



Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ПОСОБИЕ

**по выполнению технологического
раздела дипломного проекта
для студентов специальности
1-36 01 05 «Машины и технология обработки
материалов давлением»
дневной формы обучения**

Гомель 2022

УДК [621.73+621.97]:378.147.091.313(075.8)
ББК 34.5я7
Д46

*Рекомендовано советом механико-технологического
факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 12 от 10.12.2019 г.)*

Составитель *А. М. Урбанович*

Рецензент: декан машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн.
наук, доц. *Г. В. Петришин*

Д46 **Дипломное проектирование** : пособие по выполнению технол. разд. для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» днев. формы обучения / сост. А. М. Урбанович. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – 67 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.

Пособие предназначено для студентов дневной обучения, а также руководителей дипломных проектов, специализирующихся в технологии горячей и листовой штамповки. В данной работе изложены вопросы, решение которых должно найти отражение в дипломном проекте с указанием рекомендуемой литературы и необходимых форм для заполнения полученными данными.

Для студентов для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»дневной формы обучения.

**УДК [621.73+621.97]:378.147.091.313(075.8)
ББК 34.5я7**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2022

1 НАЗНАЧЕНИЕ И ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Дипломный проект является квалификационной работой студента, предназначенной для объективного контроля степени сформированности знаний, умений и навыков решать задачи профессиональной деятельности, установленные образовательным стандартом специальности и предусматривающие проектирование технологического процесса, оборудования или проведение научных исследований, которые отвечают требованиям задания к дипломному проектированию. Проект должен быть выполнен с учётом самого передового опыта, прогрессивных технологий и новейших достижений в области горячей и холодной штамповки, а также производства кузнечно-прессовых машин, обеспечивающих улучшение технико-экономических показателей проектируемой или модернизируемой машины по сравнению с существующими аналогами. В используемых для этого организационно-технических решениях необходимо стремиться к наименьшим затратам при заданной производственной программе выпуска продукции, рациональному расходу материалов, минимизации потребляемой энергии, увеличению производительности оборудования за счёт повышения его быстроходности и средств автоматизации. При этом должное внимание следует уделить повышению надёжности и долговечности проектируемых машин за счёт их рациональной конструкции и выбора конструкционных материалов, снижению трудоёмкости и себестоимости изготовления продукции, обеспечению безопасных условий труда и промсанитарии, соблюдению экологических требований. В проекте должны быть учтены действующие стандарты, нормативы и технические условия на изготовление деталей.

Дипломное проектирование является завершающим этапом обучения в вузе и выполняется после сдачи студентом всех семестровых экзаменов и зачётов по изучаемым дисциплинам, лабораторным работам и производственным практикам, защиты всех курсовых работ и проектов, получения зачёта по преддипломной практике и оценки по государственному экзамену.

Студент выполняет проект самостоятельно. Для руководства дипломным проектированием назначается руководитель от кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» и дополнительно два консультанта от соответствующих кафедр: по организации и экономике производства, по охране труда. Кроме того, для оценки соответствия выполненного проекта действующим стандартам, нормам и техническим условиям осуществляется нормоконтроль одним из назначенных преподавателей кафедры.

Руководитель дипломного проекта руководит преддипломной прак-

тикой студента, консультирует его и осуществляет контроль выполнения им календарного графика, утвержденного кафедрой. Для этого руководитель обязан предварительно составить задание к дипломному проектированию, разработать совместно со студентом календарный график работы над проектом и контролировать его выполнение, а также рекомендовать студенту необходимую литературу.

Ответственность за принятые в дипломном проекте решения, качество его исполнения и своевременное выполнение проекта несёт автор (студент-дипломник).

Для контроля за соблюдением календарного графика работы над проектом кафедрой создаются рабочие комиссии (не менее трёх преподавателей в каждой), которые оценивают ритмичность работы студента-дипломника (не менее трёх раз в течение периода дипломного проектирования). Комиссии проверяют соответствие выполненного объёма работ календарному графику. Результаты проверки докладывают на заседании кафедры и передают в деканат. Выводы рабочих комиссий являются основой для принятия решения о возможности допуска студента к защите дипломного проекта.

Законченный дипломный проект, подписанный студентом, консультантами и преподавателем, осуществляющим нормоконтроль, представляется руководителю, который подписывает его и составляет отзыв. После этого проект и отзыв руководителя передаются на утверждение заведующему кафедрой, который с учётом выводов рабочей комиссии решает вопрос о возможности допуска студента к защите дипломного проекта. Допущенный к защите проект направляется заведующим кафедрой на рецензирование. С содержанием полученной рецензии студент должен быть ознакомлен до защиты дипломного проекта.

Работа над дипломным проектом и его защита должны выявить техническую и экономическую подготовку студента, глубину его теоретических знаний и практических навыков, умение ставить и решать инженерные задачи в области технологии горячей или листовой штамповки, а также кузнечно-прессового оборудования.

Порядок защиты дипломного проекта определяется Положением о Государственных экзаменационных комиссиях высших учебных заведений Республики Беларусь (утверждено приказом Министра образования Республики Беларусь от 27.06.1997 № 365).

2 ТЕХНОЛОГИЯ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ

В качестве тем дипломного проекта по технологии горячей штамповки могут быть:

- кузнечно-штамповочный цех (КШЦ), участок завода по выпуску определенной продукции;
- специализированный кузнечно-штамповочный цех (участок) завода по выпуску определенной продукции.

Графическая часть проекта включает:

- технологический раздел, в котором должны быть представлены чертежи деталей и поковок-представителей, выбранных для разработки техпроцесса горячей штамповки, переходов штамповки, сборочные чертежи штамповой оснастки (6-8 листов формата А1), а также рабочие чертежи штампов (1 лист формата А1);

- специальную конструкторскую разработку (2-3 листа формата А1);

- план проектируемого цеха или участка (1 лист формата А1).

Содержательная часть расчетно-пояснительной записки должна включать: общую, технологическую, организационно-техническую, специальную части, охрану труда, требования экологии, экономическую часть и выводы по проекту.

2.1 Общая часть проекта

Введение. Краткое освещение вопросов прогрессивности процессов обработки металлов давлением, используемых в проектируемом цехе. Сопоставление его с базовым предприятием. Характеристика базового цеха (прототипа), изделий, выпускаемых этим цехом, масштаб выпуска, применяемое оборудование, технологические процессы, инструмент. Цель проекта. Предполагаемые изменения сравнительно с базовым цехом в технологии, оборудовании, механизации, планировке, организации и т. д. Предполагаемые благоприятные результаты предлагаемого в проекте варианта ресурсосберегающих технологий сравнительно с показателями работы базового цеха в смысле сокращения трудовых и материальных затрат и увеличения производительности.

Исходные данные для проектирования. Проектирование кузнечно-штамповочного производства может основываться на методе укрупнённого или детального расчёта. Первый применяется при проектировании КШЦ массового или серийного производства с большой номенклатурой изготавливаемых поковок, второй - для цехов и участков с небольшой номенклатурой поковок.

Порядок выполнения дипломного проектирования методом укрупнённого расчета заключается в следующем:

- все поковки, изготавливаемые ковкой и горячей штамповкой, входящие в комплект выпускаемого изделия, делят по принципу однородности технологии, типу и мощности технологического оборудования, приблизительно близкие по массе, размерам, форме и другим признакам на 10-15 групп и сводят данные в таблицу 1;

Таблица 1 – Разбивка комплекта поковок на группы

№ п./п.	Оборудование	Мощность оборудования (номинимальное усилие, кН·м; масса	Количество поковок в комплекте, шт.	Масса одной поковки, кг		Количество поковок на годовую программу, шт.
				максимальная	минимальная	

- из всей номенклатуры поковок выбираются типовые представители, изготавливаемые на различном оборудовании (при выборе типовых представителей предпочтение отдают поковкам, изготовление которых возможно с применением более рациональных технологических процессов: штамповка на горизонтально-ковочной машине (ГКМ), выдавливание, закрытая штамповка на кривошипном горячештамповочном прессе (КГШП) и молотах и др.);

- для каждой выбранной поковки-представителя разрабатывается подробный технологический процесс её изготовления и производится нормирование штамповочных операций;

- используя эти данные, далее по укрупненным показателям и соответствующим формулам производят необходимые расчёты технологической части проекта.

При детальном методе проектирования все расчёты выполняются на основании подробно разработанных технологических процессов всех штампованных поковок, входящих в комплект изделия.

Таблица 2 – Годовая производственная программа

Изделие	Количество паковок на одно изделие		Масса комплекта на одно изделие, кг	Годовая программа выпуска	
	наименование	штук		шт	кг
Итого:					

Запасные части

Всего:

Минимальная масса паковки _____ кг.

Максимальная масса паковки _____ кг.

Основой для проектирования цеха или участка горячей штамповки является годовая производственная программа. В задании к проектированию годовая производственная программа задается укрупненно, т. е. указывается количество комплектов штампованных поковок, и оформляется в виде таблицы 2. Количество запасных частей устанавливается на основании существующих норм расхода запасных частей или особых указаний в задании к проектированию с приложением спецификации запасных частей и указанием их годового выпуска. При укрупненном проектировании количество запасных частей задают в пределах 5-20 % от заданной годовой производственной программы по трудоемкости или по числу комплектов штампованных поковок. При детальном проектировании годовую производственную программу цеха (участка) оформляют в виде спецификации (таблица 3).

Таблица 3 – Программа выпуска цеха (участка)

№ п./п.	№ детали	Наименование поковки	Марка стали	Годовая программа выпуска, шт			Масса годовой программы, т		
				Основная	Запасные части	Всего	Основная программа	Всего	
									%

Краткое описание проектируемого цеха [1, 2]. Назначение проектируемого цеха. Характеристика выпускаемых цехом изделий. Производственная программа цеха. Сводная ведомость технологических процессов (номенклатуры цеха). Тип производства, класс цеха. Участки цеха, уровень их специализации. Марки и сортамент материала, подвергаемого обработке. Типы используемого в цехе оборудования и штампов. Механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций в цехе. Подъемно-транспортные средства. Тип здания, природно-климатические условия района строительства. Учёт при проектировании вопросов техники безопасности, промышленной санитарии и требований гражданской обороны (ГО) объекта.

2.2 Технологическая часть проекта

Разработка технологических процессов [3]. Исходными данными для разработки технологического процесса являются: чертеж детали; годо-

вой объём её выпуска; основные сведения об используемом оборудовании (возможные варианты) для изготовления штампованной поковки (заготовки) для данной детали; нормативно-справочные материалы, каталоги оборудования, применяемого в кузнечно-штамповочном производстве.

Разработку технологического процесса производства поковок целесообразно производить в порядке следующих этапов:

- 1) анализ конструкции детали, объёма её выпуска и предполагаемого для изготовления поковки кузнечно-штамповочного и нагревательного оборудования;
- 2) выбор способа изготовления поковки для данной детали;
- 3) разработка чертежа поковки;
- 4) выбор типа исходной заготовки, расчёт её объёма и размеров, определение способа и устройств для её изготовления, а также основных технологических параметров отрезки;
- 5) выбор, обоснование и расчёт переходов формоизменения заготовки;
- 6) установление температурного интервала формоизменения заготовки, выбор способа и устройств для её нагрева, расчёт основных параметров нагревательных устройств;
- 7) выбор технологической смазки, способа и устройств для её нанесения на поверхности ручьев и заготовку;
- 8) расчет усилий и выбор ведущего кузнечно-штамповочного оборудования;
- 9) методика конструирования и выбор типа технологической формоизменяющей оснастки;
- 10) определение основных технологических параметров отделочных операций (обрезка облоя и удаление перемычек, правка, термообработка, очистка от окалины, калибровка);
- 11) обоснование вида термической обработки поковки (разупрочняющая и упрочняющая термообработка);
- 12) разработка организационных и технических мероприятий по контролю качества поковок;
- 13) разработка организационных и технических мероприятий по технике безопасности, охране труда и окружающей среды;
- 14) заполнение технологической карты.

Анализ конструкции детали, в свою очередь, предполагает: установление условий эксплуатации детали, требований к физико-механическим и технологическим свойствам материала; оценку предполагаемых технологических операций металлообработки; возможное изменение конструкции детали для упрощения обработки давлением и экономии материала; возможность замены материала для повышения технологичности обработки; изменение шероховатости поверхностей для уменьшения

припусков и последующей механической обработки; возможное расчленение сложной и большой детали на части с последующей сваркой отдельных поковок; объединение в одной поковке нескольких одинаковых или разных заготовок с последующим их разделением; замену механической обработки отдельных поверхностей калибровкой.

Анализ объёма выпуска детали тесно связан с выбором способов и устройств для получения нужной поковки. При индивидуальном и мелкосерийном производстве следует применять ковку, универсальный инструмент и оборудование. С увеличением объёма выпуска создаются экономические условия применения более совершенных высокоэффективных способов обработки давлением, технологической оснастки и кузнечно-штамповочного оборудования, обеспечивающих высокое качество поковок, минимальные отходы материала, большую производительность, значительную стойкость штампов и оптимальные условия труда.

Разработка техпроцесса для действующего кузнечно-штамповочного производства предполагает ориентацию исполнителя на уже функционирующее оборудование, однако не исключает выбор современных его видов, легко компокуемых с уже установленным в механизированных (автоматизированных) штамповочных линиях.

Выбор способа изготовления поковки оказывает основное влияние на весь технологический процесс, поэтому разработку этого этапа надо начинать с оценки возможности применения наиболее прогрессивного варианта штамповки и по ходу анализа вносить соответствующие изменения (например, идти от закрытой штамповки к выдавливанию, стремиться к использованию предварительно фасонированной заготовки, осуществлять формоизменение заготовок обжатием и электровысадкой, применять штамповочные автоматы и электронагрев, осуществлять штамповку поковок в разъёмных матрицах, малоотходную открытую штамповку, применять прогрессивные способы отделки поковок).

При анализе возможных вариантов штамповки следует отдавать предпочтение тем, которые обеспечивают высокое качество, наибольший коэффициент использования металла, благоприятные условия труда. Одним из результатов выполнения этого этапа является установление общих очертаний будущей поковки.

Разработка чертежа поковки производится на основании ГОСТ 7505-89 [4], который устанавливает наибольшие величины припусков и допусков на размеры, кузнечных напусков, отклонений формы и наименьших радиусов закругления наружных углов. При этом предполагается тщательный анализ исходных данных (чертежа готовой детали с техническими условиями).

При выборе положения и конфигурации поверхности разъёма штампа следует исходить из следующих положений:

- необходимо обеспечить смыкание и свободный разъем частей штампа;

- положение плоскости разреза должно обеспечивать свободное удаление поковки из полости штампа;

- разъем в большинстве случаев следует устанавливать в плоскости двух наибольших взаимоперпендикулярных размеров поковки (отклонения допускаются в том случае, если при ином разрезе достигается снижение массы поковки, экономия на отходах в результате уменьшения периметра среза заусенца, упрощения обрезного инструмента и заготовительных переходов);

- при установлении плоскости разреза следует учитывать, что заполнение окончательного ручья штампа за счет осаживания предпочтительнее, чем заполнение его выдавливанием;

- труднозаполняемые части формы окончательного ручья (полости под тонкие и высокие ребра, бобышки и т. д.) следует располагать в верхней части штампа;

- для поковок с негоризонтальным разрезом следует увязать наклон фигуры к горизонтальной плоскости с конструкцией замка молотового штампа.

При закрытой штамповке круглых в плане поковок положение разреза, так же как и при открытой, выбирается с учетом удобства удаления поковки из штампа. Однако плоскость разреза назначают по верхней (на молотах и прессах) или по нижней (на молотах) торцевой поверхности детали, в той её части, которая имеет наибольшую площадь поперечного сечения и вертикальные прилегающие к ней стенки.

Штампы ГКМ имеют две плоскости разреза: между двумя полуматрицами и между полуматрицами и пуансоном. Поэтому при разработке чертежа поковки необходимо определить, какая часть поковки в формовочном ручье будет деформироваться в матрицах, а какая - в пуансоне.

Припуски, допуски и кузнечные напуски устанавливаются в зависимости от конструктивных характеристик поковки, приведенных в [4] (в дальнейших расчетах они будут опосредованы через исходный индекс поковки), и определяются исходя из шероховатости обработанной поверхности детали, изготавливаемой из поковки, а также в зависимости от величины размеров и массы поковки.

Припуски на механическую обработку назначаются только на обрабатываемые поверхности поковки и состоят из основной и дополнительной составляющих. Последняя (дополнительный припуск) учитывает отклонения формы поковки (смещение, изогнутость, неплоскостность, непрямолинейность и т. п.).

Основные припуски назначаются в зависимости от исходного индекса, линейных размеров обработанных деталей и шероховатости их поверх-

ностей. При этом исходный индекс определяют в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности штампованной поковки.

С учётом исходного индекса и конкретных характеристик обработанных поверхностей детали (линейных размеров и шероховатости поверхности) находят значения соответствующих основных припусков, которые назначают на одну сторону номинального размера поковки (детали).

Припуски на толщину поковки, подвергаемой холодной или горячей калибровке, устанавливают с учётом особенностей формоизменения заготовки.

Дополнительные припуски, учитывающие смещение поковки, изогнутость, отклонения от плоскостности и прямолинейности, межцентрового и межосевого расстояний, определяют исходя из формы поковки, технологии ее изготовления и класса точности.

Разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок назначают в зависимости от исходного индекса и размеров поковки. Причём допускаемые отклонения внутренних размеров поковок устанавливают с обратными знаками.

Допускаемые отклонения размеров толщины, учитывающие недоштамповку, устанавливаются по наибольшей толщине поковки и распространяются на все размеры её толщины.

Допуск размеров, не указанный на чертеже поковки, принимается равным 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

Допускаемая величина смещения по поверхности разъёма штампа определяется в зависимости от массы поковки, конфигурации поверхности разъёма штампа и класса точности. Допускаемая величина заусенца, образовавшегося по контуру пуансона при штамповке в закрытых штампах (безоблойной), определяется в зависимости от массы и максимального размера поперечного сечения поковки по поверхности разъёма.

Штамповочные уклоны устанавливают при штамповке на молотах и прессах на всех вертикальных поверхностях поковок, а при изготовлении последних на ГКМ - на всех поверхностях выступов, углублений и сквозных отверстий, выполняемых пуансонами.

На поверхностях отверстий в поковках, изготовленных на ГКМ, штамповочный уклон не должен превышать 3° . На молотовых поковках, имеющих элементы в виде ребра, выступа, реборды с отношением их высоты к ширине более 2,5, допускается штамповочный уклон до 10° на внешней поверхности и до 12° на внутренней. Допускаемые отклонения штамповочных уклонов составляют $\pm 0,25$ их номинальной величины.

Впадины и углубления в поковке, когда их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, а диаметр или наименьший поперечный размер не менее 30 мм, выполняют глубиной до 0,8 их диаметра или наименьшего поперечного размера при изготовлении на молотах и прессах и до трёх диаметров при изготовлении на ГКМ.

В поковке выполняют сквозные отверстия при двустороннем углублении, если при ее изготовлении их оси параллельны направлению движения одной из подвижных частей штампа, диаметр сквозного отверстия не менее 30 мм, а толщина поковки в месте пробивки не более диаметра пробиваемого отверстия.

При штамповке поковок с глухими полостями или сквозными отверстиями стремятся получить наметки возможно большего объёма, что обеспечивает экономию металла и уменьшение механической обработки.

При штамповке поковок большой высоты с отверстием ограничиваются получением лишь глухих наметок без последующей пробивки перемычек. Действующий стандарт для глухих наметок устанавливает предельную глубину до 0,8 их диаметра. При этом если глухая наметка не ограничена глубиной выемки готовой детали, то полное округление вершины полости рекомендуется производить одним радиусом.

При штамповке на молотах и прессах сквозные отверстия получают путем последующей пробивки перемычек, предварительно оформляемых в ковочных штампах. Излишне толстая перемычка затрудняет пробивку отверстия, а слишком тонкая снижает стойкость кузнечных знаков.

Для двусторонней наметки рекомендуется смещать поверхность внутреннего разъёма, а с ним и перемычку по отношению к поверхности внешнего разъёма, что значительно облегчает центрирование поковки в окончательном ручье, причём смещение в направлении нижней половины штампа предпочтительнее.

Чертёж холодной поковки является основным технологическим документом в цехе. Разрабатывают его на основе чистового чертежа детали.

Готовую деталь на чертеже поковки показывают штрихпунктирной линией с двумя точками, давая лишь необходимые контуры детали, наглядно показывающие наличие припуска на обработку. Подобное изображение готовой детали следует давать преимущественно в разрезах и сечениях только один раз, не повторяя его в других проекциях поковки [5].

При оформлении чертежа поковки последнюю изображают в том же положении, которое она занимает в штампе, масштаб вычерчивания 1:1. Допустимы уменьшение масштаба (1:2) при изображении крупногабаритных поковок (свыше 750 мм) и увеличение (2:1) для поковок сложных форм размером менее 50 мм. В случае вычерчивания поковки в масштабе 1:2 сложные сечения даются в натуральную величину.

Система простановки размеров поковки должна полностью соответствовать системе размеров детали и учитывать: исходные базы механической обработки; удобство проверки величины припуска путём сравнения размеров на чертеже поковки с размерами готовой детали; удобство проверки размеров на поковке; простоту разметки поковки при контроле. На чертеже холодной поковки не следует указывать размеры, определяющие линию разъёма, сама же она изображается тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах знаком Х.

Поскольку чертеж холодной поковки необходим при приеме поковок, все размеры на нем проставляются с допусками. Технические требования к поковке устанавливаются по ГОСТ 8479-70 [6].

В первом пункте технических требований указывают группу поковки согласно предполагаемых режимов испытания и твёрдость материала поковки.

Во втором пункте технических требований указывают класс точности, группу стали, степень сложности поковки и исходный индекс.

Далее устанавливают возможное смещение по поверхности разъёма штампов и допускаемую величину остаточного облоя, точность неоговариваемых размеров поковки (отмечают повторяемость предельных отклонений для ряда размеров поковки - на самом чертеже допускаемые отклонения размеров в этом случае опускаются).

В последующих пунктах технических требований оговариваются допускаемые отклонения от соосности непробитых отверстий (наметок) в поковках, от концентричности пробитых отверстий, по изогнутости, неплоскостности и непрямолинейности (для плоских поверхностей), по радиальному биению (для цилиндрических поверхностей). Отмечаются допускаемые отклонения межосевого расстояния, даются допускаемые отклонения торца стержня поковки после отрезки заготовок от прутка, не подвергнутого последующей деформации при штамповке.

По мере необходимости отмечают также необозначенные на чертеже радиусы закруглений и штамповочные уклоны. Здесь же указываются допуски на радиусы закруглений.

При предъявлении к поковке особых условий в технические требования могут быть включены также указания мест отпечатков при испытании твердости, места клеймения, мест образцов, вырезаемых для механических испытаний. В последнем случае место отбора образца для испытаний можно наносить на изображении поковки сплошной тонкой линией, а размеры образца указывать в технических требованиях чертежа.

Следует отметить, что при назначении технических требований на поковку должны быть четко проанализированы технические возможности ее изготовления.

Чертеж горячей поковки составляется по чертежу холодной и вычер-

чивается в том же масштабе. Номинальные размеры на чертежах горячей и холодной поковок отличаются между собой на величину тепловой усадки, разной для различных металлов и сплавов. Кроме этого, приходится учитывать неравномерность усадки отдельных (тонких и длинных быстроты-нущих) элементов поковки.

Для ориентировочных расчетов температуру окончания штамповки стали принимают равной 900-1000° С, что соответствует линейной усадке примерно 1,2-1,5 %.

Размеры на чертеже горячей поковки даются без допусков, с учётом особенностей изготовления штампа и разметки шаблонов. Для этого необходимо указывать полностью все данные для построения линии разъема, проставляя от неё размеры по высоте. Для облегчения разметки напусков, образуемых штамповочными уклонами, следует указывать их горизонтальные отрезки.

Выбор типа исходной заготовки, расчёт её объёма и размеров. Для изготовления поковок применяют литые, катаные, пресованные, калиброванные и предварительно фасонированные заготовки.

В общем случае объём заготовки при открытой штамповке состоит из объёмов поковки, облоя, клещевины, выдры и угара. При закрытой штамповке отсутствуют клещевина и облой, а при наличии компенсаторов учитывается вытесняемый в них избыток металла заготовки.

Объём поковки рассчитывают по её номинальным размерам с добавлением к вертикальным размерам половины положительного допуска на соответствующий размер [7, 8].

Объём облоя определяют как:

$$V_{об} = F_{об} \cdot L, \text{ мм}^3,$$

где $F_{об} = k \cdot F_k$ - средняя площадь поперечного сечения облоя, мм²;

L - периметр поковки линии разъема, мм;

F_k - площадь поперечного сечения облойной канавки, мм²;

$k = 1,0 \dots 0,8$ - коэффициент, учитывающий степень заполнения канавки.

Расход металла на угар при электронагреве и безокислительном нагреве - 0,5-0,8 %, при пламенном нагреве - 2 % от массы поковки. Если в процессе штамповки заготовку подогревают, то угар увеличивают еще на 50 %.

При открытой штамповке на КГШП для определения объема облоя может быть использовано выражение:

$$V_{об} = V_{мост} + V_{маг} = L \cdot (b \cdot h_{об} + h' \cdot B), \text{ мм}^3,$$

где $V_{мост}$ - объём мостика облоя, мм³;

$V_{маг}$ - объём металла в магазине облоя, мм³;

$h_{об}$ - толщина мостика, мм;

V - ширина мостика, мм;

$h' = 2 \cdot h_{об}$ - средняя толщина облоя по магазину;

V - ширина облоя в магазине. Для поковки массой до 0,5 кг принимают $V = 10$ мм, массой до 2 кг - $V = 15$ мм, при массе более 2 кг - $V = 20$ мм. При сложной форме поковки значение V удваивают.

Выбор формы поперечного сечения заготовки зависит от конфигурации поковки. Наиболее часто используют круглые или квадратные заготовки.

При штамповке в торец размеры круглой заготовки выбирают из условия $L_{заг}/D_{заг} = 1,5 \dots 2,5$. Определив $D_{заг}$, по сортаменту проката подбирают ближайшее значение диаметра, а затем уточняют длину заготовки.

При штамповке поковок плашмя рекомендуют [9] площадь поперечного сечения заготовки $F_{заг}$ определять в пределах от $1,02 \cdot S_{ср}$ до $1,3 \cdot S_{ср}$, где $S_{ср}$ - площадь сечения средней расчетной заготовки по эпюре поперечных сечений.

При штамповке поковок на ГКМ диаметр исходной заготовки можно определить в зависимости от группы поковок в соответствии с требованиями [8, 9]. Расчётный диаметр заготовки уточняют до ближайшего значения по сортаменту. Затем определяют объём и длину высаживаемой части прутка.

Выбор способа и устройств для резки заготовок тесно связан с требуемым уровнем качества заготовок для штамповки. В большинстве случаев резку заготовок можно успешно осуществлять на сортовых ножницах. Из технологических параметров необходимо рассчитывать усилие резки, осевой и радиальный зазоры, усилие прижима заготовки и угол наклона прутка [7-9].

Выбор, обоснование и расчёт переходов формоизменения заготовки. Для распределения металла в заготовке в соответствии с формой и размерами поковки на различном оборудовании применяется ряд заготовительных операций: в молотовых штампах протяжка, подкатка, пережим и пр.; вальцовка, периодическая прокатка, поперечная прокатка клиновым инструментом, комбинированные операции и т. д.

При многоручьевой штамповке на молотах наиболее трудоемкими и нерациональными являются заготовительные переходы - протяжка и подкатка. Выполнение протяжки и подкатки на КГШП из-за их конструктивных особенностей затруднительно и в большинстве случаев вообще невозможно. В связи с этим в кузнечном производстве целесообразно распределение металла и профилирование заготовки осуществлять на специализированном оборудовании.

Необходимое сочетание заготовительных переходов в значительной степени зависит от величины площадей поперечных сечений поковки с

учётом площади поперечного сечения облоя и соотношения этих величин. Представление о характере изменения суммарных площадей поперечных сечений поковки S_{Π} с облоем $S_{об}$ даёт расчетная заготовка и её эпюра сечений, методика подробного построения и расчёта которых освещена в работах [7-9].

Выбор рационального сочетания операций при штамповке поковки имеет свои особенности для каждого конкретного случая её изготовления. Тем не менее, следует при выборе операций рекомендовать следующий порядок действий: определить форму поковки и произвести набор возможных переходов при её изготовлении по классификации поковок [7-9].

При штамповке поковок с удлиненной осью на паровоздушном штамповочном молоте (ПШМ) и КГШП следует произвести построение расчетной заготовки и эпюры сечений по существующей методике [7-9]; осуществить выбор рационального сочетания заготовительных ручьев молотовых штампов, предназначенных для распределения металла заготовки, на основании диаграммы « $\alpha - \beta$ » по методике [7-9]; предусмотреть возможность выполнения заготовительных операций на ковочных вальцах, ГКМ и другом оборудовании; разработку технологического процесса вальцовки заготовок под последующую штамповку производить в соответствии с методикой [10-12]; в условиях крупносерийного и массового производства целесообразно для производства некоторых поковок применять в качестве профилированной заготовки периодический прокат; произвести выбор штамповочных ручьев.

При производстве поковок на молотах могут иметь место следующие варианты применения штамповочных ручьев: только окончательного; предварительного и окончательного; заготовительно-предварительного и окончательного.

При штамповке на кривошипных прессах поковок удлиненных форм деформирование заготовки в каждом ручье происходит за одно обжатие, вследствие чего применение предварительного ручья, обеспечивающего получение промежуточной плавной формы, оправдано почти во всех случаях. Исключение составляет лишь штамповка поковок с простой формой поперечных сечений, когда заготовительными операциями - вальцовкой, периодической прокаткой и т. д. - обеспечивается достаточно совершенное распределение металла.

Для поковок, штампуемых плашмя, заготовка может быть штучной или рассчитанной на несколько поковок (мерной) в зависимости от её размеров и параметров применяемого оборудования. В этом случае при её выборе следует пользоваться методикой, изложенной в работах [7-9].

При штамповке поковок круглых и квадратных в плане (штамповка осадкой в торец) следует [7-9]: выбрать заготовительные ручьи; проанализировать возможность и целесообразность применения выдавливания;

изучить возможность совмещенной штамповки; выбрать штамповочные ручки, обратив внимание на возможность безоблойной штамповки.

При штамповке поковок выдавливанием следует [7-9]: предусмотреть необходимость введения осадки в качестве первой операции; рассчитать количество штамповочных переходов; предусмотреть возможность открытого штамповочного ручья или доштамповки в открытом штампе; при штамповке поковок с полостью или сквозным отверстием предусмотреть необходимую комбинацию формовочно-прошивных, штамповочно-прошивных и прошивных ручьев.

При штамповке поковок на ГКМ необходимо [7-9]: рассчитать количество наборных переходов; рассчитать необходимое количество формовочно-прошивных переходов; проанализировать необходимость применения обрезающего или отрезного ручья. Далее следует определить исходный диаметр заготовки с уточнением его по сортаменту и определить объем высаживаемой части. Здесь же обязательно должна быть предусмотрена возможность штамповки «от прутка» и определена длина штанг, поступающих на штамп.

Установление температурного интервала штамповки. Современная технология горячей объёмной штамповки требует безокислительного нагрева заготовок, доведения до минимума обезуглероженного слоя, обеспечения высокой культуры нагрева.

Этим условиям наиболее полно отвечает индукционный нагрев, имеющий ряд технологических преимуществ перед обычным пламенным (нагрев заготовок с минимальной окалиной, обеспечение постоянства температуры и любого темпа нагрева, быстрый пуск и остановка нагревателя, возможность механизации и автоматизации процессов нагрева, культура нагрева и т. п.).

Конечная структура и механические свойства деформированного металла зависят от термомеханического режима горячей штамповки, определяемого наряду с температурой обработки такими основными факторами, как степень, скорость деформации и вид напряженного состояния в процессе обработки.

Температурный интервал штамповки при этом играет основную роль: максимальная температура нагрева обеспечивает наивысшую пластичность обрабатываемого металла, а минимальная температура в конце штамповки предотвращает нежелательный рост зерен. Главными факторами, определяющими указанный допустимый интервал температур штамповки, являются химический состав сплава и его физические свойства. Необходимый интервал температур штамповки определяется временем, нужным для выполнения данной операции, и лежит в пределах допустимого. Температурный интервал для штамповки легированных и высоколегированных сталей устанавливаются по таблицам [9, 13].

Целесообразно снижать верхнюю границу температурного интервала штамповки из-за необходимости уменьшения чрезмерного окалинообразования и обезуглероживания металла, а также обеспечивать окончание штамповки при температуре, близкой к температуре рекристаллизации сплава (рациональный температурный интервал).

Выбор технологической смазки при штамповке. Технологическая смазка при горячей штамповке применяется с целью снижения трения и усилия деформирования, охлаждения инструмента и предотвращения его разупрочнения, улучшения качества поверхности изделий при уменьшении износа инструмента.

В современном кузнечно-штамповочном производстве применяют: солевые смазки (водный раствор поваренной и других солей с концентрацией от 5 % до насыщенного); масляные смазки, состоящие из масел с добавкой 20-40 % наполнителей (графит, дисульфид молибдена и др.); водные суспензии графита (от 5 до 40 %) с добавкой стабилизирующих веществ (сульфитный щелок, жидкое стекло и др.); водные растворы органических соединений с добавкой графита и различных стабилизирующих веществ; стеклосмазки и эмали, которые играют еще и защитную роль.

Графит, входящий в состав жидких смазок, обладает наибольшей способностью разделять трущиеся поверхности. Смазка в виде суспензии графита в масле остается наиболее распространенной, несмотря на один ее большой недостаток - образование дыма и загрязнение штампа продуктами сгорания. На ряде заводов в качестве бездымной смазки применяется сульфатноспиртовая барда, являющаяся отходом целлюлозно-бумажного производства.

В этой части проекта необходимо, руководствуясь соответствующими рекомендациями, обосновать выбор конкретных технологических смазок, способа и устройства нанесения смазки на заготовку и на поверхность ручьев штампа.

Выбор ведущего кузнечно-штамповочного оборудования и расчёт потребных усилий штамповки. Усилие штамповки является определяющим при выборе соответствующего оборудования, однако в некоторых случаях оно должно подбираться исходя из условия размещения в штамповом пространстве технологической оснастки.

Массу падающих частей (кг) паровоздушного молота двойного действия для штамповки в открытых штампах рассчитывают, пользуясь рекомендациями [13-14]. Те же источники позволяют правильно выбрать усилие КГТТП и другого ведущего оборудования. Затем по соответствующему стандарту приводится техническая характеристика выбранного оборудования.

Методика конструирования технологической формоизменяющей оснастки. Выбор оптимального варианта конструкции штампа является

важнейшим этапом разработки технологического процесса. Конструирование штампов включает два основных вопроса: конструирование штамповочных и заготовительных ручьёв штампа; конструирование штампа.

В зависимости от оборудования, на котором производится штамповка (ПШМ, КГШП, ГКМ и т. д.), и количества ручьёв необходимо рассмотреть вопросы возможного разделения операций, выноса заготовительных и завершающих операций на специальные или более производительные виды кузнечно-штамповочного оборудования, одновременной штамповки нескольких заготовок, использования заготовок из периодического проката и др. Следует обратить внимание на возможность производства поковки методом малоотходной штамповки.

Конструирование ручьёв молотового штампа. Исходными данными для конструирования ручьёв молотового штампа являются:

- чертёж поковки (инспекционный чертёж поковки);
- чертёж горячей поковки;
- расчётная заготовка и эпюра сечений;
- вид и размеры исходной заготовки;
- параметры облойной канавки.

Размеры окончательного штамповочного ручья соответствуют размерам горячей поковки. В плоскости разъёма окончательного ручья конструктивно выполняется облойная канавка, размеры которой выбираются по таблице [7, 8]. Предварительный штамповочный и заготовительно-предварительный ручьи также изготавливаются по чертежам горячей поковки соответствующих переходов.

Размеры, отличные от чертежа горячей поковки, проставляются на чертеже штампа. При необходимости конструируются клещевая выемка и литниковая канавка. Следует помнить, что для поковок, круглых в плане, клещевая выемка может выполняться в виде «лыски» и служить только для захвата поковок за облой, литниковая канавка в этом случае отсутствует, и обмер ручья производится шаблоном. В ряде случаев литниковая канавка может быть заварена, и на чертеже ее следует показывать штрихпунктирными линиями. Клещевая выемка может выполняться сплошной для предварительного и окончательного штамповочных ручьёв.

Заготовительные ручьи молотового штампа следует конструировать в соответствии с рекомендациями [7, 8]. Необходимо обратить внимание на то, что для различного типа поковок применяются разные высадочные ручьи: высадочный ручей для удлиненных в плане поковок и высадочный ручей для поковок круглых и квадратных в плане.

Отрубной передний нож имеет большую производительность, но при его использовании возможен зажим поковки между штампом и станиной молота, задний - меньшую производительность (в этом случае возможность зажимов исключается).

Конструирование молотового штампа. При конструировании молотового штампа следует решить следующие вопросы:

1. *Взаимное расположение штамповочных ручьёв.* Если окончательный штамповочный ручей расположен в центре штампа (центр ручья совпадает с центром штампа), то ось верхней гравюры предварительного штамповочного ручья следует сместить относительно нижней на величину перекоса. Окончательный и предварительный штамповочный ручей необходимо располагать по обе стороны от центра штампа, причем центры ручьев должны лежать на одной линии с центром штампа, окончательный - на расстоянии $1/3$, предварительный - на $2/3$ от общего расстояния между ручьями. Для уменьшения сдвига это расстояние должно быть минимальным (его необходимо проверить по толщине стенки между гравюрами ручьев). Труднозаполняемые участки ручья следует располагать в верхнем штампе ближе к клещевине. Рекомендуется проверить возможность сближения штамповочных ручьев за счет их поворота для сокращения площади штампа и удобства передачи поковки из ручья в ручей.

2. *Порядок расположения ручьев на зеркале штампа.* Ручьи должны располагаться в порядке технологического процесса - первый со стороны нагревательного устройства, допускается изменение направления движения поковки по зеркалу штампа только один раз [7, 8, 15, 16].

3. *Установить метод уравнивания сдвигающих усилий.* Наиболее экономичный - сдваивание поковок («валетом»). При штамповке одной поковки следует изменять расположение линии разъема путем ее наклона или конструировать контрзамок.

4. *Установить расстояние между ручьями и отдельными их элементами* между ручьем и клещевой выемкой, между гравюрами поковок при многоступенчатой штамповке [7, 8].

5. *Установить габариты штампа* в соответствии с размерами и расположением ручьев, площадью поверхности соударения (300 см^2 на 1 т массы падающих частей) и площадью опорной поверхности хвостовика (450 см^2 на 1 т массы падающих частей). Установить возможное смещение центра штампового кубика относительно центра штампа (последнее должно быть не более допустимого). Проверить высоту штампа в соответствии с глубинами ручьев и возможностью его восстановления. Проверить массу верхнего штампа.

Габариты штампа проверить по размерам штампового пространства молота и установить размеры крепежных деталей (хвостовик, шпонка, клин).

6. *Составить чертёж штампа.* Данный чертёж выполняется контурными линиями со всеми необходимыми разрезами и сечениями, простые сечения можно накладывать на чертеж. Все размеры следует представлять от контрольного угла, включая разметку осей штампа и ручьёв, за

исключением глубины выемки под клещевину, которая размечается от края фигуры ручья, и ширины заготовительного ручья открытого типа, расположенного с противоположной стороны от контрольного угла. Размеры штамповочных ручьев на чертеже штампа не проставляются, указывается чертеж горячей поковки (чистой и черновой), по которому они изготовлены, проставляются размеры, отличные от указанных чертежей. Для нормализованных облойных канавок проставляются размеры только ширины мостика и магазина и глубины последнего. Размеры стандартного хвостовика и шпоночного паза не проставляются, указываются их номера по стандарту. Допуски на размеры и шероховатость поверхностей указываются в технических условиях.

При конструировании штампа следует проверить возможность применения вставок для штамповочных и гибочных ручьев, а также изготовления отдельных ручьев в виде вкладышей.

Марку штамповой стали и сталей для отдельных деталей штампа подобрать в зависимости от режима работы и массы падающих частей [7, 8].

Конструирование штампов КГШП. Каждый ручей прессового штампа выполнять в отдельной паре вставок. Вставки могут быть призматические и цилиндрические (предпочтение отдавать призматическим). Необходимо предусмотреть применение вкладышей в ручьях с целью экономии штамповой стали.

Основные положения конструирования штамповочных ручьев те же, что и для штампов паровоздушных молотов. Однако следует учитывать особенности штамповки на КГШП [7, 8, 15, 16]:

- горизонтальные поверхности ручьевых вставок при штамповке не должны соприкасаться;
- размеры ручьев необходимо взаимно увязывать так, чтобы окончательный ручей по возможности заполнялся в процессе осадки;
- для вставок с кривой линией разъема следует предусматривать контрзамки в виде лысок во избежание смещения вставок вдоль и поперек штампа;
- на вставках без толкателей должны предусматриваться отверстия для свободного хода выталкивателей пакета;
- на каждой вставке рекомендуется выполнять два транспортных отверстия;
- в глубоких полостях штамповочных ручьев следует предусматривать газовые каналы.

При конструировании толкателей в штамповых вставках необходимо:

- увязывать стыковку толкателей с выталкивателями пакета;
- поскольку толкатели могут действовать на поковку, плёнку под пробивку или облой, увязать их конструктивное взаимодействие с вытал-

квивателями пакета;

- если необходимое расположение толкателей не совпадет с расположением выталкивателей у пакетов (блоков), то передачу им движения предусмотреть через траверсы.

При конструировании штамповочных ручьёв штампов КГШП полагается:

- установить форму и размеры облойной канавки в зависимости от усилия пресса. Проверить необходимость изготовления в плоскости разъёма «зон торможения» для оформления труднозаполнимых участков гравируры;

- во избежание зажимов предусмотреть изготовление наметки под отверстие с магазином (при оформлении полостей большого диаметра);

- для заполнения окончательного штамповочного ручья осадкой ширины предварительного ручья в плоскости разъёма делать несколько меньше, чем в окончательном, а глубину большей;

- для круглых в плане поковок рассмотреть возможность штамповки в закрытых штампах. В этом случае следует применять буферные устройства.

При выполнении проекта следует применять нормализованные пакеты (блоки) штампов КГШП. Размеры вставок подбирать в зависимости от усилия пресса.

На чертежах изображать вид спереди на вставки в сборе (фронтальная проекция штампа в сомкнутом состоянии) со всеми необходимыми разрезами и сечениями и план низа.

При конструировании штампа КГШП для штамповки поковок, штампуемых выдавливанием (класс Б), следует в каждом конкретном случае решать вопросы:

- возможности применения универсального пакета (блока) штампов;
- возможности применения вставок стандартной формы;
- замены механических выталкивателей пресса на гидравлические для увеличения их хода;

- незначительной реконструкции деталей универсального пакета (блока).

В самом общем случае следует конструировать специальные штампы и увязывать их только с габаритами штампового пространства КГШП и его усилием.

Расчёт переходов и конструирование сектор-штампов для горячей вальцовки заготовок. Данный вопрос широко изложен в работах [10-12]. Исходными данными для разработки переходов вальцовки являются чертеж поковки и эпюра ее сечений.

При разработке технологического процесса вальцовки необходимо решить следующие вопросы:

- построить чертеж вальцованной заготовки;
- определить размеры исходной заготовки;
- определить размеры вальцованной заготовки, т. е. размеры сечений и длины отдельных её участков с учетом усадки (второй переход);
- рассчитать размеры первого «овального» перехода (размеры овалов в характерных сечениях, длины отдельных участков);
- определить усилие вальцовки первого и второго переходов, выбрать тип и размеры ковочных вальцев;
- определить размеры гравюр сектор-штампов первого и второго переходов; глубины вреза калибров, рабочие радиусы ручьев, длины отдельных участков и центральные углы;
- в соответствии с размерами валков ковочных вальцев сконструировать сектор-штампы.

Для чего необходимо: установить размеры секторов характерных участков гравюры, способ крепления сектор-штампов, углы захвата заготовки; вычертить сектора со всеми необходимыми разрезами и сечениями; сконструировать клещи.

Конструирование штампов ГKM. Исходными данными для проектирования служит чертеж поковки. При разработке технологического процесса штамповки поковок на ГKM необходимо решить следующие вопросы:

- установить диаметр и длину заготовки на одну поковку, а также тип заготовки в зависимости от способа штамповки и способа фиксации последней в штампе (от прутка, из штучной заготовки по упору в клещи и т. д.);
- установить тип окончательного формовочного перехода, тип разъёма;
- произвести расчёт и выбор формы предварительных наборных и формовочно-прошивных переходов;
- установить потребность в обрезном и отрезном ручьях;
- определить усилие штамповки и выбрать ГKM по максимальному усилию;
- в соответствии с переходами штамповки (с учётом усадки) определить размеры ручьев штампа и конструкции отдельных его деталей и элементов;
- вычертить общий вид штампа, проставив его габаритные размеры, закрытую высоту и др.;
- выполнить рабочие чертежи деталей штампа с указанием материала, твердости, допусков на изготовление, шероховатости поверхности и т. д.

При конструировании ручьевых вставок [7, 8, 15, 16] следует помнить, что желательно выполнять все ручьи в отдельных вставках - для

формовочно-прошивных и наборных переходов изготавливать вставки с буртом. Если же габариты штампового пространства не позволяют их установку, то изготавливать вставки без буртов, крепить две вставки одним болтом или объединять несколько ручьев в одну вставку. Всегда во вставках должны быть изготовлены пережимной, обрезной ручки и отрезной нож.

Методика назначения и расчёта отделочных операций горячей объёмной штамповки. К отделочным операциям горячей объёмной штамповки относятся: обрезка облоя и пробивка перемычек, правка поковок, калибровка поковок и очистка их от окалины.

В зависимости от материала поковки, её размеров, последующих операций (правка) и типа производства устанавливают способ обрезки и пробивки поковок.

Горячей обрезке и пробивке подвергаются поковки; из высокоуглеродистых ($C > 0,25 \%$) и высоколегированных ($C < 0,25\%$) сталей; крупные поковки; поковки, требующие после обрезки и пробивки горячей правки или гибки. Холодной обрезке и пробивке подвергаются мелкие и средние поковки из малоуглеродистых (до $0,5 \%$ C) и малолегированных сталей и поковки из цветных сплавов.

Далее определяют усилие обрезки и пробивки. Для горячей пробивки и обрезки применяют обрезные (двухстоечные закрытые) прессы. Номинальное усилие прессы для горячей обрезки необходимо увязать с основным кузнечным оборудованием (паровоздушные молоты, КГШП). Следует предусмотреть установку маркетного устройства для одновременной правки поковок. Для холодной обрезки применяют одностоечные открытые кривошипные прессы и двухстоечные закрытые кривошипные прессы. Затем при необходимости конструируют штамп для обрезки облоя и пробивки перемычки [16, 17].

Правку следует назначать в тех случаях, когда вследствие специфики процесса штамповки или термической обработки возможно искривление поковки (искривление при удалении из штампа, искривление при образке или транспортировке, искривление при термической обработке). Следует учитывать экономическую целесообразность правки. Наиболее производительной и экономичной является холодная правка на фрикционных молотах и прессах или на обрезных, осуществляемая после термической обработки и очистки от окалины. Особо крупные поковки (валы, оси и т. д.) требующие для правки перегиба, правят на правильных гидравлических прессах. Горячая правка на обрезных прессах наиболее целесообразна, если она производится с одного со штамповкой и обрезкой нагрева. В этом случае правка производится или в окончательном ручье молотового штампа, или в совмещенном штампе обрезного прессы, или боковым ползуном обрезного прессы в специальном штампе.

Калибровку применяют для повышения точности формы и размеров поковки, снижения шероховатости поверхности, исключения обработки поковки резанием. Различают калибровку плоскостную и объемную, а по температурным условиям - холодную и горячую. Калибровка поковок позволяет значительно повысить точность геометрических размеров. Холодную плоскостную калибровку поковок выполняют на чеканочных кривошипноколенных и винтовых прессах [7, 8]. Объемную калибровку обычно производят в горячем состоянии. Ее можно вести на штамповочных молотах, винтовых фрикционных прессах и кривошипных горячештамповочных прессах. Облой, получаемый после калибровки, обрезают в холодном состоянии. Оборудование для калибровки устанавливают сразу после штамповочного оборудования.

Одной из завершающих технологических операций изготовления штампованных поковок является очистка их от окалины, осуществляемая после термообработки поковок. В зависимости от массы, формы и размеров поковок применяют их очистку от окалины травлением в растворах кислот, в галтовочных барабанах, дробеструйную и дробемётную очистку. Из перечисленных видов очистки для стальных поковок целесообразно использовать способ дробеметной очистки как наиболее оптимальный.

Термическая обработка поковок в кузнечно-штамповочных цехах включает разупрочняющую (первичную) и упрочняющую (вторичную) обработку. Первую проходят поковки, изготавливаемые из цементуемой углеродистой и легированной стали, а также поковки подшипниковых колец. Поковки этой группы подвергаются отжигу или нормализации. К упрочняющим видам термообработки поковок (вторичной термообработки) относят улучшение и термомеханическую обработку. Последняя в кузнечно-штамповочном производстве реализуется в виде высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) или низкотемпературной термомеханической обработки (НТМО), которые могут быть использованы при поточном производстве поковок. Штамповка поковок в поточных механизированных (автоматизированных) линиях наиболее экономична, поскольку предусматривает термообработку поковок непосредственно после штамповки за счет использования остаточного ковочного тепла. Естественно, что подобный подход требует выполнения целого комплекса организационно-технических решений и может быть реализован только в современных специализированных кузнечно-штамповочных цехах [2].

Разработка мероприятий по контролю качества поковок. Наряду с производственными операциями, технологический процесс включает операции контроля. Оптимальный технологический процесс обеспечивает наилучшие режимы обработки с учетом свойств деформируемых материалов.

В сложных случаях штамповки необходимо предусматривать подго-

товку заготовок на ковочных вальцах или применение в качестве заготовки периодического проката с соответствующим распределением металла для устранения образования складок, зажимов и утяжин. Необходимо выполнять требования к толщине облоя, линии разъёма и т. д., а также учитывать технологию обработки и конструкцию штампов. При разработке процессов автоматической штамповки необходимо предусматривать выполнение дополнительных требований к промежуточной форме и размеру поковки после предварительной штамповки для надежного ее захвата автоматическими устройствами и передачи в следующий ручей штампа.

В производственных условиях причинами брака могут быть дефекты исходного материала, дефекты заготовок при резке и нагреве, а также отклонения от установленного технологического процесса. Таким образом, даже все звенья отлаженного технологического процесса необходимо постоянно контролировать. В крупносерийном производстве целесообразен статистический контроль штампованных поволоков и режимов их обработки, обеспечивающий высокое качество изделий. При этом применяют выборочный контроль или используют статистические данные. Методы контроля качества поволоков определяются в зависимости от цели контроля [7-9].

Разработка организационных и технических мероприятий по технике безопасности в кузнечно-штамповочных цехах включает:

- создание безопасной конструкции штампов, содержащих необходимые элементы для подъёма, транспортировки, установки и объёма, крепления и наладки;
- выбор безопасного, удобного и совершенного кузнечного ручного инструмента;
- широкое применение средств автоматизации и механизации для загрузки нагревательных устройств, выдачи и транспортировки заготовок, передачи их из ручья в ручей, удаления отходов и извлечения поволоков [18];
- применение высокоэффективных бездымных технологических смазок, совершенных способов и устройств для нанесения их на поверхности заготовки и штампа;
- выбор прогрессивных видов оборудования для нагрева заготовок, термообработки, очистки поволоков от окалины, правки и калибровки;
- разработку организационных мероприятий по безопасности труда и охране окружающей среды.

Вопросы техники безопасности разрабатываются студентом в процессе всего проектирования принятых технологических процессов в цехе, но этим далеко не исчерпываются. Комплекс мероприятий по обеспечению безопасных условий труда, промышленной санитарии и пожарной безопасности при проектировании кузнечноштамповочных цехов подробно освещается в работах [19, 20] и оформляется в дипломном проекте отдельным разделом, консультация по которому производится преподавателями

кафедры «Охрана труда».

Заполнение технологической карты является завершающим этапом разработки технологического процесса. Наличие ее обязательно для всех поковок-представителей, технологический процесс получения которых штамповкой (ковкой) подробно разрабатывается в дипломном проекте.

3 ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

3.1 Тематика, содержание, объем и структура дипломного проекта

Темой дипломного проектирования по технологии листовой штамповки может быть:

- проект прессового цеха (участка) машиностроительного или приборостроительного завода;
- проект автоматизированного прессового цеха (участка);
- проект реконструкции действующего прессового цеха (участка) названных заводов.

Графическая часть проекта включает:

- технологический раздел, в котором должны быть представлены сборочные чертежи штампов (6-8 листов), рабочие чертежи деталей штампов (1 лист);
- специальную конструкторскую разработку (2-3 листа);
- план цеха (участка) объемом 1 лист.

Для выполнения технологического раздела проекта могут быть использованы чертежи сложных и оригинальных штампов, чертежи штампов-автоматов и полуавтоматов, выполненных в соответствии с [21]. При этом следует помнить, что все штампы простого, последовательного и совмещенного действия, подобранные на заводе, которые могут быть механизированы или автоматизированы, необходимо представить в дипломном проекте со средствами механизации и автоматизации.

Пояснительная записка строится по следующему примерному плану:
Введение.

1 Характеристика действующего и проектируемого цеха (участка).

1.2 Характеристика действующего цеха (участка).

1.3 Характеристика проектируемого цеха (участка).

1.3 Исходные данные для проектирования.

1.4 Определение методики проектирования.

2 Технологическая часть проекта (разработка технологических процессов изготовления деталей с подробным анализом, соответствующими расчетами каждой операции и выбором технологического оборудования).

3 Технические расчеты проектируемого цеха (участка).

- 3.1 Техническое нормирование.
 - 3.2 Расчет количества технологического оборудования.
 - 3.3 Расчет количества штампов.
 - 3.4 Расчет численности работающих.
 - 3.5 Расчет основных и вспомогательных материалов.
 - 3.6 Расчет энергетических потребностей.
 - 3.7 Расчет площадей цеха (участка).
 - 3.8 Выбор и определение количества подъемно-транспортных средств и общецехового транспорта.
 - 4 Организационно-техническая часть проекта.
 - 4.1 Выбор типа здания и планировка цеха (компоновка участков и отделений).
 - 4.2 Организация производственного процесса.
 - 4.3 Организация грузопотоков.
 - 4.4 Мероприятия по обеспечению качества продукции и организация технического контроля.
 - 4.5 Организация штампового хозяйства.
 - 4.6 Организация ремонтных служб.
 - 4.7 Организация складского хозяйства.
 - 4.8 Организация управления цехом (штатное расписание).
 - 5 Специальная (конструкторская) часть проекта.
 - 5.1 Обоснование выбора типа проектируемого оборудования (приспособления) и разработка технического задания на его проектирование.
 - 5.2 Описание устройства и принципа работы оборудования (приспособления).
 - 5.3 Кинематический расчет.
 - 5.4 Расчет усилий и мощности привода.
 - 5.5 Прочностные расчеты.
 - 6 Охрана труда.
 - 6.1 Производственная санитария, техника безопасности и пожарная профилактика.
 - 6.2 Индивидуальное задание.
 - 7 Экономическая часть проекта.
 - 7.1 Исходные данные, необходимые для экономического обоснования проекта.
 - 7.2 Расчет прямых капитальных вложений.
 - 7.3 Расчет себестоимости продукции.
 - 7.4 Основные технико-экономические показатели цеха (участка).
- Выводы по проекту.
Список использованной литературы.
Приложение.

3.2 Методические указания к дипломному проектированию

3.2.1 Введение

Во введении на основе анализа материалов, собранных во время прохождения преддипломной практики, освещаются вопросы, позволяющие определить основные цели дипломного проекта и задачи, которые необходимо решить для его успешного выполнения. Определяются основные технические и организационные подходы, позволяющие разработать проект более совершенного с точки зрения технико-экономической эффективности производства по сравнению с базовым.

3.2.2 Характеристика действующего и проектируемого производства

Характеристика действующего производства. Характеристика выпускаемой в цехе продукции. Тип производства и производственная программа цеха. Структура цеха, специализация участков и отделений цеха. Марки и сортамент обрабатываемых материалов. Состав технологического оборудования и типы применяемых штампов. Средства механизации и автоматизации технологических процессов. Подъемно-транспортное оборудование. Способы складирования материалов, заготовок, штампов. Организация ремонта штампов, оборудования и другие вопросы.

Характеристика проектируемого производства. Определяются основные направления, принятые при проектировании участка (использование современного высокопроизводительного, в том числе автоматизированного, штамповочного оборудования, применение новых ресурсо- и энергосберегающих технологий; использование новых материалов; применение рулонного проката; совершенствование организации производства и др.)

Определение методики проектирования. Проектирование холодноштамповочного производства может основываться на методе укрупненного или детального расчета. Первый применяется при проектировании прессовых цехов массового и серийного производства с большой номенклатурой штампованных деталей, второй - для цехов и участков с небольшой номенклатурой изготавливаемых деталей.

Порядок выполнения дипломного проектирования методом укрупненного расчета заключается в следующем:

- все штампованные детали, входящие в комплект выпускаемого изделия, делят по принципу однородности технологии, близкие по размерам, форме и другим признакам, на 7-10 групп (таблица 4);

- от каждой группы выбирается типовой представитель, т. е. деталь с наибольшим числом признаков данной группы и количеством штамповочных операций, близким к среднему их числу для одной детали данной группы;

- для каждой выбранной детали-представителя разрабатывается подробный технологический процесс и производится нормирование штамповочных операций;

- используя эти данные, далее по укрупненным показателям и соответствующим формулам производят необходимые расчеты технологической части проекта.

Таблица 4 – Разбивка комплекта деталей на группы

№ п./п.	Группа		Кол-во деталей в группе (наименований)	Кол-во деталей в группе с учётом применимости на одно изделие	Кол-во штамповочных операций на всю группу	Среднее кол-во операций на одну деталь	Наименование деталей представителя	Кол-во штамповочных операций на деталь-представитель
	по типу преобладающей операции	по типу-размеру деталей в группе						
1	Вырубка-пробивка	Мелкая Средняя Крупная						

При детальном методе проектирования все расчеты выполняются на основании подробно разработанных технологических процессов всех штампованных деталей, входящих в комплект изделия.

Исходные данные для проектирования и уточненная производственная программа. Основой для проектирования цеха или участка листовой штамповки является годовая производственная программа. В задании на проектирование годовая производственная программа задается укрупненно, т. е. указывается количество комплектов штампованных деталей. Количество запасных частей устанавливается на основании существующих норм расхода запасных частей или особых указаний в задании на проектирование. При укрупненном проектировании количество запасных частей задают в пределах 5-20 % от заданной годовой производственной программы по трудоемкости или по числу комплектов штампованных деталей. При детальном проектировании годовую производственную программу цеха (участка) оформляют в виде спецификации (таблица 5).

Таблица 5 – Программа выпуска цеха (участка)

Наименование изделия	Кол-во деталей на одно изделие		Масса комплекта на одно изделие	Годовая программа		Примечание
	Наименование	штук		в штуках	в тоннах	

3.2.3 Технологическая часть проекта

Технологическая часть дипломного проекта включает разработку технологических процессов изготовления деталей-представителей. Прежде чем приступить к разработке технологического процесса изготовления детали-представителя, необходимо вычертить на формате А4 рабочий чертеж (эскиз) этой детали с указанием всех необходимых размеров и технических условий на ее изготовление, а также привести сведения о материале детали и его свойствах.

Разработка технологических процессов листовой штамповки предусматривает: анализ технологичности формы или конструктивных элементов детали; определение формы и размеров заготовки и расхода материала при рациональном его использовании; установление наиболее рационального технологического процесса, обеспечивающего изготовление требуемых деталей; выбор типа и технологической схемы штампа; подбор типа и мощности технологического оборудования.

Анализ технологичности детали. Под технологичностью детали понимают такое сочетание основных элементов ее конструкции, которое обеспечивает наиболее простое изготовление в производстве и высокие качества в эксплуатации.

Из этого определения следует, что для деталей, получаемых путем отрезки, вырубки и пробивки, конфигурация внешнего контура должна быть такой, чтобы количество отходов было минимальным; форма детали должна быть простой, без резких переходов, узких и длинных открытых прорезей. Ширина выступов или впадин должна быть больше толщины материала. Стороны вырубленного контура должны сопрягаться плавными кривыми возможно большего радиуса, т. к. малые радиусы понижают стойкость штампа, затрудняют его изготовление и ухудшают поверхность среза. Минимальные размеры пробиваемых отверстий зависят от их формы, механических свойств штампуемого материала, конструкции пробивного штампа и приведены в справочной и учебной литературе [22, 23]. При пробивке отверстий в согнутых или вытянутых деталях необходимо выдерживать определенное расстояние между отверстиями и вертикальной стенкой детали во избежание захода края отверстия на сопряженную часть стенок.

Для деталей, получаемых путем гибки, следует обратить внимание

на правильный выбор радиусов сопряжения боковых полок с дном и размеры этих полок, т. к. неправильно выбранные радиусы приводят к усложнению технологического процесса, увеличению брака, а, следовательно, к повышению стоимости изготовления штампуемых деталей. Обычной гибкой можно получить детали, у которых высота полок больше двойной толщины материала, иначе следует предварительно выдавливать канавки. Когда для обеспечения процесса гибки в заготовке делают предварительные надрезы или вырезы, их ширину следует выбирать больше толщины материала. При гибке без выреза необходимо удалять линию гибки от кромки детали на величину не менее радиуса гибки.

Для деталей, получаемых путём вытяжки и формовки, особое внимание должно быть обращено на правильный выбор радиусов сопряжения стенок с дном и фланцем, соотношение размеров, характеризующих поперечное сечение и высоту вытягиваемой детали. Обычно радиус сопряжения внутренних стенок с дном для материалов толщиной от 1 до 6 мм составляет от 2 до 10 мм, а наружных стенок с фланцем - от 3 до 12 мм. Эти значения могут быть уменьшены при необходимости до $(0,1 \div 0,4) \cdot S$, но при условии введения дополнительной операции калибровки. При изготовлении вытяжкой или гибкой несимметричных деталей следует рассмотреть возможность получения спаренных деталей, что в ряде случаев является технологически выгодным, а часто единственно приемлемым решением, т. к. улучшаются условия деформации металла и сокращается количество штампов.

Определение формы и размеров заготовки. Для деталей, получаемых вырубкой-пробивкой, определение формы и размеров заготовки не представляет никакой трудности, т. к. они полностью соответствуют рабочему чертежу детали. Для определения длины заготовки при гибке по кривой определенного радиуса часто пользуются способом развертки детали, основанным на том, что нейтральный слой сохраняет при гибке свои первоначальные размеры. Поэтому для определения длины заготовки, обеспечивающей после гибки получение заданных размеров детали, необходимо:

- 1) определить положение нейтрального слоя деформации;
- 2) разбить контур штампуемой детали на элементы, представляющие собой отрезки прямой и части окружностей;
- 3) просуммировать длины этих отрезков. Длины прямых участков суммируются без изменения, в длины криволинейных участков - с учётом деформации материала и соответственного смещения нейтрального слоя. Формулы для расчета длины разверток гнутых деталей при различных исходных данных на рабочем чертеже и различных формах сопряжений приведены в работах [22-25].

При изготовлении сложных и ответственных деталей рекомендуется уточнять длину их заготовки опытным путем, т. к. не всегда удается со-

вершено точно подсчитать ее теоретически из-за влияния следующих факторов: свойств материала, скорости деформации, конструкции штампов, качества обработки их рабочих поверхностей и т. п.

В случае гибки под углом без закруглений (с относительно острым углом) или с закруглениями очень малого радиуса ($r < 0,3 \cdot S$), что сопровождается значительным утонением металла в местах перегиба, пользоваться приведенным способом развертки для определения размера заготовки нельзя, а необходимо исходить из равенства объема металла заготовки и изогнутой детали с учётом необходимого количества металла для образования угла.

Правильное определение размера и формы плоской заготовки для вытяжки полых деталей произвольной формы позволяет наиболее полно использовать процесс вытяжки и дает возможность повысить коэффициент использования металла. Конфигурация и размеры заготовки, в основном, зависят от формы и размеров вытягиваемой детали, свойств материала с учетом его анизотропии, способа вытяжки, величины усилия прижима, геометрии рабочих частей штампа, смазки и т. д.

Для определения размеров плоской заготовки при вытяжке полых тел исходят из условий равенства поверхностей (для деталей со стенками одинаковой толщины, т. е. деталей, вытягиваемых без утонения стенок), равенства объемов, весов заготовки и вытягиваемой детали (для деталей, имеющих разную толщину стенок и дна, т. е. при вытяжке с утонением материала). Расчет размеров заготовки производят аналитическим, графоаналитическим и графическим способом.

На практике встречаются следующие случаи вытяжки деталей различной конфигурации, требующий различных способов расчета размеров заготовки:

1. *Вытяжка деталей, имеющих форму тела вращения.* Для данного случая вытяжки заготовки имеют форму круга. Расчет диаметра заготовки производится с учетом припуска на обрезку. Величина припуска на обрезку берется по таблицам, приведенным в работах [22, 24].

Перед проведением расчета вычерчивается деталь с учетом припуска на обрезку. Затем чертеж детали разбивается на отдельные участки геометрически простой формы, площади или объем которых определяются по формулам [22, 24], суммируются и затем подставляются в расчетные формулы для определения диаметра заготовки [22-24].

Если вытягиваемая деталь имеет сложную форму, то для определения ее поверхности, а значит, и диаметра заготовки, следует использовать правило Гюльдена, согласно которому площадь поверхности тела вращения, образованного кривой произвольной формы при вращении ее вокруг оси, находящейся в той же плоскости, равна произведению длины образующей кривой на длину окружности, описанной центром тяжести образующей.

Определение длины образующей и положения ее центра тяжести производят чаще всего графическим и графо-аналитическим способом [22, 24].

2. *Вытяжка деталей, имеющих форму коробок* (квадратных, прямоугольных). При вытяжке неглубоких прямоугольных изделий заготовка также имеет форму прямоугольника со срезанными по кривой углами, при вытяжке высоких коробок - форму эллипса или овала.

Для нахождения формы и размеров заготовки в этом случае чаще всего пользуются графо-аналитическим методом исходя из следующих основных положений:

- площадь заготовки должна быть равна площади поверхности отштампованной детали с учетом припуска на обрезку кромок;

- полученный в результате подсчета и графического построения прерывистый контур заготовки должен быть откорректирован таким образом, чтобы заготовка имела плавный контур без резких переходов, причем прибавляемые и убавляемые для этого площади должны быть равны между собой. Чрезмерный избыток металла в углах коробки приводит к образованию складок, рванин и трещин; при недостатке металла получается неполная высота коробки в углах, часто с выемками у верхнего ее края.

Следует учитывать также, что при вытяжке коробок, особенно высоких, некоторый объем металла перемещается с углового участка на прямые стенки. Поэтому при определении размеров и формы заготовки следует различать низкие и высокие коробки, без фланца и с фланцем, в зависимости от чего методика расчета будет различная.

Низкими прямоугольными коробками обычно считают такие, которые вытягивают за одну операцию. При определении размеров и формы заготовки для вытяжки подобных коробок можно считать, что вытяжка происходит лишь в углах, а прямые боковые стенки просто отгибаются. Поэтому прямые боковые стенки разворачивают, как при гибке, а углы определяют, как при вытяжке, и затем полученную ступенчатость контура заготовки в углах устраняют, создавая плавный их переход к прямым стенкам [22, 24, 26].

Вытяжка высоких прямоугольных и квадратных коробок осуществляется за несколько последовательных операций. Заготовка имеет форму овала или круга, радиусы или диаметры которых определяют из равенства суммарной площади элементов готового изделия и площади плоской заготовки [22, 24, 26].

3. *Вытяжка деталей сложной и несимметричной конфигурации.* Способ определения размеров и формы заготовки для деталей с любым очертанием в плане заключается в разбивке его контура на ряд простейших элементов, графическом определении развертки и размеров заготовки для этих элементов, построении на этом основании общей заготовки и плавном закруглении ее углов с тем расчетом, чтобы площади убавляемых

и прибавляемых участков были одинаковыми [27]. При вытяжке деталей весьма сложной формы размеры заготовки определяют путем изготовления слепка готовой детали из грубой марли, пропитанной воском. Постепенно расправляя восковой слепок, можно по нему установить как промежуточные формы матриц вытяжных штампов, так и форму плоской заготовки, по которой изготавливается вырубной штамп.

Вопросы определения формы и размеров заготовок при гибке, вытяжке широко освещены в справочной и учебной литературе [22-26]. При определении размеров заготовки в пояснительной записке следует представить чертеж детали с обозначением элементов, входящих в расчетные формулы.

Раскрой материала. После определения формы и размеров заготовки приступают к раскрою материала, т. е. к определению размеров полосы, ленты или листа, а также взаимному расположению штампуемых из них деталей. Раскрой материала во многом определяет экономию материала в штамповочном производстве, поэтому ему уделяется большое внимание. Выбор раскроя материала в большей степени зависит от конструкции штампуемой детали.

Определяя рациональность того или иного раскроя, необходимо учитывать не только его экономичность с точки зрения использования материала. Раскрой должен обеспечить высокое качество детали, высокую производительность при вырезке, простоту конструкции штампа и наивысшую стойкость его рабочих частей, а также удобство и безопасность работы на штампе. Вопросы раскроя материала наиболее полно отражены в работах [22-25].

Наиболее распространенной заготовкой при вырубке, гибке и вытяжке является полоса (лента). Под раскроем полосы понимается расположение штампуемых деталей (заготовок) на полосе, определяющее положение смежных контуров, отсутствие или наличие перемычек, их величину.

По способу вырубки различают следующие типы раскроя:

- с отходами-перемычками по всему контуру вырезаемой детали;
- с частичными отходами;
- без отходов.

В соответствии с этим раскрой называется с перемычками - отходами, малоотходным и безотходным. Вырубка с перемычками дает более точные детали, так как перемычки по всему контуру позволяют компенсировать погрешности подачи материала. Безотходная штамповка применяется для изготовления деталей простой конфигурации и небольшой точности (не выше 14-го качества) и заготовок, которые подвергаются дальнейшей механической обработке.

Анализ различных форм деталей и способов их расположения показывает, что не существует форм деталей, которые располагаются только

им одним присущим способом, так же как не существует способа расположения, применяемого только для одной формы деталей. Применяемые на практике способы раскроя в зависимости от способа расположения вырезаемых деталей в полосе могут быть сведены к следующим основным: прямой, наклонный, встречный прямой, встречный наклонный, комбинированный, многорядный, с вырезкой перемычки.

При выборе способа расположения детали на полосе рекомендуется учитывать следующее. При расположении деталей поперек полосы или с наклоном повышается производительность труда благодаря уменьшению шага подачи.

Прямоугольные детали целесообразно располагать вдоль полосы меньшей стороной, чтобы по длине полосы поместилось наибольшее число деталей. Этим достигается экономия материала и повышение производительности.

При расположении деталей неправильной геометрической формы следует добиваться так называемого «линейного эффекта», при котором экономия материала достигается благодаря заходу деталей друг в друга.

При вырубке деталей сложной конфигурации наклонное расположение обычно дает возможность лучше использовать материал, чем прямое. При этом в начале и в конце полосы получается не менее двух деталей (при вырубке в один ряд), вырезанных не полностью. Поэтому, прежде чем принять такой способ раскроя, необходимо проверить, насколько он целесообразен, и подсчитать количество целых деталей, получаемых из полосы, сравнив эти результаты с результатами при прямом расположении деталей на полосе. Экономия материала при штамповке деталей сложной формы может быть достигнута при встречном их расположении. Круглые и многоугольные детали целесообразно располагать в несколько рядов в шахматном порядке.

Многорядное расположение с точки зрения экономии материала выгоднее однорядного. Оно позволяет повысить экономичность раскроя на 5-16 %, главным образом, за счет уменьшения величины боковых перемычек, приходящихся на деталь, а при смещенных рядах (шахматном расположении) - за счет уменьшения междетальных отходов и межрядовых перемычек. Однако переход на многорядное расположение должен быть обоснован технико-экономическим расчётом.

Значительная экономия материала достигается при групповом (комбинированном) расположении, когда междетальные отходы и технологические отходы от крупных деталей или заготовок используются для изготовления мелких деталей. Эффективно также расположение, при котором подбираются разные детали взаимно вписывающимися контурами разверток.

При вырубке фигурных деталей весьма затруднительно найти ра-

циональный способ их расположения на полосе аналитическим путем, а в некоторых случаях и невозможно. Следует пользоваться графическим методом. Для этого из бумаги вырезают 2-3 шаблона

штампующей детали с припуском по контуру на величину перемычек и находят наивыгоднейшее расположение их на полосе, при котором коэффициент использования материала будет наибольшим.

Экономичность раскроя в значительной степени зависит от правильной величины перемычек между вырезаемыми деталями и по краям полосы. Величина же этих перемычек зависит от следующих факторов:

- конфигурации детали: чем сложнее контур и чем меньше радиусы закругления, тем больше должны быть перемычки;

- размеров детали: с увеличением их перемычка увеличивается;

- толщины штампуемого материала;

- механических свойств штампуемого материала: с увеличением пластических свойств материала ширина перемычек увеличивается, с увеличением твердости и предела прочности - уменьшается;

- способа подачи полосы, типа упоров (при ручной подаче) и типа захватного органа (при автоматической подаче); при подаче материала автоматической валковой или клещевой подачей величина перемычек уменьшается на 20 %, крючковой - увеличивается на 10-20 % по сравнению с табличными;

- способа вырезки: производится обычная вырезка или с поворотом полосы; при вырезке с поворотом полосы ширина перемычки увеличивается на 30 % по сравнению с табличными вследствие искривления полосы после первого пропускания через штамп;

- необходимости последующей зачистки вырезаемой заготовки; если требуется зачистка, то размер перемычек следует увеличить на 20-30 %.

Для определения минимальной величины перемычек для стальной полосы пользуются таблицами, приведенными в работах [22-24]. Для других материалов табличные значения следует умножить на поправочный коэффициент [22-24]. Уменьшение величины перемычек может быть достигнуто применением бокового прижима и путем точной фиксации ленты ловителями.

Рациональный раскрой полосы (ленты) характеризуется коэффициентом использования материала в процентах и определяется по формуле, представляющей собой отношение площади штампуемой детали к площади заготовки.

После того как установлены расположение деталей и величина перемычки, определяют ширину полосы. Подсчет номинальной

ширины полосы производится по формулам, приведенным в литературе [22-24].

Допуски на ширину для стандартных полос и лент, подставляемые в

расчетные формулы, принимаются по соответствующим государственным стандартам для данного материала, допуски на ширину полос, нарезанных из листа на гильотинных или многодисковых ножницах - по таблице [24].

Полученные результаты подсчета ширины полос следует округлять до ближайшего целого числа в большую сторону.

Разрезку листа на полосы нужно производить с таким расчетом, чтобы от него оставалось возможно меньше отходов. При этом необходимо учитывать, что расположить полосу на листе можно и в продольном и в поперечном направлениях. Вопрос о целесообразном раскрое листа приходится решать в каждом отдельном случае, учитывая как экономию металла, так и производительность труда. Если позволяют габаритные размеры ножниц, лучше всего располагать полосы вдоль длинной стороны листа, т. к. продольный раскрой листа всегда производительнее поперечного ввиду того, что в этом случае получается из полосы большее количество деталей, а количество концевых отходов уменьшается. Если вырубаемые детали подвергаются при последующей обработке гибке, необходимо считаться и с расположением линии гибки относительно направления прокатки листа. Также следует помнить, что желательно резать широкие, а не узкие полосы (располагая соответственно детали на полосе), т. к. при этом требуется меньшее количество резов, а также меньшая величина подачи при штамповке. На производстве часто применяют групповой раскрой, когда лист раскраивают на полосы неодинаковой ширины, из которых штампуют различные детали. При групповом раскрое удается увеличить коэффициент использования листа.

Целесообразность того или иного раскроя листа сводится к определению количества деталей, получаемых из одной полосы, количества полос, получаемых из листа, общего количества деталей (заготовок) и коэффициента использования материала [22-25].

Следует иметь в виду, что при крупносерийном и массовом производстве необходимо стремиться заменять листовый материал лентой и широкими рулонами, т. к. это позволяет получить наивыгоднейший раскрой материала и максимально автоматизировать процессы штамповки.

С развитием вычислительной техники стала возможна оптимизация раскроя с помощью ЭВМ [27].

В пояснительной записке при разработке данного раздела необходимо привести эскизы раскроя полосы (ленты) и листа.

Установление наиболее рационального технологического процесса. Приступая к построению технологического процесса штамповки детали, следует сразу же установить характер, количество, последовательность и совмещенность операций холодной штамповки.

Характер операций определяется, в основном, геометрической формой и конфигурацией штампуемых деталей, состоянием их поверхности

(гладкая или рельефная), наличием вырезов или отверстий и т. п.

Количество и последовательность операций определяются конфигурацией и сочетанием конструктивных элементов детали, требуемой точностью и необходимостью соблюдения баз обработки.

Большое разнообразие штампованных деталей и различных сочетаний конструктивных элементов вместе с разнообразными техническими требованиями не позволяет установить типовое решение, применимое для любого случая. Поэтому при разработке технологического процесса нужно придерживаться следующих общих положений.

Во всех случаях необходимо стремиться принимать наименьшее количество операций и увеличивать производительность штамповки. Только в мелкосерийном производстве может оказаться экономически более выгодным разделение технологического процесса штамповки на простейшие операции, которые выполняются в простых и недорогих штампах.

При повышенных требованиях к геометрической форме плоских деталей, полученных вырубкой-пробивкой, следует предусматривать правку их в штампе, для деталей с повышенной чистотой среза - зачистку после вырубки-пробивки или чистовую вырубку-пробивку.

При изготовлении изогнутых деталей с отверстиями последовательность операций зависит от точности расположения отверстия относительно базы. При повышенной точности их расположения пробивку отверстий следует производить после гибки, при пониженной - перед гибкой. Если отверстия расположены близко к линии изгиба, то в процессе гибки может искажаться их форма, поэтому пробивку отверстий в этом случае следует производить после гибки.

При изготовлении полых деталей с фланцем, но без дна, для низких деталей следует применять отбортовку, а для высоких - неглубокую вытяжку с последующей пробивкой и отбортовкой.

В зависимости от соотношения высоты и диаметра вытягиваемой детали, а также от относительной толщины заготовки, вытяжка может быть осуществлена за одну или несколько операций. Для расчета потребного числа операций при вытяжке целесообразно использовать расчет по коэффициентам вытяжки [22-25].

В целях увеличения производительности, уменьшения количества штампов и прессов вместо обычной отдельной штамповки применяется комбинированная штамповка, заключающаяся в объединении нескольких операций в одну в одном и том же штампе. По этому принципу можно объединить как несколько операций одной и той же группы (отрезка и пробивка, вырубка и пробивка и т. д.), так и несколько операций различных групп (отрезка и гибка, вырубка и вытяжка и т. д.). Комбинированная штамповка может быть осуществлена на универсальных и многопозиционных прессах.

Объединение операций можно осуществлять либо в штампах последовательного действия (все необходимые операции производятся последовательно в направлении подачи полосы или штучной заготовки на протяжении нескольких ходов пресса, но при установившемся режиме за каждый ход пресса получается готовая деталь) либо в штампах совмещенного действия (все операции производятся последовательно или одновременно в направлении перемещения ползуна пресса).

В некоторых случаях объединение операций производится по тому и другому принципу: в начале процесса - путем последовательной штамповки, а в конце - совмещенной штамповки.

Достоинством комбинированной штамповки в последовательных штампах является возможность получения изделий любой сложности при достаточной прочности и стойкости рабочих частей штампа. Недостатком этого метода является пониженная точность, вызванная погрешностями при подаче полосы.

Комбинированная последовательная штамповка применяется для изготовления плоских, гнутых и полых деталей размером до 150 мм 12-14-го квалитетов точности.

В последнее время на практике преимущественно применяется комбинированная совмещенная штамповка, осуществляемая на

совмещенных штампах. Применяется она для изготовления деталей с наибольшим размером до 600 мм и может обеспечить 8-12-й квалитеты точности. Число совмещенных операций не может превышать четырех. Возможность совмещения зависит от толщины штампуемого материала, которая не должна превышать 8 мм, и размеров штампуемой детали, т. к. при определенных соотношениях наружного и внутреннего контуров детали толщина стенок у пуансонов и матриц получается слишком малой, затрудняя их изготовление и термообработку. При этом способе штамповки труднее автоматизировать подачу полосы (ленты), и прежде чем решить, какой тип механизации может быть использован, необходимо установить способ удаления отштампованной детали. Совмещенная штамповка на быстроходных прессах-автоматах не рекомендуется вследствие устройства пружинно-буферной системы.

Комбинированная штамповка в штампах последовательного действия осуществляется по различным схемам. Наиболее распространенной схемой является комбинированная штамповка в полосе с вырезкой готовых деталей на последнем переходе. Штампы этой схемы допускают применение прессов с любым числом двойных ходов в минуту. В этих штампах легко автоматизировать подачу полосы. При шагах перемещения менее 50 мм механизм подачи может быть встроен в штамп, а при больших перемещениях он является дополнительным узлом пресса. Преимуществом этого способа штамповки следует считать возможность объединения

большого числа переходов, т. е. использование его для изготовления деталей сложной конфигурации. Факторами, ограничивающими применение этого способа штамповки, являются габаритные размеры деталей (линейный размер в направлении подачи менее 150 мм) и толщина материала детали (более 0,2 мм).

Комбинируемая последовательная штамповка в полосе с вырезкой заготовки перед формоизменяющими переходами и запрессовкой вырезанной заготовки обратно в полосу применяют для деталей, требующих одного формоизменяющего перехода, при условии, что толщина штампуемого материала равна 0,3-2,0 мм. Штампы, построенные по этой схеме, используются для деталей сравнительно небольших габаритных размеров, штампуемых на прессах с числом двойных ходов до 150 в минуту.

Комбинируемую штамповку в полосе с вырезкой заготовки перед формоизменяющим переходом и передачей этой заготовки на последующие формоизменяющие переходы специальными шибберными, револьверными и грейферными механизмами следует применять для материала толщиной 0,5-6 мм. Если для транспортировки заготовки используется шибберный механизм, число переходов должно быть не более трех, если же вырезанная заготовка перемещается револьверным механизмом, то число формоизменяющих переходов может быть увеличено до 6, а в отдельных случаях и более. Штампы, построенные по этой схеме, применяются при работе на прессах с числом двойных ходов не более 250 в минуту.

Комбинируемую штамповку штучных заготовок следует применять для деталей, требующих, в основном, формоизменяющих переходов. Устанавливать штампы, работающие по этой схеме, при работе на автоматическом цикле можно на прессах с числом двойных ходов менее 120 в минуту.

Комбинируемая штамповка может осуществляться на многопозиционных прессах-автоматах. Прессы-автоматы являются одним из наиболее прогрессивных видов прессового оборудования. За один рабочий ход на них можно отштамповать детали, требующие различных операций: вырезных, вытяжных, гибочных, отрезных и др.

В настоящее время на многопозиционных прессах допускают штамповку деталей размером до 600 мм и толщиной до 5-6 мм.

Опыт эксплуатации многопозиционных прессов для вытяжки позволяет дать некоторые рекомендации по разработке технологических процессов. Детали, высота которых более 0,5 диаметра, следует вытягивать открытой стороной вниз (нижнее расположение пуансонов). Если деталь не имеет фланца, на первых операциях ее вытягивают с фланцем, потом производится отрезка фланца небольших размеров, а затем - окончательная вытяжка без изменения диаметра. Детали без дна на первых операциях вытягивают в виде колпачков, затем в дне пробивают отверстия и затем

разбортовывают.

В массовом производстве при изготовлении деталей сложной конфигурации широкое распространение получили специальные прессы-автоматы.

При выборе способов штамповки большое внимание следует уделять механизации и автоматизации как отдельных операций, так и всего процесса в целом, созданию специализированных автоматических штамповочных линий и даже целых участков по комплексной автоматизации процесса изготовления изделия.

Тип автоматической подачи, выбираемый в каждом конкретном случае, зависит от размеров и точности штампуемой детали, толщины материала, шага подачи, производительности, обусловленной производственной программой.

Вопросы, связанные с автоматизацией штамповочных процессов, подробно освещены в работах [13, 18, 28].

Таким образом, изготовление штампованных деталей при соблюдении всех требований технологического характера может быть осуществлено различными технологическими способами и вариантами технологического процесса.

Наиболее рациональным вариантом будет тот, который обеспечивает наименьшую себестоимость деталей и является наивыгоднейшим с экономической точки зрения. Следовательно, вопросы экономической целесообразности имеют решающее значение при выборе нового технологического процесса, при проектировании нового производства или при рационализации существующих технологических процессов. Определение экономической эффективности различных вариантов технологических процессов холодной штамповки довольно подробно приведено в работе [22].

Системы автоматизированного проектирования процессов штамповки позволяют интенсифицировать разработку и нормирование и оптимизировать технологические процессы листовой штамповки. С помощью САПР ТП производят расчет размеров развертки пространственных деталей (изогнутых и полых); выбор рационального варианта с расчетом раскроя в листе, ленте, полосе, коэффициента использования штампуемого материала; выбор оптимального маршрута технологического процесса и формирование технологического задания на проектирование штампов для данных операций или переходов.

Выбор типа и технологической схемы штампа. При выборе типа штампа следует руководствоваться следующим. При изготовлении мелких деталей целесообразно применять комбинированные штампы, дающие полностью законченные детали, т. к. пооперационная штамповка с установкой заготовок вручную пинцетом недостаточно производительна и небезопасна. Сложные комбинированные штампы оказываются целесооб-

разными и в случае штамповки крупных деталей, т. к. один крупный штамп обходится дешевле, чем два таких же крупных однооперационных штампа. Иногда возникают трудности при выборе типа штампа совмещенного или последовательного действия. Оба типа штампов, как и сами способы штамповки (рассмотренные выше), имеют достоинства и недостатки, непосредственно отражающиеся на качестве, точности и стоимости детали. В литературе [22, 29, 30] даны общие указания по выбору штампа совмещенного или последовательного типа в крупносерийном и массовом производстве в зависимости от размеров и степени точности деталей.

В массовом производстве мелких деталей, не требующих большой точности, штампы последовательного действия получили широкое применение, т. к. они обеспечивают большую производительность. При изготовлении крупных деталей чаще всего применяют штампы совмещенного типа.

При изготовлении мелких деталей в массовом производстве в целях значительного увеличения производительности и экономии металла следует применять многорядные последовательные штампы, имеющие от 2 до 11 рядов и изготавливающие за каждый ход пресса такое же количество готовых деталей. Применение многорядных штампов выгодно еще тем, что их стоимость возрастает меньше, чем рядность штамповки.

При выборе типа штампа так же, как и при установлении способа штамповки, большое внимание должно уделяться вопросу механизации и автоматизации штамповочных операций. Применение автоматических и полуавтоматических штампов позволяет почти полностью использовать число ходов пресса, увеличить в 3-5 раз производительность.

Многооперационные последовательные штампы являются наиболее совершенными с точки зрения механизации процесса штамповки, т. к. у них полностью механизированы межоперационная передача заготовок и удаление готовых деталей. При применении автоматической подачи ленты эти штампы представляют собой полный автомат, для которого требуется лишь установка нового рулона ленты и периодическое наблюдение за износом рабочих частей и качеством деталей. При применении штампов совмещенного типа задача механизации процесса штамповки полностью решается только в случае автоматической подачи заготовок и удаления деталей.

Итак, в результате решения основных технологических вопросов, а именно: установления характера, количества, последовательности и совмещенности операций холодной штамповки, выявляется технологическая схема штампа, которая должна отражать:

- 1) тип штампа в соответствии с характером производимых деформаций;
- 2) количество одновременно выполняемых операций или переходов (совмещенность операций);

- 3) способ выполнения операций по времени (последовательно или параллельно);
- 4) количество одновременно штампуемых деталей;
- 5) схему расположения рабочих частей штампа;
- 6) способ подачи и фиксации материала или заготовки в штампе;
- 7) способ удаления деталей и отходов.

Выбор типа и мощности технологического оборудования. Выбор прессы производится по следующим основным технологическим параметрам: усилию, мощности, величине хода, закрытой высоте, размерам стола прессы и размерам рабочей части ползуна.

Выбор прессы по усилию производится следующим образом. Вначале определяют усилие, необходимое для выполнения технологической операции, при комбинированной штамповке - суммарное усилие всех операций или переходов. Расчет усилий технологических операций производится по соответствующим формулам, приведенным в учебной и справочной литературе [22-26]. В пояснительной записке все расчеты усилий должны быть приведены с написанием формулы и указанием численных значений всех параметров, входящих в эти формулы. При выборе соответствующих параметров или коэффициентов из таблиц, графиков следует давать ссылку на используемую литературу.

Далее определяют усилия сжатия буферов и выталкивателей (при работе на простом или совмещенном штампе, когда для выталкивания детали из матрицы и снятия полосы с пуансона применяется буферное устройство, определяют усилия снятия и выталкивания), суммируют их с технологическим усилием и сравнивают с номинальным усилием прессы.

Усилие, развиваемое прессом, должно быть больше усилия, требуемого для штамповки по расчету.

При этом следует иметь в виду, что в каталогах и в паспорте прессы указано номинальное усилие, создаваемое в конце рабочего хода (угол $\alpha = 20 \div 30^\circ$). В другом положении ползуна усилие будет меньше. Это необходимо учитывать при операциях, требующих большой величины рабочего хода, например, при глубокой вытяжке. Поэтому номинальное усилие прессы может быть полностью использовано для вырубki, пробивки, чеканки и гибки, но не может быть использовано для глубокой вытяжки. В связи с этим номинальное усилие прессы при использовании его для вытяжных работ должно быть увеличено. Приблизительно считают, что наибольшее усилие вытяжки должно составлять при глубокой вытяжке $(0,5 \div 0,6)P_{\text{ном}}$, а при неглубокой - $(0,7 \div 0,8)P_{\text{ном}}$.

При совмещенных операциях вырубка-вытяжка или вырубка-вытяжка и отрезка также возможна перегрузка прессы, т. к. вырубной переход выполняется задолго до достижения усилия номинальной величины.

При выборе многопозиционного прессы-автомата номинальное уси-

лие пресса необходимо взять в 1,5-2 раза выше суммарного расчетного усилия, т. к. опасным является не превышение номинального усилия в конце хода, а выход за пределы допустимого усилия пресса суммарного усилия вытяжных переходов.

Для формоизменяющих операций - гибки, глубокой вытяжки и формовки - пресс следует выбирать также и по мощности (работе), т. к. затрачиваемая работа на деформацию металла значительна, и пресс может быть перегружен не по усилию, а чаще всего по работе. Расчетные формулы для определения работы деформирования приведены в работах [22, 23]. Найденную величину работы суммируют с работой сжатия буфера и выталкивателя и сравнивают с работой, которую может произвести пресс за один рабочий ход.

Следует помнить, что величина полезной работы, которую может выполнять пресс при непрерывном действии, почти в два раза меньше, чем при работе этого же пресса на одиночных ходах.

Выбор пресса по величине хода имеет особое значение для вытяжных и гибочных работ, требующих большой величины хода пресса. Обычно величина хода пресса для вытяжки берется в 2,5 раза больше высоты вытягиваемой детали, чтобы обеспечить удобство установки заготовки и удаления готовой детали. Для вырубных работ достаточно иметь ход пресса на 2-3 мм больше величины просвета между матрицей и съемником. На прессах с регулируемым по величине ходом необходимо устанавливать такую величину хода пресса, чтобы верхняя часть штампа не сходилась в верхней мертвой точке с направляющих колонок.

Закрытая высота пресса - расстояние от подштамповой плиты до ползуна пресса в его нижнем положении при наибольшей величине хода и наименьшей длине шатуна - является очень важной характеристикой при работе пресса. Она должна быть больше на 5-7 мм закрытой высоты штампа. Таким образом, закрытая высота пресса определяет максимальную высоту штампа, который может быть установлен на данном прессе.

Размеры стола и ползуна пресса должны соответствовать размерам штампа, который изготавливается в соответствии с габаритными размерами штампуемой детали, а размеры отверстия в столе пресса должны обеспечивать возможность выпадения деталей и отходов при работе на провал. Часто бывает, что размеры штампа, в основном, и влияют на выбор пресса, - например, в автомобильной и авиационной промышленности, где штампуются крупногабаритные детали из тонкого материала.

Число ходов пресса должно обеспечивать достаточно высокую производительность штамповки. Поэтому берется оно возможно большим и должно соответствовать характеру работы и типу штампа.

Выбор гильотинных ножниц для резки листового материала можно производить по расчетному усилию резания. Однако ввиду того, что в

паспорте ножниц содержатся указания о предельной толщине, наибольшей длине разрезаемых стальных листов и предела прочности разрезаемого материала на растяжение, выбор ножниц чаще всего производится по этим параметрам. При резке металла с пределом прочности, отличным от указанного в паспорте, делается перерасчет, т. е. определяется допустимая толщина резки данного материала [22].

Основные параметры кузнечно-прессовых машин регламентированы соответствующими государственными стандартами, а также приведены в каталогах.

3.2.4 Технические расчеты проектируемого цеха (участка)

Техническое нормирование. Основной целью технического нормирования является определение трудоемкости изготовления деталей. Расчет нормы штучного времени производится по формуле:

$$T_{шт} = (T_o + T_v) \cdot \left(1 + \frac{\alpha + \beta}{100}\right), \quad (1)$$

где $T_{шт}$ – штучное время, мин;

T_o - основное (машинное) время, мин;

T_v - вспомогательное время, мин;

α - время на обслуживание рабочего места в процентах от оперативного;

β - время на отдых и личные надобности в процентах от оперативного времени.

$$T_o = \frac{1}{n} K_1, \quad (3.2)$$

где n – число двойных ходов ползуна прессы (ножниц) в минуту;

K_1 - коэффициент, учитывающий время срабатывания механизма включения прессы (ножниц).

Вспомогательное время (T_v) учитывает время, необходимое на взятие заготовки, установку ее в штамп, продвижение, перевертывание заготовки (полосы), удаление детали и отхода, включение и выключение прессы (ножниц) и др. При нормировании вспомогательного времени следует тщательно определить содержание работы, выполняемой при штамповке [31]. При расчете нормы штучного времени вспомогательное время на установку и снятие деталей учитывается полностью, т. к. запрещается снимать к устанавливая детали при движущемся ползуне. Вместе с тем, при нормировании следует учитывать возможные случаи перекрытия вспомо-

гательного времени основным, если такое перекрытие не влечет за собой нарушения правил техники безопасности.

Основное время (время одного двойного хода) для механических прессов и гильотинных ножниц с различным числом двойных ходов в минуту и различными механизмами (муфтами) включения приведено в карте 2 [31], а вспомогательное время на включение пресса (ножниц) на рабочий ход в зависимости от способа его включения - в таблицу 1 [31].

Нормативы времени на выполнение вспомогательных операций при холодной штамповке на прессах приведены в картах 4-35, при резке листов и полос на гильотинных ножницах - в картах 36-41, при выполнении других видов вспомогательных работ - в картах 42-47, нормативы времени на оргтехобслуживание, отдых и личные надобности - в карте 49 [31]. При измененных по сравнению с принятыми в нормативных картах условиях работы следует пользоваться поправочными коэффициентами, приведенными в карте 48 [31].

Определяя норму штучного времени при резке листа на полосы и разрезке полосы на штучные заготовки, необходимо норму штучного времени на лист или полосу делить на количество заготовок, получаемых из одного листа или полосы.

Примеры расчета норм штучного времени приведены в [31].

Все данные, необходимые для расчёта нормы штучного времени, сводятся в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчёт норм штучного времени

№ карты	№ позиции индекс	Наименование элементов выполняемой работы	Учитываемый фактор	Повторяемость элементов	Время в мин на штамповку, резку одной заготовки, полосы, ленты		
					Основное	Вспомогательное	
						Перекрываемое	Не перекрываемое

Расчёт количества технологического оборудования. После нормирования операций технологических процессов изготовления всех деталей-представителей по каждой операции определяют суммарную трудоемкость, необходимую для годового выпуска всех деталей, входящих в группу:

$$T = T_{шт} \cdot N \cdot n_d, \quad (3)$$

где $T_{шт}$ - норма времени на данную операцию;

N - годовая программа;

n_d - количество деталей в группе.

Результаты расчета по каждому виду и типоразмеру оборудования сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Определение времени изготовления комплекса штампованных деталей

№ п.п.	Группа		Выполняемая операция	Оборудование	Норма времени на операцию, мин	Количество деталей в группе	Время изготовления всех деталей в группы		Время изготовления всех деталей в группы а годовую программу
	По типу преобладающей операции	По типоразмеру деталей в группе					мин	ч	

Рассчитанные значения трудоёмкости соответствуют времени производительной работы оборудования, т. е. не учитывают затраты времени на переналадки. Время на переналадки, выполняемые в рабочие смены в течение года, можно принимать укрупненно в процентах к годовой загрузке оборудования T , используя коэффициент β , который в среднем колеблется в пределах 1,05-1,2:

$$T_{\text{н}} = \beta \cdot T_{\text{шт}} \quad (4)$$

Дифференцированные значения коэффициента β для различных видов оборудования и условий работы могут быть определены на основании данных табл. 19 и 20 [32], табл. IX.38 и 1X.39 [33].

Количество оборудования каждого типоразмера, потребное для выполнения годовой производственной программы, определяется по формуле:

$$e_{\text{р}} = \frac{T + T_{\text{н}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{вн}}} = \frac{\beta \cdot T}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (5)$$

где $\Phi_{\text{д}}$ - действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч (табл. V.2 [33], табл. 8.5 [2]);

$K_{\text{з}}$ - допускаемый коэффициент загрузки оборудования, учитывающий возможные простои оборудования по организационно-техническим причинам (табл.16 [32], табл. IX.40 [33], табл. 10.1 [2]);

$K_{\text{вн}}$ - коэффициент, учитывающий выполнение норм ($K_{\text{вн}} = 1,2$).

Фактический коэффициент загрузки оборудования определяется по формуле:

$$K_{\text{эф}} = \frac{\beta \cdot T}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{вн}} \cdot e_{\text{ф}}}, \quad (6)$$

где $e_{\text{ф}}$ - принятое количество единиц оборудования.

Данные по расчету количества оборудования сводятся в таблицу 8.

Таблица 8- Расчёт количества оборудования

№ п. п.	Оборудование	Время на изготовление всех деталей комплекта по операциям, ч	Время на переналадку прессов, ч	Общая загрузка оборудования, ч	Действительный годовой фонд работы оборудования, ч	Количество оборудования	Коэффициент загрузки оборудования

Для расчета потребного количества автоматизированных (автоматических) и механизированных поточных линий удобнее пользоваться нормой производительности линии. Поточная линия характеризуется тактом выпуска - интервалом времени, через который периодически производится выпуск деталей. За каждое рабочее движение с линии может сходиться одна или несколько деталей. Такт автоматизированной линии определяется по наиболее трудоемкой операции или наименее производительному оборудованию. Теоретическая (средняя часовая) производительность автоматической линии рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{ч}} = \frac{60 \cdot g}{t_{\text{ц}}}, \quad (7)$$

где g - количество деталей, производимых за один цикл работы линии, шт.;

$t_{\text{ц}}$ - продолжительность цикла работы линии, мин.

Годовую производительность линии определяют по формуле:

$$Q = Q_{\text{ч}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} \cdot \frac{x}{t + x}, \quad (8)$$

где t - продолжительность одной переналадки, ч (табл. 17–20 [32], табл. IX.36–IX.39 [33]);

$x = a/Q_{\text{ч}}$ - продолжительность изготовления одной партии деталей, ч;

a - величина оптимальной партии деталей (принимается по табл. 21 [32], табл. IX.3 [33], табл. 10.2 [2]).

Коэффициент загрузки автоматической линии K_3 зависит от числа закрепленных за линией деталей. Для листоштамповочных специализированных линий $K_3 = 0,85...0,9$, для универсальных линий – $0,75...0,8$.

Потребное количество автоматизированных линий определяется по формуле:

$$e = \frac{\Pi}{Q} = \frac{N \cdot n_{\text{д}}}{Q}, \quad (9)$$

где Π – суммарный годовой объем выпуска деталей, закрепленных за линией, шт.;

Q – годовая производительность линии, шт.;

N – годовая программа;

$n_{\text{д}}$ – количество типоразмеров деталей, обрабатываемых на линии.

Загрузка принятого количества автоматических линий должна приближаться к 100 %.

Сводные данные по составу устанавливаемого в цехе оборудования заносятся в таблицу 9.

Таблица 9- Состав устанавливаемого оборудования

№ п.п.	Оборудование	Модель оборудования	К-во оборудования	Коэффициент загрузки оборудования	Оптовая цена единицы оборудования, руб	Оптовая цена всего оборудования, руб	Общая установленная мощность, кВт

Расчет количества штампов. Фонд штампов состоит из основных штампов и штампов-дублеров. Количество штампов основного фонда, потребное для изготовления деталей каждой группы, определяется путем умножения среднего количества операций на деталь (принимается по техпроцессу на деталь-представитель) на число деталей в группе. Общее количество основных штампов, необходимое для изготовления всех штампованных деталей, входящих в комплект изделия, определяется путем суммирования данных по каждой из групп.

Количество штампов-дублеров при укрупненном проектировании принимается в процентном отношении от количества основных штампов в зависимости от годового выпуска деталей (табл. 42 [32], табл. IX.28 [33]).

Годовой расход штампов зависит от стойкости штампов до полного износа и годовой программы выпуска деталей. Данные по стойкости штампов приведены в табл. IX.29 [33], а годовой расход штампов - в табл. 43 [32], табл. IX.30 [33], табл. 10.6 [2].

Сводная ведомость потребности в штампах составляется по таблице 10.

Таблица 10 – Сводная ведомость потребности в штампах

Группа		Количество штампов		Номинальный фонд штампов	Стоимость штампов, руб		Годовой расход штампов, %	Годовая стоимость расхода штампов, туб
по типу преобладающей операции	по типу-размеру деталей в группе	основных	дублёров		единицы	общая		

Определение состава и численности работающих в цехе (на участке). Контингент производственных и вспомогательных рабочих цехов листовой штамповки приведен в табл. 22 [32]. Численность производственных рабочих, непосредственно занятых выполнением технологических операций, определяют по формуле:

$$P = \frac{T_c}{\Phi_p \cdot K_{вн}}, \quad (10)$$

где T_c - суммарная трудоемкость годовой программы всего комплекта штампованных деталей, ч;

Φ_p - действительный годовой фонд времени работы рабочего, ч (табл. V [33]);

$K_{вн}$ - коэффициент, учитывающий выполнения норм ($K_{вн} = 1$).

Суммарная трудоемкость:

$$T_c = \sum (T_i \cdot g_i \cdot (1 + \alpha_i)),$$

где T_i - годовая загрузка i -го типоразмера прессового оборудования;

g_i - количественный состав производственной бригады на единицу i -го типоразмера оборудования, плотность бригад рабочих (табл. 15, [32], табл. IX.41 [33]);

α_i - коэффициент, учитывающий потери времени рабочими (табл. 16 [32], табл. 10.3 [2]).

Численность производственных рабочих, обслуживающих автоматическое оборудование, определяют по формуле:

$$P_{пр} = S \cdot g_i \cdot e \cdot (1 + \alpha_i), \quad (11)$$

где S - режим работы оборудования (2-, 3-сменный);

e - количество единиц автоматического оборудования (прессов, линий).

Численность остальных категорий работающих определяют по табл. 23, [32], табл. V.4, V.5, V.7 [33], табл. 10.4 [2].

Результаты расчета численности работающих сводятся в таблицу 11. Все категории работающих необходимо разбить по должностям, профессиям, специальностям и квалификации. Структуру должностей, специальностей и квалификаций рекомендуется устанавливать на основе заводских данных. В таблице 11 для основных и вспомогательных рабочих указывается квалификационный разряд, а для инженерно-технических работников, служащих и младшего обслуживающего персонала - должностной оклад (по заводским данным).

Таблица 11 – Сводная ведомость работающих в цехе

№ п.п.	Категория работающих	Специальность или должность	Количество	Квалификационный разряд	Должностной оклад

Расчет основных и вспомогательных материалов. Для каждой группы деталей по детали-представителю подсчитывают годовую потребность в металле (отдельно по каждой марке и сорту):

$$M = \frac{\Pi}{K_M},$$

где Π - масса выпускаемых деталей в год из данного металла, т;

K_M - коэффициент использования металла.

Годовую потребность во вспомогательных материалах (смазочные, обтирочные, промывочные и др.) определяют по усредненным нормам на единицу основного оборудования (табл. 38 [32], табл. IX.31 [33], табл. 10.7 [2]).

Расчет энергетических потребностей. Основными видами энергии, используемой в цехах листовой штамповки, являются: электроэнергия, сжатый воздух, пар, вода, природный и углекислый газ, кислород и ацетилен.

Электрическая энергия используется для привода основного, вспомогательного и подъемно-транспортного оборудования, средств механизации и автоматизации, для питания нагревательных устройств, сварочных аппаратов и др. Для расчета необходимого количества электроэнергии все потребители ее разбиваются на группы по принципу однородности (например, группа прессов, гильотинных ножниц, группа нагревательных устройств и т. д.), а также по типоразмерам или по загруженности (например, прессы крупные, средние, мелкие или прессы весьма загруженные, среднезагруженные и т. д.). По каждой группе определяют установленную

мощность N_y (сумма мощностей всех токоприемников, входящих в группу):

$$N_y = \sum N_i, \quad (12)$$

где N_i - мощность каждого токоприемника в отдельности, кВт.

Мощность каждого токоприемника берут по паспортным данным и указывают в киловаттах (кВт). Для тех токоприемников, для которых мощность указана в киловольтамперах (кВ·А), мощность в кВт вычисляется по формуле:

$$N = S \cdot \cos \varphi, \quad (13)$$

где N - активная мощность, кВт;

S - полная (активная и реактивная) мощность, кВ·А.

Для листоштамповочных цехов $\cos \varphi = 0,85$.

Годовой расход силовой электроэнергии по каждой группе токоприемников определяют по формуле [34]

$$W = \frac{N_y \cdot K_{вр} \cdot K_N \cdot K_\omega \cdot \Phi_d}{\eta_\partial}, \quad (14)$$

где $K_{вр}$ - коэффициент загрузки двигателей по времени ($K_{вр} = 0,8$);

K_N - коэффициент загрузки двигателей по мощности ($K_N = 0,8$);

K_ω - коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода ($K_\omega = 1,05$);

η_∂ - средний коэффициент полезного действия электродвигателей (для механических прессов $\eta_\partial = 0,60$, для кривошипных и дисковых ножниц $\eta_\partial = 0,65$).

Сжатый воздух в целях листовой штамповки применяют для включения пневматических муфт прессов, привода средств механизации и автоматизации, пневматических прижимов и съемников, сдува деталей, пневматических инструментов и др. Для подсчета расхода сжатого воздуха потребители разбиваются на группы по принципу однородности. Годовой расход сжатого воздуха каждой группы (m^3) составляет:

$$Q_{сж.в.} = (\sum g_{сж.в.}) \cdot \Phi_d \cdot K_3 \cdot K_y, \quad (15)$$

где $g_{сж.в.}$ - среднечасовой расход каждого потребителя, m^3 ;

Φ_d - действительный подовой фонд времени работы оборудования при принятой сменности, ч;

K_3 - коэффициент загрузки оборудования;

K_y - коэффициент, учитывающий потери воздуха вследствие утечки:

$$K_y = 1,4 \dots 1,5.$$

Среднечасовые нормы расхода сжатого воздуха прессовым оборудованием и средствами механизации и автоматизации приведены в табл. 27-28 [32], табл. VI.2-VI.4 [33], табл. 10.17, 10.16 [2].

Вода в листоштамповочных цехах используется на производственные и санитарно-технические цели. В технологическую часть проекта включается только вода, идущая на производственные надобности (мочные установки, сварочные аппараты, ванны для травления, галтовочные виброустановки, гидравлические подушки прессов и др.). Расход воды в мочных установках составляет в среднем 0,2-0,5 м³/ч на 1 т промываемых деталей. На охлаждение системы гидравлической подушки пресса расходуется 2-3 м³/ч при непрерывной его работе. Нормы расхода воды галтовочными виброустановками приведены в табл. 29 [32], табл. 10.19 [2].

Нормы расхода различных видов энергии на непроизводственные цели (освещение, отопление, вентиляцию, санитарно-технические, бытовые нужды и др.) приведены на с. 124-125 [33].

Расчет площадей цеха (участка) производится в соответствии с методическими указаниями, приведен ниже.

Выбор и определение количества подъёмно-транспортных средств и общецехового транспорта. В цехах листовой штамповки для транспортировки и подъема грузов используют мостовые краны, кран-балки, тельферы, краны-штабелеры, подвесные конвейеры, напольные и подпольные транспортеры, колесные и рельсовые приводные тележки, электро- и автокары, погрузчики, тягачи, автомобильный и железнодорожный транспорт.

Мостовые краны служат для транспортировки материалов, заготовок, деталей, штампов, деталей и узлов прессов, для установки средних и крупных штампов на прессы, монтажа и демонтажа прессов. В цехах мелкой штамповки вместо кранов могут использоваться кран-балки. Методика определения грузоподъемности и числа мостовых кранов и кран-балок приведена в [2, 32, 33].

Электротельферы на подвесных монорельсах используются, в основном, на складах и в кладовых, а также для обслуживания отдельных агрегатов в цехе [33].

Краны-штабелеры применяются для обслуживания механизированных и автоматизированных складов [33].

Подвесные конвейеры используют для перемещения отштампованных деталей в отделениях крупной и средней штамповки [33].

Транспортеры напольного типа применяют для межоперационной транспортировки заготовок и полуфабрикатов от пресса к прессу [33]. Подпольные транспортеры применяют для уборки производственных отходов.

Электро- и автокары, электро- и автопогрузчики используют для

транспортировки деталей и штампов от прессов к местам складирования. Предпочтение (по экологическим соображениям) следует отдавать машинам с электрическим приводом.

Рельсовые и безрельсовые приводные тележки грузоподъемностью до 50 т применяют для передачи тяжелых грузов из одного пролета в другой.

Методика определения количества единиц колесного транспорта изложена в [2, 32, 33].

3.2.5 Организационно-техническая часть проекта

Вопросы организации производства освещаются параллельно с разработкой технологической части проекта и в непрерывной связи с ней. В этом разделе на основе прогрессивных данных должны быть изложены следующие вопросы:

- выбор типа здания и планировка цеха (компоновка участков и отделений);

- обоснование выбора типа производства и организационной формы технологического процесса. Применительно к проектируемому цеху (участку) здесь должны быть изложены конкретные сведения о технологическом маршруте и системе поточности, описаны система организации операций штамповки и краткая характеристика схемы планировки, освещены основные условия передовой организации производства;

- характеристика производственной структуры проектируемого объекта, его специализация и кооперирование с другими цехами завода либо другими предприятиями. Здесь дается обоснование применения предметно-замкнутых участков, поточных и автоматических линий, если подобные имеются;

- организация труда в проектируемом объекте, которая включает организацию рабочих мест и порядок их обслуживания (обеспечение технологической оснасткой, ремонт и уход за оборудованием) для выполнения всех основных операций штамповки. Здесь же необходимо распределить обязанности между основными и вспомогательными рабочими, установить квалификацию работающих;

- организация цеховых грузопотоков с приведением в пояснительной записке после определения количества цехового транспорта схемы потоков с соответствующими пояснениями. При этом следует учесть, что не допускается пересечение грузопотоков, образование петель и возвратов;

- обеспечение высокого качества выпускаемой продукции за счет разработки мероприятий профилактического и предупредительного характера (состояние оборудования, приборов, штампов), а также организации технического контроля. Здесь же освещается организационная форма кон-

троля (желательно-статистический метод контроля), дается описание технологии контроля по всем процессам штамповки с обязательным указанием, что и по каким параметрам проверяется, кто, чем и когда должен проверять (сплошная и выборочная проверка);

- организация планово-предупредительного ремонта оборудования (ППР). В этом разделе кратко объясняется важность правильной организации ремонта технологического оборудования, описывается сущность системы ППР и этапы осуществления работ (осмотры, проверки, текущие, средние и капитальные ремонты), сущность каждого этапа, трудоемкость работ и необходимое для них оборудование, определяется ремонтный цикл и ремонтная сложность каждого вида работ;

- обеспечение штампо-инструментального хозяйства, где рассматриваются вопросы организации складов штампов, ремонта штампов, их паспортизации, системы хранения штампов на складе и на рабочих местах, их контроля и учета, а также прогрессивные способы восстановления штампов;

- организация складского хозяйства, где описываются виды и назначение складов материалов, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции, приспособлений и т. д., даются основы организации проводимых работ;

- организация управления проектируемым цехом. Здесь излагаются основные принципы управления производством, приводится производственная структура проектируемого объекта (принятая схема управления дается графически и объясняется текстовым описанием), а также штатное расписание ИТР, СКП и МОП для проектируемого цеха.

описание средств механизации и автоматизации.

4 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА (ЦЕХА) КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

4.1 Элементы строительного проектирования

Для проектируемых участков (цехов) необходимо разработать планировку, которая даст общее представление о схеме производственного процесса и о размещении основного и вспомогательного оборудования с работающим на нем персоналом.

Разработанный участок (цех) размещается, как правило, в одноэтажном промышленном здании одно- или многопролетном. Рекомендуемая ширина пролета одноэтажного производственного здания, не оборудованного мостовыми кранами - 12, 18 или 24 м, а оборудованными мостовыми кранами - 18, 24 или 30 м. При необходимости более широких пролетов их следует принимать кратными шести метрам. Ширина проле-

тов многоэтажных зданий - 6 и 9 м, а при необходимости большей ширины, она должна быть кратной трем метрам.

Высота пролетов одноэтажного производственного здания, оснащенного мостовыми кранами:

- для пролетов 18, 24 м - 8,4; 9,6; 10,8 м;
- для пролетов 18, 24, 30 м - 12,6; 14,4 м;
- для пролетов 24, 30 м - 16,2; 18 м;
- для бескрановых пролетов: 18 и 24 м - 5,4; 6,0; 7,2; 8,4; 9,6; 10,8;

12,6 м.

Разбивочные оси - это взаимноперпендикулярные прямые линии, наносимые на план здания и образующие прямоугольную координатную сетку, называемую разбивочной. Центры средних колонн здания совпадают с точками пересечения разбивочных осей. Продольные разбивочные оси совпадают с направлением пролетов здания (рядами) и обозначаются прописными буквами, а перпендикулярные к ним поперечные оси - цифрами.

Шаг колонн - расстояние между осями двух смежных колонн одного ряда. Для колонн крайних рядов производственных зданий шаг составляет 6 м. С целью удобства планировки технологического оборудования для средних рядов рекомендуется шаг колонн принимать 12 м, при необходимости большего шага колонн его назначают кратным 6 м.

Температурный шов предотвращает возникновение температурных напряжений, обусловленных колебаниями температуры наружного воздуха в конструкциях зданий большой протяженности. Температурные швы могут быть продольными и поперечными. Расстояние между температурными швами в сборных каркасных конструкциях из железобетона можно назначать для отапливаемых зданий до 60 м, и для неотапливаемых - до 40 м, допуская увеличение этого предела на 10 %. Такие же расстояния между температурными швами принимаются в зданиях со смешанным каркасом (железобетонные колонны и стальные стропельные фермы).

Для зданий со стальным каркасом расстояние между температурными швами устанавливают, если здание отапливается - до 120 м и если не отапливается - до 90 м.

Размеры железобетонных колонн выбирают в зависимости от ширины и высоты пролетов, шага колонн и грузоподъемности мостовых кранов.

Для зданий кузнечных и штамповочных цехов стеновые панели делают в виде железобетонных ребристых плит с продольными поперечными ребрами общей толщиной от 200 до 300 мм [33].

При укрупненном расчете общая площадь кузнечного цеха (без служебно-бытовых помещений, склада металла и заготовительного отделения) определяется по удельному годовому выпуску поковок. Распределение полученной укрупненным расчетом общей площади производится в

соответствии с таблицей 12.

Таблица 12 – Процент общей площади кузнечного цеха по индукционному (а) и пламенному (b) видам нагрева заготовок под штамповку

Служба цеха	Универсальные цехи		Специализированные цехи		Автоматизированные цехи
	a	b	a	b	a
Производственные отделения	45	50	50	55	35
Склады	28	28	23	23	35
Ремонтные службы	7	7	7	8	7
Установки приточно-вытяжной вентиляции	10	13	10	13	8
Станции преобразователей токов повышенной частоты	7	-	7	-	10
Трансформаторные подстанции	3	2	3	2	4

Таблица 13 – Примерное распределение общей площади цеха листовой штамповки, %

Подразделения цеха	Особо крупная и крупная штамповка	Средняя штамповка	Особо мелкая и мелкая штамповка
Производственная площадь	25-40	40-50	55-60
Вспомогательная площадь	60-75	50-60	40-45
В том числе:			
склад металла	10-15	8-12	8-9
склад заготовок	5	4	3
склад штампов, средств автоматизации и механизации, контрольных приспособлений	15-20	13-17	12-14
склад деталей	20-25	18-20	14-16
ремонтно-механическое отделение	2	1,5	0,5
мастерская энергетика	2	1,5	0,5
штампо-ремонтное отделение	5	3	1,5
разные кладовые	1	1	0,5

Размеры производственной площади кузнечных цехов и цехов лис-

товой штамповки при укрупненном проектировании рассчитывают также по средним нормам площади на единицу установленного производственного оборудования. Размер вспомогательной площади при этом определяется в процентах от производственной [33].

Длина пролета (здания цеха) определяется делением общей площади на выбранную ширину пролета (пролетов).

Взаимное расположение производственных отделений и участков, вспомогательных служб и складов должно обеспечивать наименьшую протяженность и максимальную прямолинейность технологических и грузовых потоков. Производственную площадь цеха целесообразно подразделять на участки в соответствии с размерными или другими признаками устанавливаемого на них оборудования. При компоновке производственных участков и отделений необходимо стремиться к созданию условий для организации поточного производства. На планировке цеха должны быть показаны все его подразделения согласно таблицам 12 и 13.

После разработки компоновочного плана выполняют планировку цеха. На планировке должно быть показано все предусмотренное проектом оборудование, которое изображают условным контуром в масштабе, рабочие места и тара в случае ее необходимости. На каждой единице оборудования ставят присвоенный ей номер, который заносят в спецификацию оборудования, прилагаемую к планировке цеха.

4.2 Схемы планировок кузнечных цехов

Существует два варианта расположения оборудования в кузнечных цехах. При первом варианте технологический процесс и грузопоток направлены вдоль оси пролета, при втором - поперек пролетов здания. Такое поперечное расположение оборудования применяется главным образом в многопролетных зданиях.

Расположение оборудования при продольном грузопотоке производят по двум основным схемам. По первой схеме оборудование устанавливают вдоль пролета в два ряда, удаленных от продольных стен здания на расстояние, достаточное для создания необходимых условий его эксплуатации и обслуживания с применением соответствующих средств механизации. В этом случае рабочие места у оборудования расположены со стороны продольных стен, а в центре пролета образуется проезд. Во второй схеме оборудование устанавливают в два ряда, удаленных от продольных стен здания на расстояние, которое достаточно только для создания боковых проходов для обслуживания оборудования во время его ремонта. Рабочие места у оборудования расположены со стороны центрального проезда.

При применении обеих схем следует придерживаться правил распо-

ложения оборудования. Во-первых, необходимо располагать

оборудование каждого ряда таким образом, чтобы рабочие места находились на одной прямой линии параллельно оси пролета, это позволит упростить размещение средств механизации, предназначенных для обслуживания агрегатов. Во-вторых, оборудование следует устанавливать в одном ряду в порядке возрастания, а в другом - наоборот, в порядке убывания габаритов. Это позволит выдержать примерно одинаковую ширину центрального проезда в цехе. В-третьих, при оснащении цеха оборудованием разных типов и при его планировке по первой схеме оборудование, требующее размещения нагревательных установок слева от рабочего места (штамповочные молоты, кривошипные горячештамповочные прессы и пр.), следует располагать в правом ряду, считая по направлению движения металла из склада заготовок к оборудованию, а оборудование, у которого нагревательные установки должны находиться справа от рабочего места (горизонтально-ковочные машины и пр.), - в левом ряду. При размещении по второй схеме оборудование должно быть расположено в обратном порядке.

Поперечное расположение оборудования, в основном, применяют при массовом и крупносерийном производстве поковок с применением штамповочных прессов или штамповочных автоматов, при этом создается поперечный грузопоток. Особенность поперечной планировки заключается в следующем. При расположении поточной линии в одном пролете здания с образованием двух боковых проездов заготовки подаются к нагревательным устройствам по одному проезду в одном направлении. Нагревательные устройства находятся на одной линии. Все обрезные прессы располагаются вдоль другого проезда, по которому и удаляются поковки.

В многопролетном здании при поперечной планировке оборудования в комплексных технологических линиях, совмещаемых с термическими агрегатами, создаются условия, при которых в каждом пролете находится однотипное оборудование. Это дает возможность проектировать подъемно-транспортные средства соответственно типам технологического оборудования. Нагревательные устройства в этом случае располагаются по прямой линии вдоль проезда, со стороны склада нарезанных заготовок, а термические агрегаты примыкают к складу готовой продукции.

Расстояния между оборудованием и элементами здания выбираются в зависимости от типа и мощности оборудования и схемы его расположения [2].

4.3 Схемы планировок цехов листовой штамповки

Крупные и средние прессы в штамповочных пролетах могут быть расположены по двум схемам: последовательно друг за другом, когда

фронт прессы перпендикулярен к продольной оси колонн здания (поперечное расположение), и фронтально, когда фронт прессов параллелен этим осям (продольное расположение). При поперечном расположении прессов легче механизировать и автоматизировать процессы штамповки. Продольное расположение затрудняет механизацию и автоматизацию, поэтому в крупносерийном и массовом производстве использовать его для крупных прессов нецелесообразно. В серийном и мелкосерийном производстве продольное расположение крупных и средних прессов применяют при штамповке длинномерных деталей или тогда, когда подача заготовок и съем деталей осуществляются с одной стороны прессы.

Мелкие прессы располагают, как правило, продольно. Мелкие прессы с автоматическими подачами, имеющие рулонницы для разматывания материала и сматывания отходов, могут устанавливаться под углом 45° к оси пролета.

Ширину главных проездов принимают равной 6 м, проездов между отделениями и участками - 4 м, цеховых проходов - 2 м. Ширина проездов между линиями крупных прессов составляет 4-5 м, средних - 3-3,5 м, мелких - 2,5-3 м. Расстояние от границы проезда до элементов здания 0,2-0,3 м, а до оборудования - 0,4-0,5 м [2].

К планировке цеха (участка) составляют спецификацию оборудования.

4.4 Цеховой транспорт

Для перемещения грузов в цехах применяют универсальные подъемно-транспортные устройства, к которым относятся мостовые краны и кран-балки. Необходимое количество мостовых кранов или кран-балок в цехе или на складе может быть рассчитано

исходя из грузооборота. На основании практических данных ориентировочно можно принимать, что один мостовой кран или кран-балка приходится на каждые 60-70 м длины пролета, а у складов - на каждые 40-50 м длины пролета. Максимальная грузоподъемность мостового крана должна выбираться исходя из технологических потребностей (например, по массе наиболее тяжелого штампа, пачки материала, рулона широкоформатной стали, тары с деталями или заготовками) [33].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шехтер, В.Я. Проектирование кузнечных и холодно-штамповочных цехов: учебник для вузов / В.Я. Шехтер. - М.: Высшая школа, 1991. - 367 с.
2. Булах, В.Н. Проектирование кузнечно-штамповочных цехов и заводов: учебное пособие для вузов / В.Н. Булах, И.Г. Добровольский, П.С. Овчинников. - Минск: Высшая школа, 1978. - 258 с.
3. Добровольский, И.Г. Методическое пособие по курсам «Технологияковки и горячей штамповки» и «Проектирование цехов» для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением»: в 2 ч. / И.Г. Добровольский, В.С. Карпицкий. - Ч. 2: Методические указания по курсовому проектированию. - Минск: БНТУ, 2006. - 38 с.
4. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски: ГОСТ 7505-89. - М.: ГК СССР по УКП и стандартам, 1990.
5. ЕСКД. Правила выполнения графических документов на поковки: ГОСТ 3.1126-88. - М.: ГК СССР по стандартам, 1988. - 4 с.
6. Технические требования к поковкам: ГОСТ 8479-70. - М.: ГК СССР по стандартам, 1970. - 7 с.
7. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / под ред. Е.И. Семёнова. - Т. 2: Горячая объёмная штамповка. - М.: Машиностроение, 1986. - 586 с.
8. Ковка и объёмная штамповка стали: справочник: в 2 т. / под ред. М.В. Сторожева. - М.: Машиностроение, 1968. - Т. 2. - 448 с.
9. Брюханов, А.Н. Ковка и объёмная штамповка: учебное пособие для машиностроительных вузов / А.Н. Брюханов. - М.: Машиностроение, 1975. - 408 с.
10. Скрябин, С.А. Профилирование заготовок на ковочных вальцах / С.А. Скрябин, А.И. Колпашников. - М.: Машиностроение, 1988. - 224 с.
11. Атрошенко, А.П. Технология горячей вальцовки / А.П. Атрошенко. - Л.: Машиностроение, 1969. - 176 с.
12. Смирнов, В.К. Горячая вальцовка заготовок / В.К. Смирнов, К.И. Литвинов, С.В. Харитонин. - М.: Машиностроение, 1980. - 150 с.
13. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / под ред. Е.И. Семёнова. - Т.1: Материалы и нагревательное оборудование. Ковка. - М.: Машиностроение, 1985. - 568 с.
14. Ковка и объёмная штамповка стали: справочник: в 2 т. / под ред. М.В. Сторожева. - М.: Машиностроение, 1967. - Т. 1. - 440 с.
15. Охрименко, Я.М. Технология кузнечно-штамповочного производства: учебник для вузов / Я.М. Охрименко. - М.: Машиностроение,

1976. - 560 с.

16. Бабенко, В.А. Объемная штамповка: атлас схем и типовых конструкций штампов: учебное пособие для вузов / В.А. Бабенко, В.В. Бойцов, Ю.П. Волик. - М.: Машиностроение, 1965. - 156 с.

17. Атрошенко, А.П. Современные штампы для обрезки облоя / А. П. Атрошенко, С.Н. Салов, С.М. Хесин. - Л.: Машиностроение, 1966. - 198 с.

18. Норицын, И.А. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки / И.А. Норицын, В.И. Власов. - М.: Машиностроение, 1967. - 388 с.

19. Техника безопасности и производственная санитария в кузнечно-прессовых цехах / С.Л. Золотников [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1984. - 256 с.

20. Михайлов, В.Л. Безопасность труда в кузнечно-штамповочных цехах: учебное пособие для СПТУ / В.Л. Михайлов, В.В. Буренин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1988. - 120 с.

21. Правила выполнения чертежей штампов: ГОСТ 2.424-80.

22. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. - 520 с.

23. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка: учебник для студентов вузов / М.Е. Зубцов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1980. - 432 с.

24. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка / под общ. ред. Л.И. Рудмана. - М.: Машиностроение, 1988. - 496 с.: ил.

25. Аверкиев, Ю.А. Технология холодной штамповки: уч. пособие для вузов / Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев. - М.: Машиностроение, 1989. - 304 с.

26. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. / под ред. Е.И. Семенова. - Т. 4. - М.: Машиностроение, 1987. - 544 с.

27. Бабаев, Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ / Ф.В. Бабаев. - М.: Машиностроение, 1982. - 168 с.

28. Средства автоматизации и механизации кузнечно-штамповочного производства: отрасл. каталог / ЭНИКмаш. - М.: ВНИИТЭМР, 1989. - 96 с.

29. Мещерин, В.Т. Листовая штамповка: атлас схем / В.Т. Мещерин. - М.: Машиностроение, 1975. - 227 с.

30. Дурандин, М.М. Штампы для холодной штамповки мелких деталей: альбом конструкций схем. / М.М. Дурандин, Н.П. Рымзин, Н.А. Шихов. - М.: Машиностроение, 1973. - 108 с.

31. Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку, резку, высадку и обрезку. Массовое, крупносерийное, серий-

ное и мелкосерийное производство. - М.: Экономика,

1987. - 189 с.

32. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: справочник: в 6 т. - Т. 3: Проектирование цехов обработки металлов давлением и сварочного производства / под ред. А.М. Мансурова. - М.: Машиностроение, 1974. - 342 с.

33. Норицын, И.А. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов и заводов / И.А. Норицын, В.Н. Шехтер, А.М. Мансуров. - М.: Высшая школа, 1977. - 432 с.

34. Расчеты экономической эффективности новой техники: справочник / под общ. ред. К.М. Великанова. - Л.: Машиностроение, 1990. - 448 с.

35. Полтев, М.К. Охрана труда в машиностроении / М.К. Полтев. - М.: Высшая школа, 1980. - 294 с.

36. Штампы для листовой штамповки. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.109-85.

37. Кузнечно-прессовые машины: каталог-справочник. - Вып. 1-4. - М.: НИИмаш, 1970.

38. Прессы однокривошипные простого действия открытые. Параметры и размеры. Нормы точности: ГОСТ 9408-89.

39. Прессы однокривошипные простого действия закрытые. Параметры и размеры: ГОСТ 10026-87.

40. Прессы холодноштамповочные кривошипно-коленные. Параметры и размеры. Размеры и расположение пазов и отверстий для крепления штампов. Нормы точности: ГОСТ 5384-89.

41. Прессы кривошипные горячештамповочные. Параметры и размеры. Нормы точности: ГОСТ 6809-87.

42. Машины горизонтально-ковочные с вертикальным разъемом матриц. Параметры и размеры. Нормы точности: ГОСТ 7023-89.

43. Кузнечно-прессовые машины. Ножницы. Ряды главных параметров: ГОСТ 28252-89.

44. Кузнечно-прессовые машины. Молоты. Ряды главного параметра: ГОСТ 27032-89.

45. Оборудование кузнечно-прессовое. Общие технические условия: ГОСТ 7600-90.

46. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению: ГОСТ 2.701-84.

47. Правила выполнения кинематических схем: ГОСТ 2.703-68.

48. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем: ГОСТ 2.704-76.

49. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики: ГОСТ 2.770-68.

50. Обозначения условные графические. Элементы гидравлических и пневматических сетей: ГОСТ 2.780-68.
51. Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические направляющие в регулирующие, приборы контрольно-измерительные: ГОСТ 2.781-68.
52. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.017-86.
53. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.003-83.
54. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005-88.
55. ССБТ. Вибрация. Общие требования: ГОСТ 12.1.012-78.
56. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для машиностроительных вузов / А.Н. Банкетов [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1982. - 576 с.
57. Живов, Л.И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Прессы / Л.И. Живов, А.Г. Овчинников. - 2-е изд., перераб. и доп. - Киев: Вища шк., 1981. - 375 с.
58. Власов, В.И. Системы включения кривошипных прессов. Теория и проектирование / В.И. Власов. - М.: Машиностроение, 1969. - 272 с.
59. Ланской, Е.Н. Элементы расчета деталей и узлов кривошипных прессов / Е.Н. Ланской, А.Н. Банкетов. - М.: Машиностроение, 1966. - 380 с.
60. Розанов, Б.В. Гидравлические прессы / Б.В. Розанов. - М.: Машгиз, 1959. - 428 с.
61. Гидравлические прессы. Некоторые конструкции и расчеты / под ред. Б.П. Васильева. - М.: Машиностроение, 1966. - 436 с.
62. Розанов, Б.В. Снижение металлоемкости машин и технологичность конструкций / Б.В. Розанов, В.П. Линц. - М.: Машиностроение, 1971. - 44 с.
63. Розанов, Б.В. Технология и оборудование для гидростатического прессования / Б.В. Розанов, Л.Ю. Максимов. - М.: Машиностроение, 1971. - 63 с.
64. Нехай, С.М. Проектирование гидравлических прессов / С.М. Нехай. - М.: Машгиз, 1963. - 159 с.
65. Тимошенко, С.П. Теория упругости / С.П. Тимошенко, Д.Ж. Гудьер. - М.: Наука, 1979. - 560 с.
66. Живов, Л.И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты. Винтовые прессы. Ротационные и электрофизические машины / Л.И. Живов, А.Г. Овчинников. - 2-е изд., перераб. и доп. - Киев: Вища школа, 1985. - 279 с.

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

СОДЕРЖНИЕ

	стр.
1 НАЗНАЧЕНИЕ И ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА.....	3
2 ТЕХНОЛОГИЯ ГОРЯЧЕЙ ШТАМПОВКИ.....	5
2.1 Общая часть проекта.....	5
2.2 Технологическая часть проекта.....	7
3 ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ.....	27
3.1 Тематика, содержание, объем и структура дипломного проекта.....	27
3.2 Методические указания к дипломному проектированию.....	29
3.2.1 Введение.....	29
3.2.2 Характеристика действующего и проектируемого производства.....	29
3.2.3 Характеристика действующего и проектируемого производства.....	31
3.2.4 Технические расчеты проектируемого цеха (участка)....	46
3.2.5 Организационно-техническая часть проекта.....	55
4 ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА (ЦЕХА) КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	56
4.1 Элементы строительного проектирования.....	56
4.2 Схемы планировок кузнечных цехов.....	59
4.3 Схемы планировок цехов листовой штамповки.....	60
4.4 Цеховой транспорт.....	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	62

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Пособие

**по выполнению технологического
раздела дипломного проекта
для студентов специальности
1-36 01 05 «Машины и технология обработки
материалов давлением»
дневной формы обучения**

Составитель **Урбанович** Александр Маркович

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 27.01.22.

Пер. № 2Е.

<http://www.gstu.by>