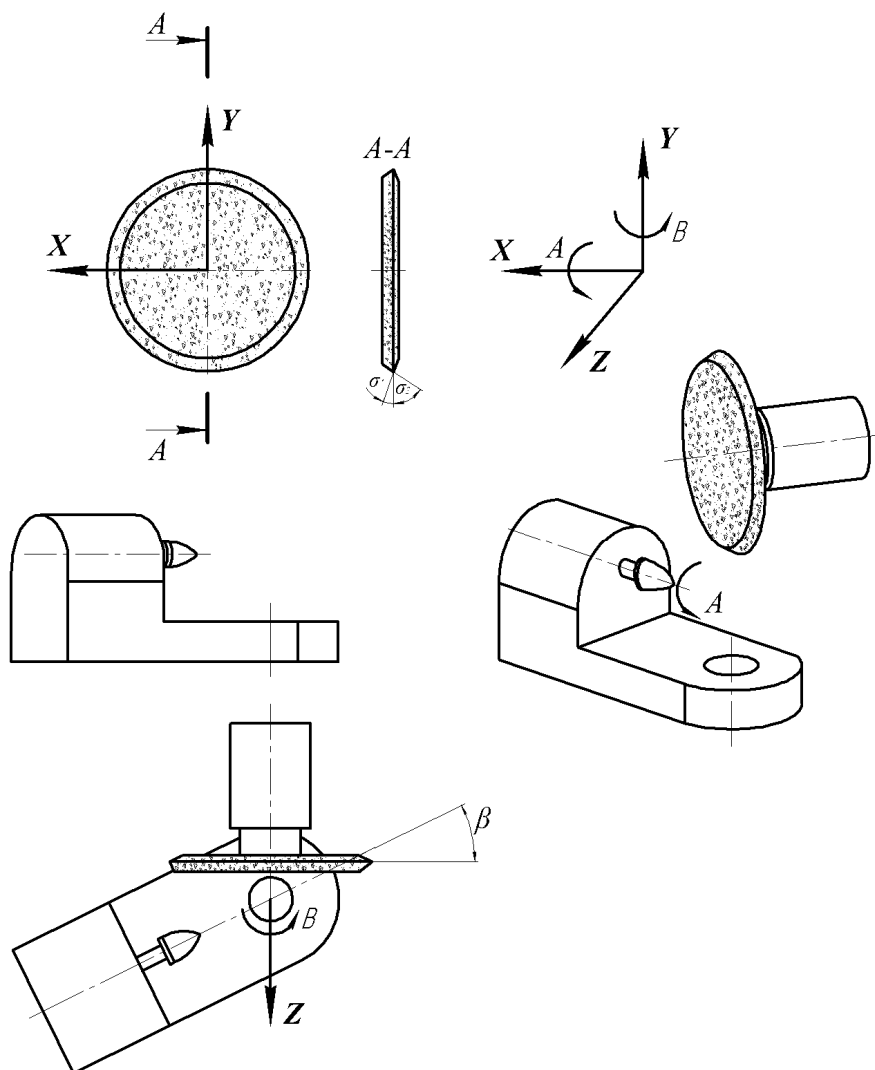


Рис. 10.47. Схема обработки на шлифовально-заточных станках с ЧПУ

Станок ВЗ-452Ф4 имеет пять управляемых координат, из которых одновременно могут использоваться четыре или менее. Совокупность и правильное перемещение по этим координатам обеспечивает правильно сформированную винтовую поверхность изготавливаемого режущего инструмента, а также заданные параметры сечений режущей части.

Станок снабжен виброустойчивой сварной станиной, рабочая зона закрывается специальным экраном, а управление ведется с поворотного пульта.

Кинематическая схема имеет характерную особенность – это минимально возможное число конструктивных составляющих, от двигателя до исполнительного органа. Такое решение обеспечивает главное – точность перемещений и отличается простотой и надежностью.

Возможности описанного выше станка позволяют изготавливать инструменты различной сложности, что объясняет интерес инструментальной промышленности к подобному оборудованию. Все поступательные перемещения обеспечиваются безлюфтовыми шариковыми винтовыми парами, а вращения по координатам  $A$  и  $B$  – безлюфтовыми червячными передачами. Дискретность задания перемещений для координат  $X, Y, Z$  – 0,001 мм, для координат  $A, B$  – 0,001°.

**Полуавтомат с ЧПУ мод. ВЗ-205ФЗ** (рис. 10.48), 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 (рис. 10.44, в). После введения

оператором в устройство ЧПУ известной геометрической и технологической информации и определения осевого и окружных шагов винтовых зубьев фрезы затачивается автоматически.

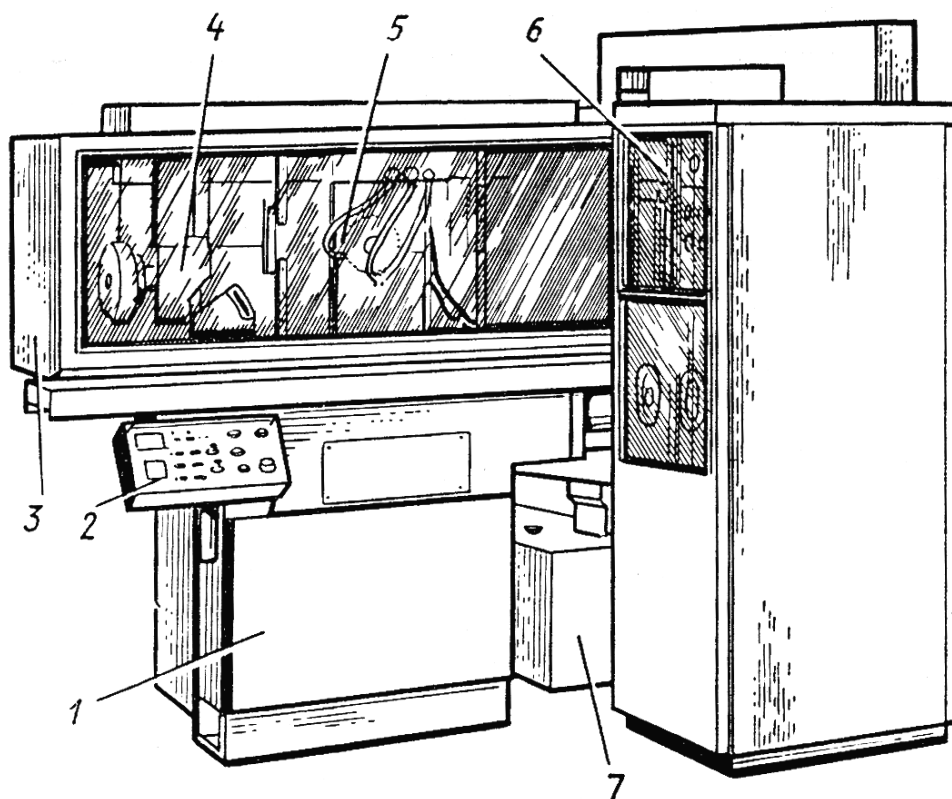


Рис. 10.48. Многоцелевой заточной 4-координатный станок с ЧПУ мод. ВЗ-205ФЗ:

1 – станина; 2 – пульт управления; 3 – кожух; 4 – бабка изделия;  
5 – шлифовальная бабка; 6 – устройство ЧПУ; 7 – бак СОЖ

**Центр шлифовально-заточной с ЧПУ мод. ВЗ-519Ф4** предназначен для заточки и вышлифовки стружечных канавок борфрез и других режущих инструментов в автоматическом режиме.

Центр позволяет производить шлифование поверхностей режущей части инструментов последовательно одним или несколькими абразивными инструментами в автоматическом режиме.

На центре возможно шлифование других фасонных изделий с использованием линейной, круговой, винтовой и сплайн-интерполяцией по управляемым координатам.

*Техническая характеристика:*

Диапазон диаметров отверстий цанг, мм.....	2÷20
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм.....	200
Наибольшая масса изделия, кг.....	8
Наибольшая длина изделия, мм.....	160
Расстояние от поворотного стола до оси бабки изделия, мм .....	120 ± 0,8
Наибольший диаметр абразивного инструмента, мм.....	150
Наибольшее перемещение, мм:	
– координата <i>X</i> .....	200 ± 10
– координата <i>Y</i> .....	200 ± 10
– координата <i>Z</i> .....	200 ± 10
Наибольший угол поворота шпинделя бабки изделия (координата <i>A</i> ), град	не ограничивается
Наибольший угол поворота бабки изделия в горизонтальной плоскости (координата <i>B</i> ), град. ..	240 ± 10
Дискретность задания перемещений:	
– линейных, мм.....	0,001
– угловых, град.....	0,001
Количество управляемых координат:	
– всего.....	5
– одновременно в интерполяции.....	4
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> .....	2000÷6000
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт .....	2,2
Суммарная мощность электродвигателей, кВт .....	8,83
Габаритные размеры, мм:	
– длина.....	2460
– ширина.....	1340
– высота.....	2100
Масса, кг, не более .....	2050

Изображение центра с указанием составных частей приведено на рис. 10.49. Изображение пульта управления с указанием органов управления приведено на рис. 10.50.



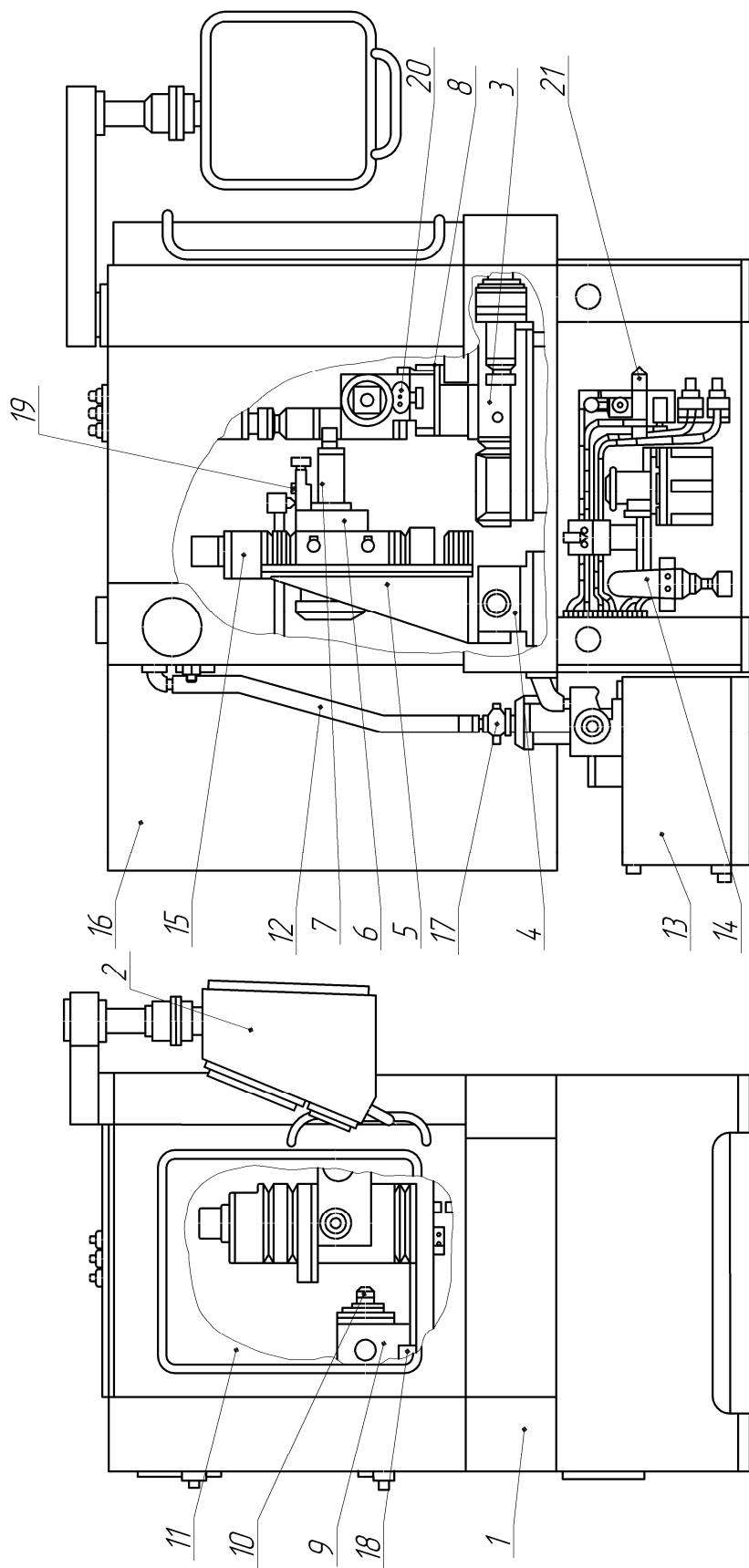


Рис. 10.49. Эскиз компоновки и органов управления шифовально-заточного центра с ЧПУ ВЗ-519Ф4:

- 1 – станина; 2 – панель управления; 3 – каретка поперечная; 4 – каретка продольная; 5 – бабка колонна;
- 6 – головка шифовальная; 7 – привод головки шифовальной; 8 – стол поворотный; 9 – бабка изделия;
- 10 – механизм зажима изделия; 11 – ограждение; 12 – коммуникации подачи СОЖ; 13 – система подачи и очистки СОЖ; 14 – станция гидропривода и смазки; 15 – центр; 16 – электрошок; 17 – кран регулирования подачи СОЖ; 18 – болт прижима бабки изделия к боковой стороне паза поворотного стола;
- 19 – краны регулирования подачи СОЖ в отдельные сопла; 20 – гайки зажима бабки изделия;
- 21 – дрессель регулирования подачи масла в питатель

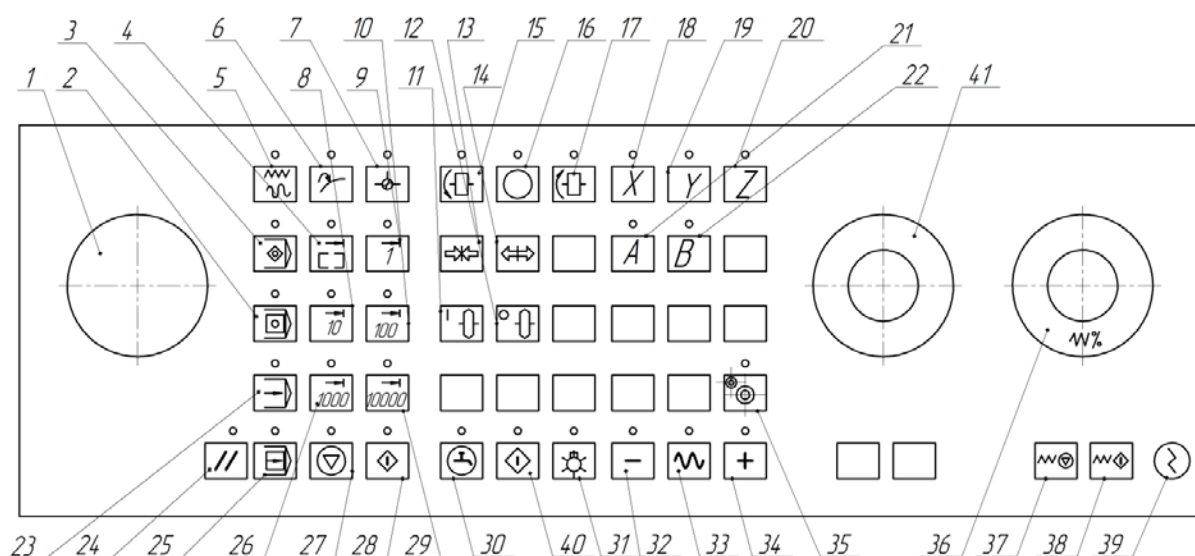


Рис. 10.50. Эскиз пульта управления:

- 1 – кнопка аварийного отключения; 2 – кнопка автоматического режима с ручным вводом данных; 3 – кнопка обучения; 4 – кнопка изменяемой по величине дискретной подачи; 5 – кнопка ручного режима; 6 – кнопка возврата на траекторию; 7 – кнопка выхода в референсные точки центра; 8 – кнопка дискретной подачи, равной 10 дискретам; 9 – кнопка дискретной подачи, равной 1 дискрете; 10 – кнопка дискретной подачи, равной 100 дискретам; 13 – кнопка «Зажим изделия»; 14 – кнопка «Разжим изделия»; 15 – кнопка «Пуск абразивного инструмента влево»; 16 – кнопка «Стоп абразивного инструмента»; 17 – кнопка «Пуск абразивного инструмента вправо»; 18 – кнопка координаты «X»; 19 – кнопка координаты «Y»; 20 – кнопка координаты «Z»; 21 – кнопка координаты «A»; 22 – кнопка координаты «B»; 23 – кнопка «Автомат»; 24 – кнопка «Сброс»; 25 – кнопка покадровой отработки программы; 26 – кнопка дискретной подачи, равной 1000 дискрет; 27 – кнопка «Стоп выполнения программы»; 28 – кнопка «Пуск выполнения программы»; 29 – кнопка дискретной подачи, равной 10000 дискрет; 30 – кнопка «Включено или отключено охлаждение»; 31 – кнопка «Включено или отключено освещение»; 32 – кнопка перемещения по координатам в «←»; 33 – кнопка ускоренного перемещения (при одновременном нажатии кнопкой «+» или «←»); 34 – кнопка перемещения по координатам в «+»; 35 – кнопка переключения систем координат «детали» и «станка»; 36 – переключатель регулирования контурной скорости; 37 – кнопка «Стоп подачи»; 38 – кнопка «Пуск подачи»; 39 – гнездо ключевого переключателя; 40 – кнопка «Включение электроавтоматики»; 41 – переключатель регулирования скорости абразивного инструмента

Все сборочные единицы центра выполнены как отдельные агрегаты, что облегчает их сборку и разборку при ремонте.

Спереди станины установлена каретка поперечная, которая по линейным направляющим качения (ЛНК) от ходового винта (ВГК)

перемещается в поперечном направлении. На каретку устанавливается стол поворотный, к которому через Т-образный паз крепится бабка изделия.

Сзади станины установлена продольная каретка, которая по направляющим качения от ходового винта (ВГК) перемещается в продольном направлении. На каретку устанавливается колонна. На подвижную каретку колонны, которая перемещается по ЛНК от ходового винта (ВГК), крепится привод шлифовальной головки, в корпусе которой смонтирована шлифовальная головка. Зона обработки закрыта ограждением. Ограждение имеет в передней части дверь с окном из оргстекла, открывающую зону обработки. На крыше ограждения крепится поворотная стойка, несущая на себе корпус пульта, в котором устанавливается система управления ЧПУ. С левой стороны станины в нише монтируется система смазки и гидравлики. Сзади станины крепится электрошкаф и устанавливается система подачи и очистки СОЖ.

Кинематическая схема центра (рис. 10.51) обеспечивает следующие перемещения рабочих органов:

- вращение шлифовального шпинделя;
- продольное перемещение шлифовального шпинделя;
- вертикальное перемещение шлифовального шпинделя;
- поперечное перемещение бабки изделия;
- вращение шпинделя бабки изделия;
- поворот бабки изделия в горизонтальной плоскости.

Вращение шлифовальной головки осуществляется от электродвигателя 1 через поликлиновую ременную передачу шкивами 2 и 3 (рис. 10.51).

Вертикальное перемещение шлифовальной головки осуществляется от электродвигателя 4, винт 8, гайку 7.

Продольное перемещение шлифовальной головки осуществляется от электродвигателя 9, винт 10, гайку 11.

Поперечное перемещение бабки изделия осуществляется от электродвигателя 12, винт 13, гайку 14.

Вращение шпинделя бабки изделия осуществляется от электродвигателя 15, червяк 17, червячное колесо 16. Подпружиненный червяк 18 служит для выборки люфта в зацеплении червяка 17 с червячным колесом. Конические зубчатые колеса 19 и 20 предназначены для кинематической связи червяков 17 и 18.

Поворот бабки изделия в горизонтальной плоскости осуществляется от электродвигателя 21, червяк 22, червячное колесо 23.



- оправку с абразивным инструментом надеть на балансировочную оправку и балансировать, используя балансировочные грузы;
- отбалансированную оправку с абразивным инструментом снять, установить в шлифовальную головку и зажать винтом.

Установка обрабатываемого изделия в зависимости от формы может устанавливаться в шпинделе бабки изделия:

- при коническом хвостовике – напрямую, либо через втулки переходные и зажиматься вручную шомполом;
- при цилиндрическом хвостовике – в цанговый патрон и зажиматься с помощью гидроцилиндра или вручную гайкой в зависимости от вида патрона;
- при необходимости для поддержки используют люнет или заднюю бабку.

Для восстановления режущей способности и профиля абразивного инструмента возможна установка одного из механизмов правки. При обработке деталей сложного профиля возможна установка электромеханической упорки.

***Полуавтомат шлифовально-заточной с ЧПУ мод. ВЗ-417Ф4*** (рис. 10.52, а) представляет собой широкоуниверсальный шлифовально-заточной станок с ЧПУ и предназначен для вышлифовки стружечных канавок с любыми параметрами на всех видах режущего инструмента из твердого сплава и быстрорежущих сталей, а также для заточки всех видов инструмента по любым поверхностям высокостойкими абразивными, алмазными и эльборовыми шлифовальными кругами с охлаждением и без него.

Все ответственные узлы и механизмы полуавтомата собраны из комплектующих изделий лидирующих мировых производителей. Устройство ЧПУ SINUMERIK 840D производства фирмы SIEMENS, Германия, характеризуется:

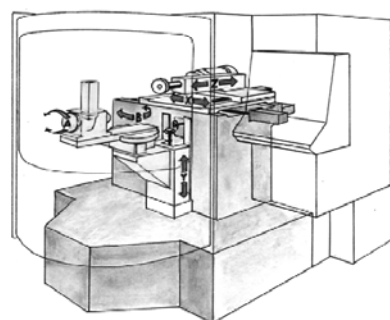
- высокоточными и высокодинамичными перемещениями;
- возможностью осуществления любого движения с использованием линейной, круговой, винтовой, сплайновой и полиномиальной интерполяции;
- свободным программированием;
- возможностью управления в диалоговом режиме.

Перемещения по осям осуществляются вентильными двигателями с цифровым управлением производства фирмы SIEMENS.

Полуавтомат имеет гидрофицированный зажим–разжим заготовок в шпинделе бабки изделия и шлифовального круга в шлифовальной бабке.



а)



б)

Рис. 10.52. Полуавтомат шлифовально-заточной с ЧПУ мод. ВЗ-417Ф4:  
а – общий вид; б – управляемые координатные оси

*Техническая характеристика:*

Наибольший диаметр изделий, мм.....	50
Наибольший диаметр насадных изделий, мм....	250
Наибольшая длина изделия, мм.....	250
Наибольший диаметр абразивного инструмента, мм .....	150
Наибольшее перемещение, мм:	
– координата X.....	400
– координата Y.....	210
– координата Z.....	320
– поворот бабки изделия (координата A), град .....	не ограничено
– поворот стола (координата B), град.....	± 100
Число управляемых осей всего/одновременно.....	5/5
Дискретность задания перемещений:	
– линейных, мм.....	0,001
– угловых, град.....	0,01
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> .....	2000÷6000

Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт.....	7,5
Габаритные размеры, мм.....	1920 × 2860 × 2000
Масса, кг, .....	2000

Перемещения по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , осуществляются по шариковым линейным направляющим качения, сочетающим в себе легкость хода, высокую точность и жесткость.

Каждая из применяемых инструментальных оправок может нести три абразивных инструмента.

Возможность одновременного управляемого интерполируемого перемещения по пяти осям (рис. 10.52, б) позволяет вести обработку детали с одного станова по всем поверхностям.

На станке может быть установлено автоматическое измерительное устройство производства фирмы MARPOSS.

Компоновка полуавтомата позволяет рационально использовать рабочее пространство. Оригинальная конструкция ограждения дает возможность при хорошей герметичности и обзоре зоны резания иметь удобный доступ к рабочим органам полуавтомата для обслуживания и настройки.

**Центр шлифовально-заточной с ЧПУ мод. ВЗ-409Ф4** (рис. 10.53) предназначен для вышлифовки стружечных канавок и заточки любых режущих инструментов из быстрорежущих сталей и твердых сплавов по любым поверхностям высоко стойкими абразивными, эльборовыми и алмазными шлифовальными кругами с охлаждением. На центре возможно шлифование других изделий с любыми другими фасонными поверхностями.

Наличие пяти управляемых осей позволяет вести обработку изделий с одного станова по всем поверхностям, что значительно увеличивает производительность за счет сокращения вспомогательного времени, повышает точность обработанного изделия вследствие устранения погрешностей, возникающих при переустановке заготовки, и, кроме того, облегчает труд оператора.

Применение удлиненного фланца для шлифовальных кругов сразу с тремя кругами дает возможность обрабатывать изделие поочередно разным инструментом с одного станова.

На центре осуществляется правка шлифовального круга и изменение параметров обрабатываемого изделия посредством встроенного датчика фирмы MARPOSS.

Применение устройства ЧПУ SINUMERIK 810D и вентиляльных двигателей производства фирмы SIEMENS гарантирует высокое качество управления центром, обеспечивает надежную работу станка.

Устройство ЧПУ SINUMERIK 810D характеризуется:

- возможностью осуществления любого движения с использованием линейной, круговой, винтовой или сплайновой интерполяции;
- свободным программированием;
- возможностью управления от ЭВМ высшего ранга.



Рис. 10.53. Центр шлифовально-заточной с ЧПУ мод. ВЗ-409Ф4

*Техническая характеристика:*

Наибольший диаметр изделий, мм:

- устанавливаемых в цанговом патроне.....20
- устанавливаемых над поворотным столом.. 250

Наибольшая длина изделия, мм..... 160

Наибольший диаметр абразивного  
инструмента, мм..... 200

Наибольшее перемещение, мм:

- координата  $X$ .....400
- координата  $Y$ .....285
- координата  $Z$ .....210



– поворот бабки изделия (координата <i>A</i> ), град.....	не ограничено
– поворот стола (координата <i>B</i> ), град.....	$\pm 200$
Число управляемых осей всего/одновременно..	5/5
Дискретность задания перемещений:	
– линейных, мм.....	0,001
– угловых, град.....	0,001
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> .....	2000÷6000
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт.....	4,0
Габаритные размеры, мм.....	3000 × 2850 × 2080
Масса, кг,.....	3500

**Шлифовально-заточной центр с ЧПУ мод. ВЗ-480Ф4** (рис. 10.54) предназначен для изготовления и заточки фрез концевых цилиндрических, конических, радиусных, дисковых отрезных, сверл, метчиков, разверток и т. д. из быстрорежущей стали и твердого сплава высокостойкими алмазными и эльборовыми шлифовальными кругами с охлаждением.

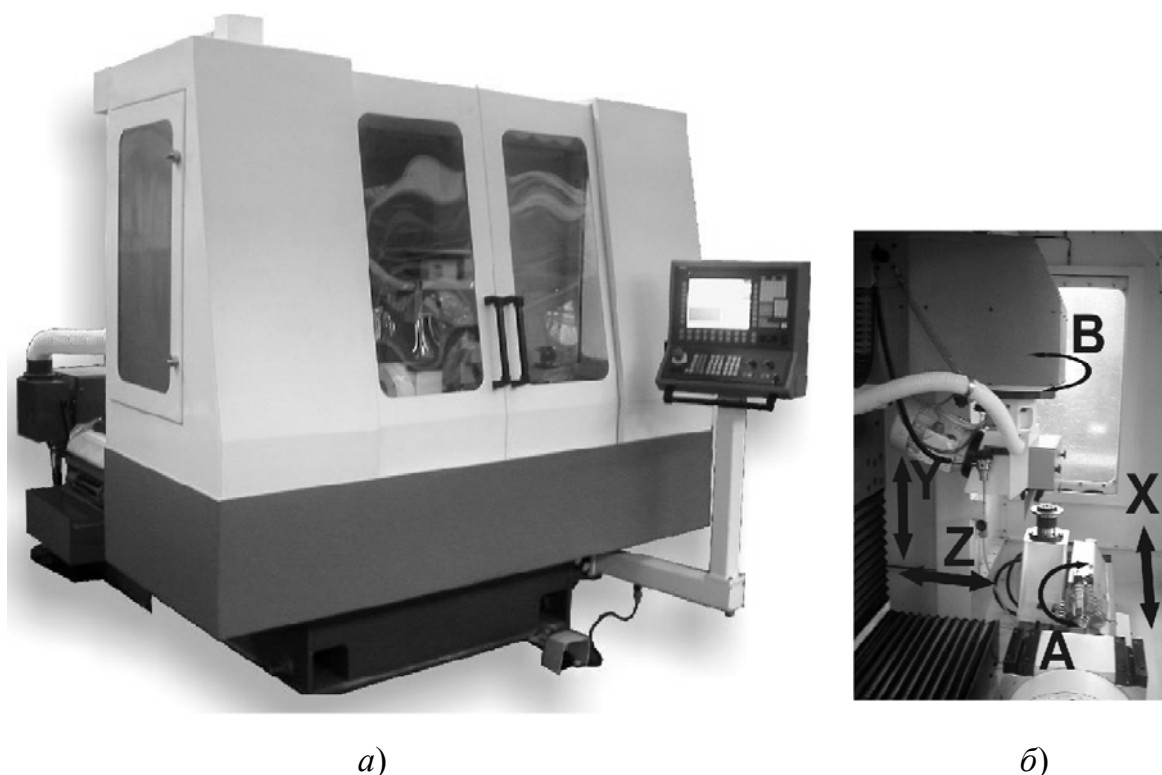
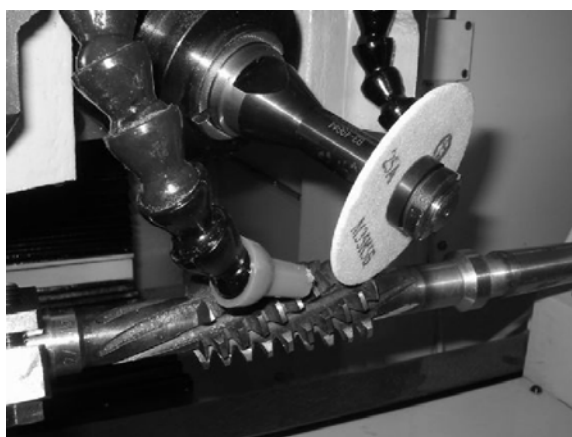


Рис. 10.54. Шлифовально-заточной центр с ЧПУ мод. ВЗ-480Ф4:  
а – общий вид; б – управляемые координатные оси

Центр оснащается системой ЧПУ SINUMERIK 840D; измерительной системой на базе датчика HEIDENHAIN; системой автоматической правки шлифовальных кругов алмазным роликом; системой подачи и очистки СОЖ с насосом высокого давления; магнитным сепаратором и лентопротяжным устройством с бумажным фильтром; системой отсоса и фильтрации аэрозолей и технологической оснасткой.

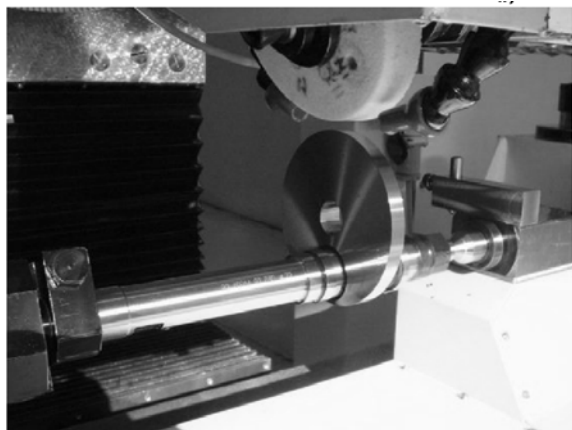
Технологические возможности центра позволяют осуществлять операции шлифования профиля дисковых кулачков, бокового профиля червяков, зубошлифования цилиндрических зубчатых колес, пазов делительных дисков и другие подобные операции (рис. 10.55).



а)



б)



в)



г)

Рис. 10.55. Примеры обработки изделий на шлифовально-заточном центре:  
 а – червячной фрезы; б – червяка; в – дискового кулачка;  
 г – зубчатого колеса

*Техническая характеристика:*

Наибольший диаметр изделий, мм:	
– в цанговом патроне.....	32
– в центрах или на оправке .....	250
Наибольшая длина изделия, мм:	
– в цанговом патроне.....	300
– в центрах или на оправке .....	400
Наибольший диаметр абразивного инструмента, мм.....	200
Частота вращения шпинделя, мин <sup>-1</sup> .....	2000÷6000
Число управляемых осей всего/одновременно.....	5/5
Наибольшее перемещение, мм:	
– X (продольное перемещение стола) .....	630
– Y (вертикальное перемещение шлифовальной бабки).....	320
– Z (поперечное перемещение шлифовальной бабки).....	320
– A (поворот шпинделя изделия), град .....	не ограничено
– B (поворот шлифовальной бабки), град.....	+60÷–200
Мощность привода главного движения, кВт.....	6,0
Габаритные размеры, мм.....	2500 × 3500 × 2350
Масса, кг,.....	5500

## **11. СТАНКИ ДЛЯ КЛЕЙМЛЕНИЯ И МАРКИРОВКИ**

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. 11.1.

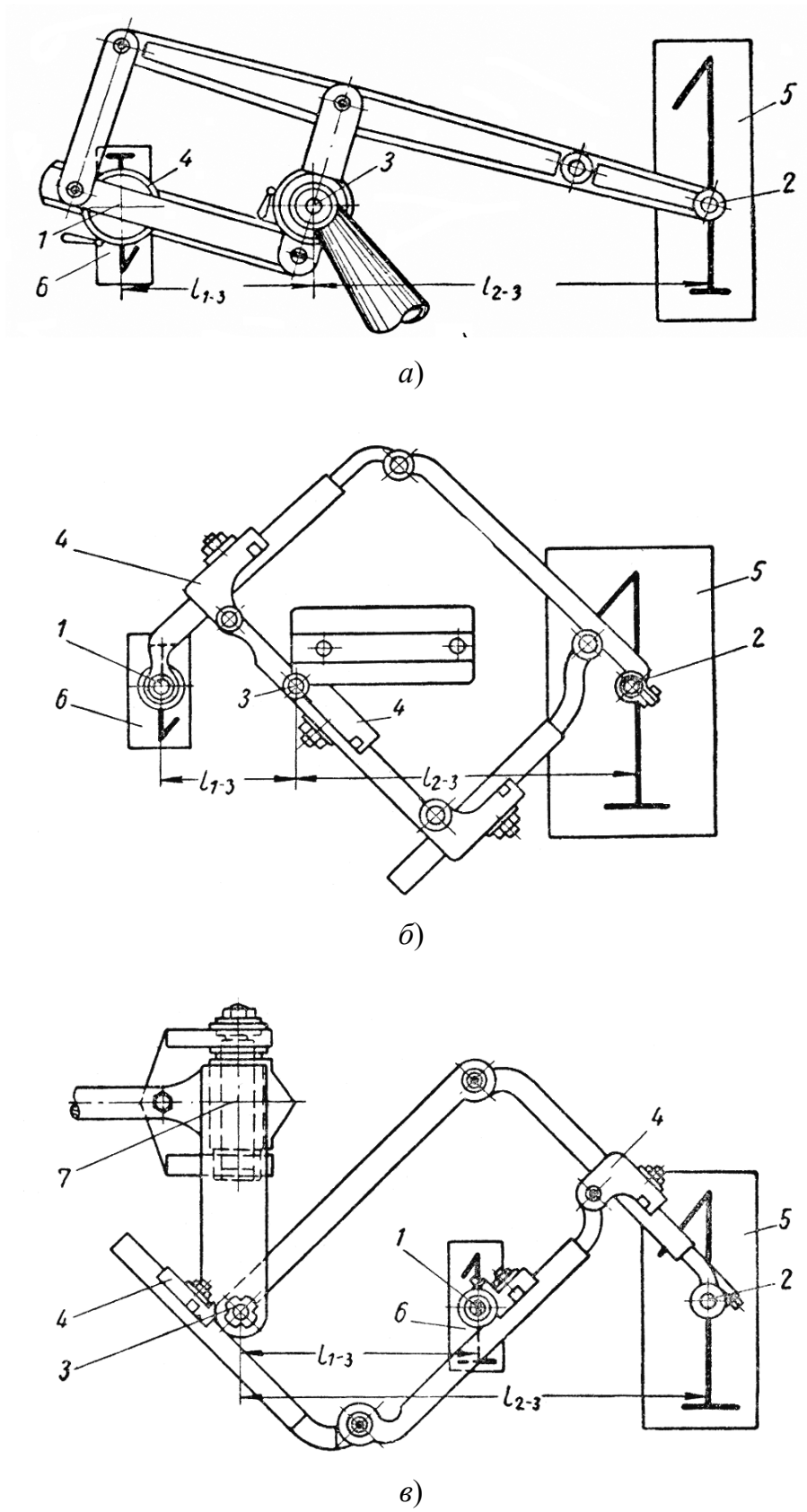


Рис. 11.1. Пантографы

Пантограф представляет собой шарнирный плоский параллелограмм. Он имеет направляющий палец, расположенный по оси 2 и скользящий по шаблону, шпindelь 1 и ось вращения 3. При перемещении пальца 2 по шаблону 5 шпindelь описывает геометрически подобную фигуру на изделии 6. Масштаб копирования  $K$  зависит от соотношения плеч пантографа:

$$K = \frac{i_{1-3}}{i_{2-3}},$$

где  $i_{1-3}$  – 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 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. 11.1, 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. 11.1, 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. 11.1, 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. 11.1, в).

## 11.1. Копировально-фрезерный станок с пантографом

*Станок мод. 6461* (рис. 11.2) – на нем можно производить разнообразные копировальные работы по плоским копирам, в том числе и гравирование, а также обрабатывать штампы, матрицы, пресс-формы и различные рельефные детали путем объемного копирования. Станок может быть использован так же, как простой фрезерный без пантографа.

На станине *1* крепится стойка *6*, 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 копировального шпинделей. Шпиндель *5* фрезерной головки и шпиндель *15* копировального пальца (щупа) свободно посажены в расточках пантографа *8*. Рычаг *11* направляется тремя радиальными подшипниками качения в стойке *6* 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.

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 скоростей шпинделя в пределах  $1750 \div 9600$  об./мин. Высокие числа оборотов дают возможность работать на станке мод. 6461 также абразивным инструментом.

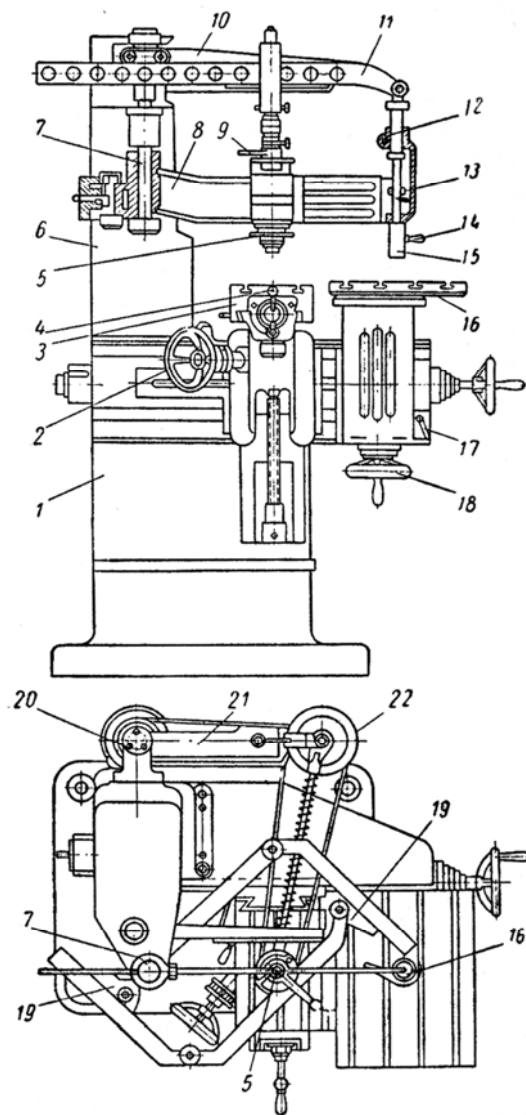


Рис. 11.2. Копировально-фрезерный станок мод. 6461:

- 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 по 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 – передвижные кронштейны для установки  
 масштаба копирования; 20 – трехступенчатый шкив приводного  
 электродвигателя; 21 – качающийся рычаг промежуточного шкива 22;  
 22 – промежуточный шкив

## 11.2. Оборудование для клеймления плашек

*Полуавтомат мод. 9В-3 для клеймления плашек* предназначен для клеймления круглых плашек с наружным диаметром от 16 до 65 мм и толщиной от 5 до 25 мм.

Продольный разрез станка дан на рис. 11.3 и 11.4. 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. Двухзаходный червяк *21* сцеплен с червячным зубчатым колесом *13* ( $z = 53$ ), которое сидит 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  $2e = 15$  мм = const. Длина шатуна, а следовательно, и первоначальное положение ползуна регулируются винтом *24* и гайками *23*.

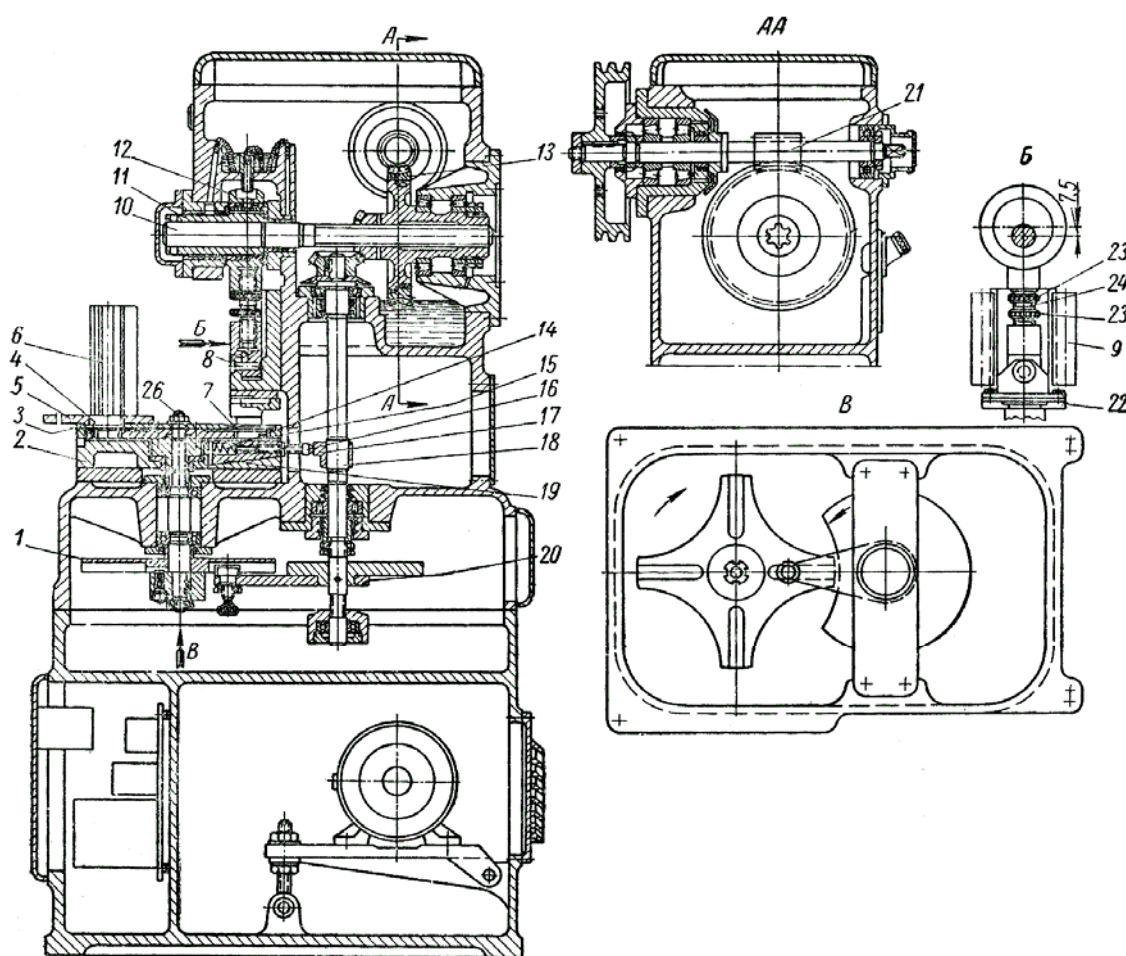


Рис. 11.3. Продольный разрез полуавтомата мод. 9В-3 для клеймления плашек



Ползун делает 30 двойных ходов в минуту; изменение числа ходов производится заменой шкивов клиноременной передачи.

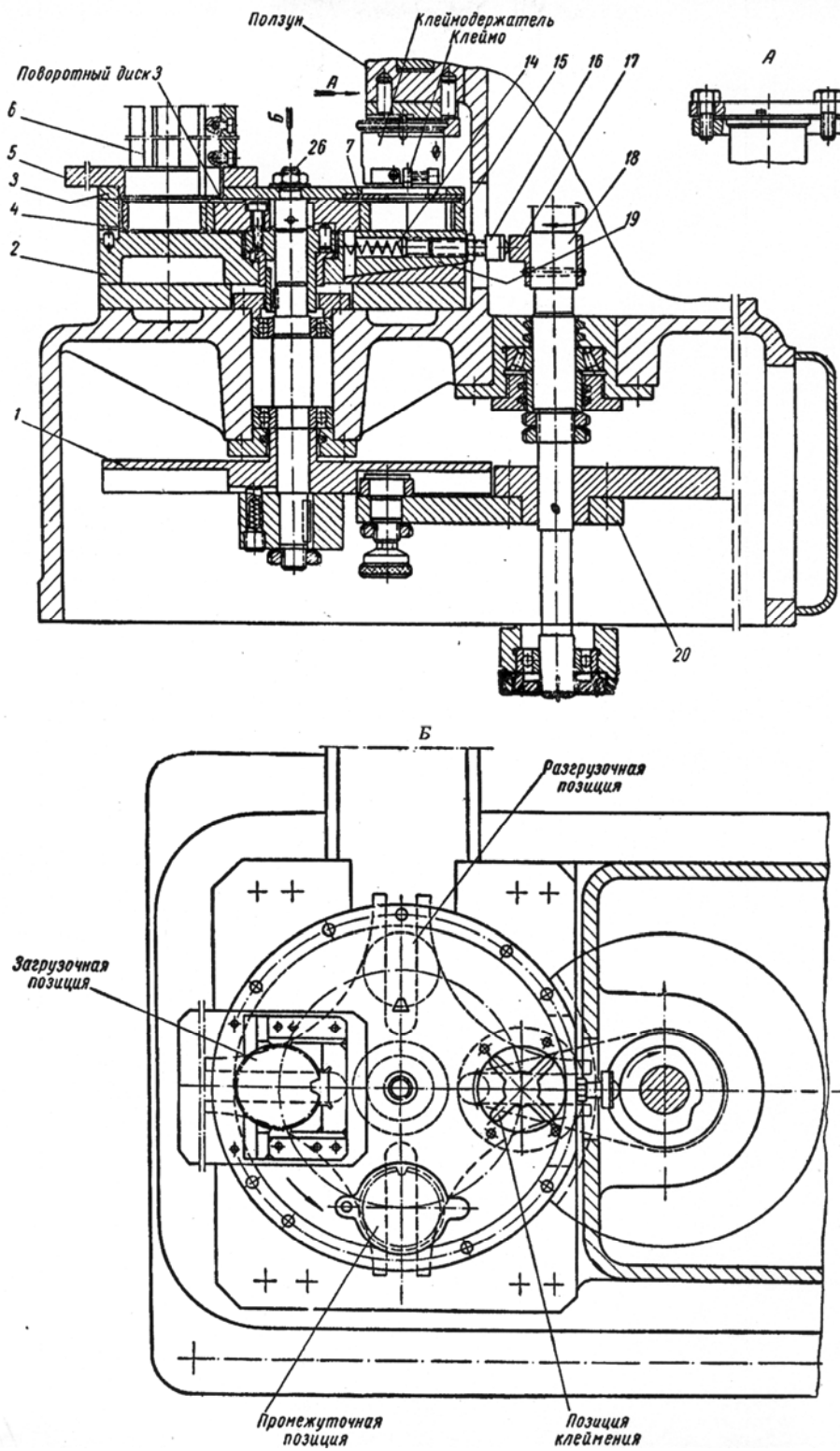


Рис. 11.4. Продольный разрез полуавтомата мод. 9В-3 для клеймления плашек

В ползуне 9 закрепляется державка клейм. На рис. 11.5 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. 11.3). В верхний торец корпуса запрессован цилиндрический установочный штифт 3 (рис. 11.5). 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.

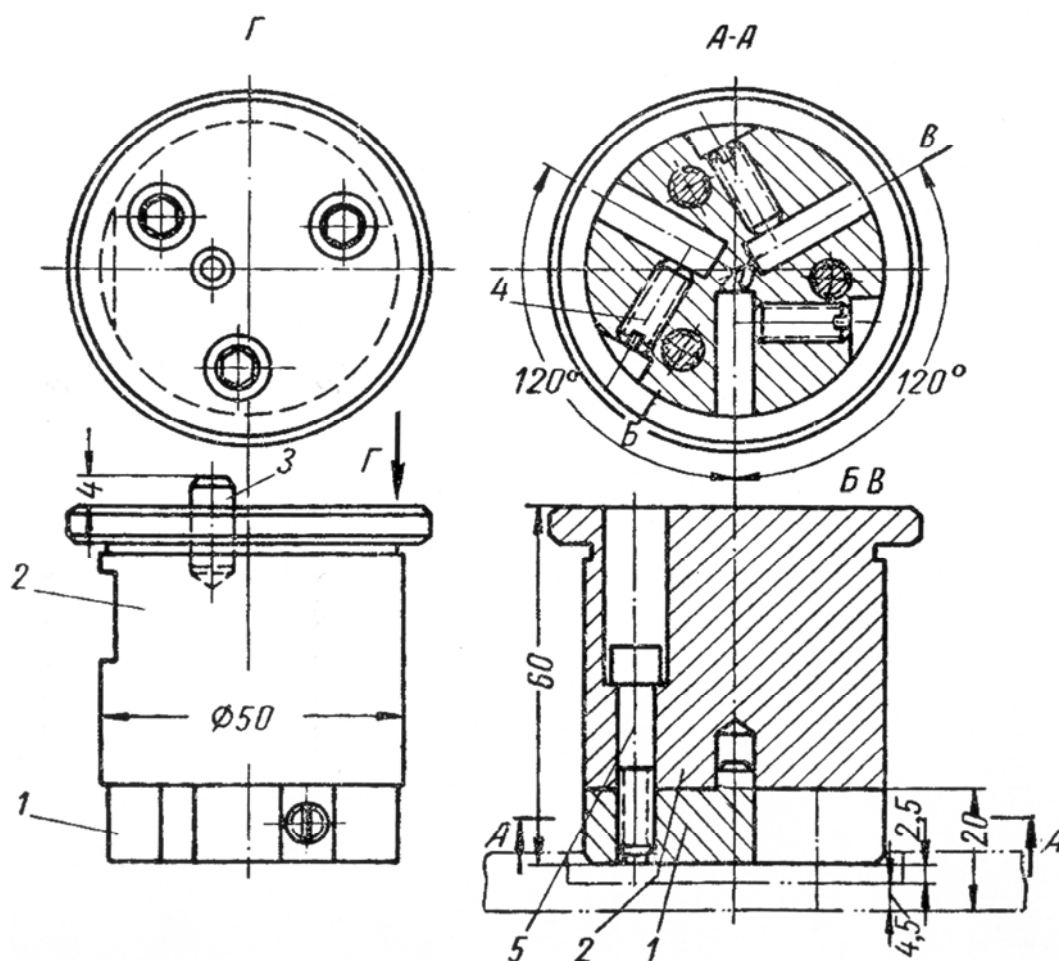


Рис. 11.5. Державка клейм для плашек (к полуавтомату мод. 9В-3)

На станине станка устанавливается основание 2 (рис. 11.3) 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.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дибнер, Л. Г. Справочник молодого заточника металлорежущего инструмента / Л. Г. Дибнер. – М. : Высш. шк., 1990. – 208 с.
2. Ординарцев, И. А. Автоматизация производства режущего инструмента / И. А. Ординарцев, Г. Ф. Филиппов. – Л. : Машиностроение, 1972. – 264 с.
3. Металлорежущие станки / под общ. ред. Н. С. Ачеркана. – М. : Машгиз, 1958. – 1016 с.
4. Чернов, Н. Н. Металлорежущие станки / Н. Н. Чернов. – М. : Машиностроение, 1988. – 416 с.
5. Металлорежущие станки / Н. С. Колев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1980. – 500 с.
6. Паспорта станков.

## Оглавление

Введение.....	3
1. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА .....	7
1.1. Технологическая классификация металлорежущих инструментов.....	7
1.2. Требование к оборудованию инструментального производства.....	10
2. СТАНКИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ.....	11
2.1. Отрезные станки.....	11
2.2. Оборудование для сварки заготовок инструментов.....	25
2.2.1. Оборудование для сварки заготовок трением .....	26
2.2.2. Оборудование для стыковой электросварки .....	30
2.3. Оборудование для обработки торцов заготовок.....	33
3. СТАНКИ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК ИНСТРУМЕНТОВ .....	42
3.1. Токарно-копировальные станки .....	43
3.2. Токарные станки для обтачивания сверл .....	49
4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТРУЖЕЧНЫХ КАНАВОК И ХВОСТОВИКОВ.....	55
4.1. Станки для фрезерования стружечных канавок .....	55
4.2. Станки для получения стружечных канавок абразивным инструментом .....	76
4.2.1. Особенности процесса вышлифовки стружечных канавок .....	76
4.2.2. Специализированные станки для вышлифовки стружечных канавок.....	82
4.3. Оборудование для продольно-винтового проката сверл.....	84
5. РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ .....	91
5.1. Токарные резьбонарезные станки.....	92
5.2. Резьбофрезерные станки.....	98
5.3. Резьбошлифовальные станки .....	101
6. ТОКАРНО-ЗАТЫЛОВОЧНЫЕ СТАНКИ .....	106
7. КООРДИНАТНО-РАСТОЧНЫЕ СТАНКИ.....	126
8. СТАНКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....	130
8.1. Электроэрозионные станки .....	130
8.2. Электроискровые станки .....	153

8.3. Электроимпульсные станки .....	157
8.4. Анодно-механические станки .....	162
8.5. Анодно-абразивные станки .....	165
8.6. Станки для обработки ультразвуком.....	173
8.7. Станки электронно-лучевой обработки .....	179
9. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	182
9.1. Зубошлифовальные станки .....	182
9.2. Профилешлифовальные станки .....	186
10. ЗАТОЧНЫЕ И ДОВОДОЧНЫЕ СТАНКИ .....	194
10.1. Точильно-шлифовальные станки.....	195
10.2. Универсально-заточные станки .....	196
10.3. Специализированные станки для заточки резцов .....	212
10.4. Специализированные станки для заточки сверл и зенкеров .....	213
10.5. Специализированные станки для заточки фрез.....	216
10.6. Специализированные станки для заточки червячных фрез и долбяков.....	223
10.7. Специализированные станки для заточки метчиков и круглых плашек.....	227
10.8. Специализированные станки для заточки протяжек.....	230
10.9. Специализированный станок для заточки зуборезных головок .....	240
10.10. Многоцелевые заточные станки с ЧПУ .....	242
11. СТАНКИ ДЛЯ КЛЕЙМЛЕНИЯ И МАРКИРОВКИ.....	259
11.1. Копировально-фрезерный станок с пантографом .....	262
11.2. Оборудование для клеймления плашек.....	264
Литература .....	268

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Михайлов Михаил Иванович**  
**Кириленко Виталий Петрович**

# **ОБОРУДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Учебное пособие**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор *А. В. Власов*  
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 23.03.16.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Ризография. Усл. печ. л. 15,81. Уч.-изд. л. 16,58.

Изд. № 33.

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение  
Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого.  
Свидетельство о гос. регистрации в качестве издателя  
печатных изданий за № 1/273 от 04.04.2014 г.  
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48