

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к курсовому проектированию
по дисциплине
«ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»
для студентов специальности
“Электронно-оптическое аппаратостроение”
В 2-х частях

СОДЕРЖАНИЕ

**Часть 1 ВЫБОР ИНСТРУМЕНТА И НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ
РЕЗАНИЯ**

**Часть 2 ТЕХНОЛОГИЯ И ОСНАСТКА ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ
ШТАМПОВКИ**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
КАФЕДРА ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Г.М.Шахлевич, В.А.Бурский, И.В.Свадковский, Е.В.Телеш.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к курсовому проектированию
по дисциплине
«ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»
для студентов специальности
“Электронно-оптическое аппаратостроение”
В 2-х частях
Часть 1

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТА И НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов специальностей: “Проектирование и производство РЭС”, “Проектирование и технология ЭВС”, “Медицинская электроника”, “Электронно-оптическое аппаратостроение” высших учебных заведений

МИНСК 2001

ББК 32/88 я 73 _____

УДК 658.512

РЕЦЕНЗЕНТЫ

Ю.В. КАРПИЛОВИЧ, ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ ГП МПО ВТ, ЛАУРЕАТ
ЛЕНИНСКОЙ И ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРЕМИИ СССР, К.Т.Н., ПРОФЕССОР
С.М. ДЗЕРЖИНСКИЙ, ДЕКАН ВЫСШЕГО КОЛЛЕДЖА СВЯЗИ, К.Т.Н.

_____ Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Технология обработки материалов». Для студентов специальности «Электронно-оптическое аппаратостроение»: В 2-х ч. Ч. 1: Выбор инструмента и назначение режимов резания. Сост: Г.М.Шахлевич, В.А.Бурский, И.В.Свадковский, Е.В.Телеш.- Мн.: БГУИР, 1999.- 46 с.

ISBN 985-6227-38-0

В 1-й части методических указаний даны сведения по конструктивному исполнению и размерам режущих инструментов для основных технологических операций, встречающихся при разработке технологических процессов механической обработки резанием (точению, фрезерованию, сверлению, зенкерованию, развертыванию, резьбонарезанию и шлифованию). Изложены методики выбора рекомендуемых в справочной литературе режимов резания, а также уточненного их расчета по эмпирическим зависимостям. Приведены значения коэффициентов, позволяющих производить расчет режимов резания для наиболее часто встречающихся в курсовом проектировании условий выполнения вышеперечисленных операций.

Методические указания могут быть использованы при изучении родственных курсов по другим специальностям и в дипломном проектировании.

ББК32.88 я 73

УДК 658.512

ISBN 985-6227-38-0

© Составление. Г.М.Шахлевич,
В.А.Бурский,
И.В.Свадковский,
Е.В.Телеш, 2001

СОДЕРЖАНИЕ

С.

Ф

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ИНСТРУМЕНТА И НАЗНАЧЕНИЮ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ	6
2. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА	9
2.1. ТИПЫ И КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ.....	9
2.2. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ.....	12
3. ФРЕЗЕРОВАНИЕ	17
3.1. ТИПЫ И КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ФРЕЗ	17
3.2. РЕЖИМЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ И ПОРЯДОК ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	20
3.3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ	22
4. СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ, РАЗВЕРТЫВАНИЕ	27
4.1. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ СВЕРЛ, ЗЕНКЕРОВ И РАЗВЕРТОК.....	27
4.2. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ	30
4.3. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ	34
4.4. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ РАЗВЕРТЫВАНИИ.....	35
5. РЕЗЬБОНАРЕЗАНИЕ	36
5.1. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ МЕТЧИКОВ, ПЛАШЕК И РЕЗЬБОВЫХ РЕЗЦОВ.....	36
5.2. РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ НАРЕЗАНИИ РЕЗЬБЫ	38
6. ШЛИФОВАНИЕ	41
6.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ И МАРКИРОВКА АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА.....	41
6.2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ	44
ЛИТЕРАТУРА	46

ВВЕДЕНИЕ

Обработка резанием основана на срезании лезвийным или абразивным инструментом с поверхности заготовки слоя материала (припуска) для получения требуемой формы, размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхности детали. Рабочие органы металлорежущего станка должны обеспечивать относительное и согласованное движение заготовки и инструмента (движения резания), установочные и вспомогательные движения.

Движений резания должно быть не менее двух – главное (с максимальной скоростью) и подачи. Главное движение определяет скорость деформирования и отделения стружки, основные составляющие силы резания и другие явления, происходящие в зоне обработки. Движения подачи обеспечивают непрерывность врезания инструмента в заготовку.

К обработке резанием относятся: точение и растачивание, фрезерование, строгание и долбление, сверление, зенкерование и развертывание, резьбонарезание, протягивание и прошивание, круглое и плоское шлифование, полировка, притирка и доводка, хонингование, суперфиниширование и др. Используются 4 основных метода формообразования поверхностей: копирование (точение, фрезерование, протягивание), следов (точение, круглое шлифование), касания (фрезерование, развертывание, плоское шлифование, хонингование) и обкатывание (зубонарезание, точение, долбление). Кратко рассмотрим технологические особенности основных методов обработки резанием.

Токарная обработка – наиболее распространенный способ изготовления деталей типа тел вращения. На токарных станках можно обтачивать и растачивать цилиндрические, конические, шаровые и профильные поверхности, подрезать торцы, вытачивать канавки, нарезать наружные и внутренние резьбы, накатывать рифление, сверлить, зенкеровать и развертывать отверстия и др.

Фрезерование – один из самых высокопроизводительных и разноплановых (с точки зрения геометрических форм поверхностей) методов обработки резанием. Непрерывное главное вращательное движение совершает многолезвийный режущий инструмент – фреза, а заготовка – поступательное движение подачи. Процесс резания прерывистый – каждый зуб фрезы находится в контакте с заготовкой только часть оборота.

Шлифование – основной вид высокопроизводительной, чистовой и тонкой абразивной обработки поверхностей различного профиля. Главное вращательное движение резания со скоростями > 15 м/с совершает инструмент, вра-

щательное или поступательное движение заготовки является продольной подачей. Поперечную прерывистую (или круговую) и прерывистую вертикальную подачу на глубину резания совершает круг или заготовка.

Технологические возможности основных видов обработки резанием по точности размеров и шероховатости:

- *обтачивание*: черновое - квалитет 13-12, R_z80 ; получистовое – квалитет 11-9, R_z40-20 ; чистовое - квалитет 8-7, $R_a2,5$; тонкое - квалитет 7-6, $R_a1,25-0,63$;

- *расточивание*: черновое - квалитет 13-12, R_z80-40 ; получистовое – квалитет 11-10, R_z40-20 ; чистовое - квалитет 9-7, $R_a2,5-0,63$; тонкое - квалитет 6-5, $R_a0,32-0,08$;

- *подрезка торца резцом*: черновая - квалитет 12, R_z40 ; чистовая - квалитет 11, R_z20 ; тонкая - квалитет 8-7, $R_a2,5-1,25$;

- *сверление* - квалитет 12-11, R_z40-20 ;

- *зенкерование*: черновое - квалитет 12-11, R_z40 ; получистовое – квалитет 11, R_z20 ; чистовое - квалитет 9-8, $R_a2,5$;

- *развертывание*: черновое - квалитет 9-8, $R_a2,5-1,25$; чистовое - квалитет 7-6, $R_a0,63-0,32$; тонкое - квалитет 6, $R_a0,16$;

- *фрезерование*: черновое - квалитет 11-9, R_z40-10 ; чистовое - квалитет 11-8, $R_a5-1,25$; тонкое - квалитет 9-6, $R_a1,25-0,32$; глубина нарушенного слоя от 100-50 до 30-10 мкм соответственно;

- *шлифование круглое*: получистовое - квалитет 11-8, $R_a6,3-3,2$; чистовое - квалитет 8-6, $R_a1,6-0,8$; тонкое - квалитет 5, $R_a0,4-0,2(0,1)$;

- *шлифование плоское*: получистовое - квалитет 11-8, $R_a3,2$; чистовое - квалитет 8-6, $R_a1,6-0,8$; тонкое - квалитет 7-6, $R_a0,4-0,2(0,1)$.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ИНСТРУМЕНТА И НАЗНАЧЕНИЮ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

При разработке технологических процессов механической обработки деталей приборов и устройств обычно возникает необходимость выбора режущего инструмента и назначения режимов резания.

Выбор режущего инструмента в значительной степени определяется принятой схемой обработки, металлорежущим оборудованием, конструктивными элементами обрабатываемой детали и ее материалом, типом производства и другими условиями. Ниже приведены сведения о некоторых видах режущего инструмента, представляющие собой выборки из ГОСТов, нормалей и руководящих материалов. Представленный материал позволит студентам осуществить

выбор инструмента при разработке многих схем технологических переходов, но его не следует рассматривать как исчерпывающий, т.е. не исключается необходимость обращения к соответствующим справочным материалам.

Осуществляя выбор инструмента, необходимо обращать внимание как на конструктивное исполнение рабочей части инструмента и, соответственно возможности его по изготовлению требуемой геометрической формы обрабатываемой детали, так и на исполнение присоединительной части инструмента, которое определяет возможности его установки на используемом оборудовании. В связи с многообразием существующих вариантов конструктивного исполнения инструментов, форм обрабатываемых деталей, присоединительных элементов оборудования и вспомогательной оснастки для закрепления инструмента эта задача в настоящее время не формализована и требует творческого подхода. При этом возможна корректировка ранее принятых решений как по типам металлорежущего оборудования, так и по маршрутной технологии.

Под термином «режимы резания» понимается совокупность числовых значений глубины резания, подачи и скорости резания. Режимы резания будут рациональны, если процесс обработки ведется с такими значениями режимных параметров, которые позволяют получать высокие технико-экономические показатели. Режимные параметры взаимосвязаны, и поэтому нельзя произвольно изменять значения хотя бы одного из них, не изменяя соответствующим образом всех прочих. При выборе и назначении режимов резания необходимо производить соответствующее согласование значений всех параметров с учетом возможности их реализации на используемом оборудовании. Необходимость оценки и учета большого количества взаимно влияющих факторов ведет к тому, что для решения задачи расчета и назначения режимов резания, как и большинства инженерных задач, требуется использовать путь постепенного приближения, т.е., задаваясь предварительными (стартовыми) значениями некоторых параметров, производить их последующую корректировку, расчет и уточнение с учетом других параметров до получения окончательных значений, которые могут быть использованы для реализации разрабатываемого технологического процесса. Кроме того, следует отметить, что решение поставленной задачи может быть многовариантным, т.е. несколько вариантов сочетаний режимных параметров удовлетворяет поставленным требованиям.

В общем виде методика назначения режимов резания содержит следующие этапы:

1. Определяется глубина резания t . Она связана с припуском, оставляемым на выполнение данной технологической операции. На окончательных операциях обработки припуск составляет не более 0,5 мм. На промежуточных операциях формообразования изменяется в пределах 0,5 - 5 мм. На подготовительных операциях обработки заготовок в зависимости от размеров и способа их изготовления припуск может быть более 5 мм.

Припуск менее 7 мм может быть срезан за один проход резца. В этих случаях рабочая глубина резания t равна припуску на обработку. При превышении некоторых критических значений глубины резания могут возникнуть вибрации в элементах технологической системы, состоящей из станка, приспособления, инструмента и обрабатываемой заготовки. Поэтому припуск более 7 мм срезается за два или более проходов резца, причем глубина резания на каждом проходе может быть одинакова или ее последовательно уменьшают.

2. Подача S , как и глубина резания, определяется видом технологической операции. Обычно окончательные операции обработки ведут с подачами $S < 0,1$ мм/об. На промежуточных операциях формообразования $S = 0,1-0,4$ мм/об. Подготовительные операции с целью сокращения времени на обработку рекомендуется вести с подачами $S = 0,4-0,7$ мм/об.

При предварительном выборе подачи в общем случае можно пользоваться соотношением $5 < t / S < 10$. Если при выполнении операции основное внимание обращают на качество обработанной поверхности, то предпочтительнее ограничиваться соотношением $7 < t / S < 10$, т.е. значения подач выбираются в пределах $S = (0,1-0,125) t$. В тех случаях, когда более важным параметром является производительность обработки, целесообразно использовать соотношение $5 < t / S < 7$, т.е. предварительные значения подач составят $S = (0,18 - 0,2) t$ и работа при той же скорости резания будет более производительной.

Таким образом, выбрав предварительное значение t , можно тем самым установить интервал предварительных значений подач, учитывая вышеприведенные рекомендации, в зависимости от технологического назначения операции.

3. Предварительное (не уточненное) значение скорости резания V вычисляют по эмпирическим уравнениям, получаемым в результате проведения экспериментальных работ. В этих уравнениях используются в качестве аргументов t и S . Вычисляются два значения скорости резания - для большего и меньшего значений ранее установленной подачи. По найденным значениям V для заданного диаметра D обрабатываемой заготовки или внешнего диаметра инструмента по уравнению $n = 1000 V / \pi D$ рассчитывают два значения частоты

ты вращения шпинделя - наибольшее и наименьшее. Таким образом определяется интервал значений частоты вращения шпинделя, в пределах которого можно выбрать значение, обеспечиваемое кинематикой станка.

4. Следующим этапом является выбор конкретных рабочих значений основных режимных параметров. Рабочая глубина резания, как указывалось выше, устанавливается первой и определяется по величине припуска. Рабочую подачу выбирают из числа тех, которые обеспечиваются коробкой подач станка, причем это значение должно находиться в пределах интервала предварительно выбранных значений подач. Рабочая частота вращения шпинделя берется из числа значений, обеспечиваемых коробкой скоростей станка, причем выбранная частота вращения должна находиться в интервале частот для меньшей и большей скоростей, установленных на предварительном этапе.

Так как для установленных на предварительном этапе интервалов подач и частот вращения шпинделя по кинематическим возможностям станков можно установить как одно, так и несколько конкретных значений этих параметров, то их выбор на данном этапе требует в ряде случаев волевого решения, но должен подчиняться логическим соображениям, учитывающим требования по производительности обработки и качеству обрабатываемых деталей. По установленным рабочим значениям основных режимных параметров проводят дальнейший расчет соответствующих технико-экономических показателей. Ниже приведены эмпирические формулы и необходимые для их использования значения коэффициентов, которые позволят назначить или рассчитать режимы резания для большинства случаев, встречающихся в курсовом проектировании.

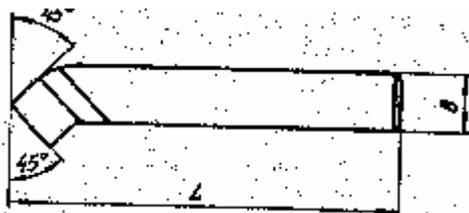
2. ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА

2.1. Типы и конструктивное исполнение токарных резцов

По технологическому назначению различают резцы проходные (табл.2.1, 2.2) - для обтачивания наружных цилиндрических и конических поверхностей; подрезные (табл.2.3) - для обтачивания плоских торцовых поверхностей; отрезные (табл.2.4) - для разрезания заготовок; расточные (табл.2.5) - для растачивания сквозных и глухих отверстий; резьбовые - для нарезания наружных и внутренних резьб; канавочные (или прорезные) - для обтачивания наружных и внутренних канавок; фасонные и др.

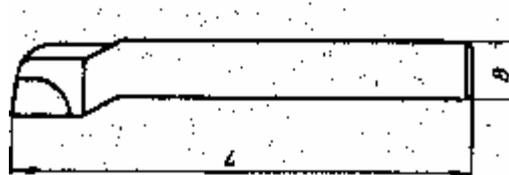
Резцы могут быть цельными и сборными. Цельные резцы целесообразно

Таблица 2.1
Резцы проходные отогнутые, ГОСТ 18866-73



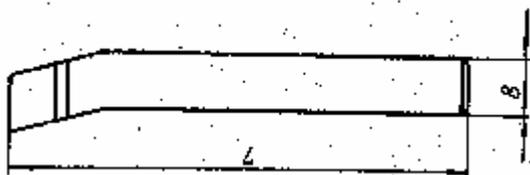
Обозначение	Н x В, мм	L, мм	Форма пластины
Быстрорежущие			
2102-0501	16 x 10	100	4101
2102-0503	20 x 12	120	4102
2102-0505	25 x 16	140	4103
2102-0507	32 x 20	170	4104
Твердосплавные			
2102-0021	16 x 10	100	0135 Б
2102-0023	16 x 12	100	0135 Б
2102-0025	20 x 12	120	0135 Б
2102-0027	20 x 16	120	0223 Б
2102-0005	25 x 16	140	0223 Б
2102-0009	32 x 20	170	0227 Б

Таблица 2.2
Резцы проходные упорные, ГОСТ 18870-73



Обозначение	Н x В, мм	L, мм	Форма пластины
Быстрорежущие			
2101-0509	16 x 10	100	4102
2101-0509	20 x 12	120	4103
2101-0509	25 x 16	140	4104
2101-0509	32 x 20	170	4105
Твердосплавные			
2103-0017	16 x 10	100	0701
2103-0019	16 x 12	100	0737
2103-0021	20 x 16	120	0739
2103-0007	25 x 16	140	0739
2103-0023	25 x 20	140	0741
2103-0009	32 x 20	170	0741

Таблица 2.3
Резцы токарные подрезные, ГОСТ 18871-73



Обозначение	Н x В, мм	L, мм	Форма пластины
Быстрорежущие			
2112-0031	16 x 10	100	4301
2112-0033	20 x 12	120	4302
2112-0035	25 x 16	140	4303
2112-0037	32 x 20	170	4304
2112-0039	40 x 25	200	4305
Твердосплавные			
2102-0051	16 x 12	100	0603
2102-0053	20 x 12	120	0603
2102-0055	20 x 16	120	0607
2102-0057	25 x 16	140	0607
2102-0061	25 x 20	140	0611
2102-0063	32 x 20	170	0611
2102-0067	40 x 25	200	0613

Таблица 2.4
Резцы токарные отрезные, ГОСТ 18874-73



Обозначение	Н x В, мм	L, мм	d _{max} прут- ка, мм
Быстрорежущие			
2130-0509	16 x 10	100	4102
2130-0511	20 x 12	120	4103
2130-0513	25 x 16	140	4104
2130-0515	32 x 20	170	4105
2130-0517	40 x 25	200	4106
Твердосплавные			
2103-0017	16 x 10	100	0701
2103-0019	16 x 12	100	0737
2103-0021	20 x 16	120	0739
2103-0007	25 x 16	140	0739
2103-0023	25 x 20	140	0741
2103-0009	32 x 20	170	0741
2103-0011	40 x 25	200	0733

Таблица 2.5

Резцы токарные расточные для глухих отверстий, ГОСТ 18882-73



Обозначение	Н x В, мм	l, мм	D_{max} , мм	Форма пластины
2141-0002	16 x 16	120	25	0601
2141-0003	16 x 16	140	30	0601
2141-0005	16 x 16	170	50	0601
2141-0007	20 x 20	170	60	0603
2141-0008	20 x 20	170	70	0605
2141-0009	20 x 20	200	70	0605
2141-0010	25 x 25	200	80	0609
2141-0011	25 x 25	240	100	0609

делать только небольших размеров. У сборных резцов из дорогостоящих инструментальных материалов выполняют только режущую часть, а державки изготовляют из качественной конструкционной стали. Соединение элементов из инструментальных материалов с державками может быть неразъемным (пайкой или сваркой) и разъемным (механическим креплением). Паяный и сварной инструмент до эксплуатации и в ее процессе подвергается заточке и переточке. При этом с режущих поверхностей удаляются следы износа и обеспечивается рациональная геометрическая форма режущей части. В зависимости от конструктивного исполнения заточка может выполняться и у сборных резцов. В последнее время расширяется применение (особенно для станков с ЧПУ) резцов с многогранными не перетачиваемыми пластинками (рис.2.1-2.3), выполненными из твердых сплавов или минералокерамики. При затуплении одной режущей кромки пластины поворачиваются вокруг своей оси и в работу вступает следующая кромка. После затупления всех режущих кромок пластины не перетачиваются, а заменяются новыми. Сменные пластины могут быть трех-, четырех-, пяти- и шестигранными. Наиболее применяемыми инструментальными материалами являются быстрорежущая сталь марок P18, P5M5, P9K10, твердые сплавы марок BK8, T15K6, T14KB, TT7K12, оксидная (белая) керамика марок ЦМ-332, BO13, оксидно-карбидная и оксидно-нитридная керамики марок ВОК-60, ВОК-63, ОНТ-20 и др.

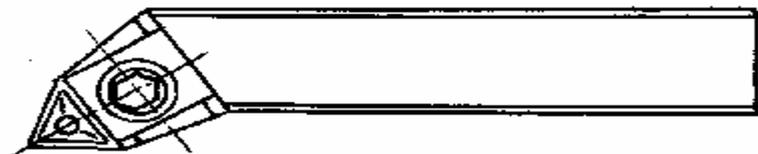


Рис.2.1. Резец для контурного точения с механическим креплением трехгранных пластин из твердого сплава (К.01.4250.00.)

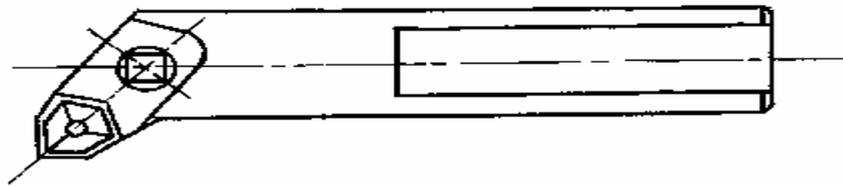


Рис.2.2. Резец токарный сборный расточный с механическим креплением трехгранных пластин из твердого сплава (К.01.4261.000)

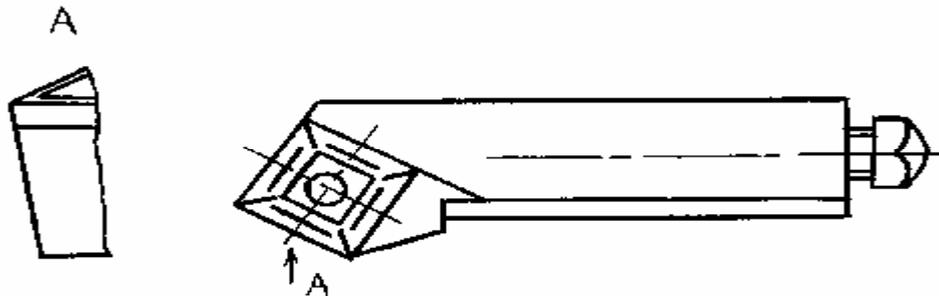


Рис.2.3. Резцы-вставки отогнутые с четырехгранной металлокерамической пластиной

2.2. Режимы резания при токарной обработке

К режимным параметрам при токарной обработке относятся глубина резания, подача и скорость резания.

Глубина резания t (мм), как правило, определяется припуском на обработку. При черновой обработке весь припуск снимается за один проход, а при выполнении чистовых операций общий припуск делится на промежуточные - предварительный и окончательный припуски. На предварительном проходе снимается до 70 % общего припуска.

Подача S (мм/об) зависит от материала обрабатываемой детали, схемы обработки, глубины резания, заданной шероховатости обработанной поверхности, геометрии режущей части инструмента, типа резца и т.п. Значение подачи может быть найдено по рекомендациям и расчетным путем с использованием эмпирических формул. На практике первый метод получил большее распространение. В табл.2.6,2.7 приведены некоторые рекомендации по назначению подач при токарных работах в зависимости от схемы обработки, характера операции, размеров обрабатываемой детали и других параметров.

Исходные значения скорости резания могут находиться как по таблицам, так и более точно расчетным методом по эмпирическим формулам. Значения скорости резания для некоторых случаев токарной обработки приведены в табл.2.8. Выбранные табличные значения корректируются коэффициентами: $V = V_{табл} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$, значения которых приведены в табл.2.9–2.11.

Таблица 2.6

Подачи S , мм/об, при черновой обработке деталей на станках токарной группы

Обрабатываемый материал	Черновое точение				Черновое растачивание			
	Диаметр обработки D , мм	Глубина резания t , мм			Вылет резца l , мм	Глубина резания t , мм		
		< 3	3-5	5-8		2	3	5
Конструкционная углеродистая и нержавеющая сталь	<20	0,3-0,4			50	0,06		
	20-40	0,4-0,5	0,3-0,4		60	0,10	0,10	
	40-60	0,5-0,6	0,4-0,5	0,3-0,4	80	0,10-0,20	0,15	0,10
	60-100	0,6-0,8	0,5-0,7	0,4-0,5	100	0,15-0,30	0,15-0,25	0,12
	100-400	0,8-1,0	0,7-0,9	0,5-0,8	150	0,40-0,70	0,20-0,50	0,12-0,30
Чугун и медные сплавы	<20	0,3-0,5			50	0,12-0,16	-	
	20-40	0,5-0,6			60	0,12-0,20	0,12-0,18	
	40-60	0,6-0,8	0,5-0,7	0,4-0,6	80	0,20-0,30	0,15-0,25	0,1-0,18
	60-100	0,8-1,2	0,7-1,0	0,6-0,9	100	0,30-0,40	0,25-0,35	0,12-0,25
					150	0,50-0,60	0,40-0,60	0,25-0,45

Таблица 2.7

Подачи S , мм/об, при чистовой обработке деталей на станках токарной группы

Шероховатость поверхности Ra , мкм	Обрабатываемый материал	Скорости резания V , м/мин	Радиус при вершине резца r , мм		
			0,5	1,0	2,0
R_{z40-20}	Сталь углеродистая и легированная	< 50	0,3-0,5	0,45-0,60	0,55-0,70
		> 50	0,40-0,55	0,55-0,65	0,65-0,70
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	Весь диапазон	0,25-0,40	0,4-0,5	0,5-0,6
R_{z20-10}	Сталь углеродистая и легированная	< 50	0,18-0,25	0,25-0,30	0,3-0,4
		> 50	0,25-0,30	0,3-0,35	0,35-0,50
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	Весь диапазон	0,15-0,25	0,25-0,40	0,4-0,6
2,5-1,25	Сталь углеродистая и легированная	< 50	0,10	0,11-0,15	0,15-0,22
		> 50	0,11-0,16	0,16-0,25	0,25-0,35
		>100	0,16-0,20	0,20-0,25	0,25-0,35
0,8-1,25	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	Весь диапазон	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,35
	Сталь углеродистая и легированная	50-100	0,10		
		>100	0,10-0,15	0,11-0,20	0,16-0,25
	Чугун, бронза и алюминиевые сплавы	>50	0,05-0,09	0,09-0,11	0,10-0,15

Таблица 2.8

Скорости резания $V_{табл}$, м/мин, при точении проходными, подрезными и расточными резцами

Глубина резания t , мм	Подача S , мм	Обрабатываемый материал							
		Сталь				Чугун и медные сплавы		Алюминиевые сплавы	
		Материал инструмента							
		Б/режущая сталь		Твердые сплавы				Б/реж сталь	
		Угол в плане резца ϕ , град							
		45	90	45	90	45	90	45-90	45-90
1	0,2	57	57	160	160	105	105	530	225
	0,3	48	48	150	150	100	100	460	190
	0,4	42	42	135	135	93	93	400	170
	0,5	40	40	130	130	88	88	360	155
2,5	0,2	50	44	150	140	100	92	460	190
	0,3	42	35	135	120	88	80	380	160
	0,4	35	30	125	115	80	74	335	145
	0,5	32	27	115	105	75	70	300	130
5	0,2	50	34	150	125	100	80	410	170
	0,3	40	27	130	105	85	70	340	145
	0,4	33	24	120	95	77	63	305	125
	0,5	30	22	110	90	70	58	270	110

Таблица 2.9

Значения поправочного коэффициента k_1 , учитывающего влияние состояния обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	Материал инструмента	Твердость НВ					Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа			
		156	156-207	207-229	229-269	269-302	100-200	200-300	300-400	400-500
Сталь 45	Б/реж. сталь	1,55	1,0	0,85	0,65	0,55				
	Тв. сплавы	1,35	1,0	0,9	0,75	0,7				
Сталь 40Х	Б/реж. сталь	1,05	0,85	0,75	0,6	0,5				
	Тв. сплавы	1,1	0,95	0,9	0,75	0,7				
Чугун: с коркой	Твердые сплавы		1,0	0,8	0,7	0,6				
без корки			1,2	1,0	0,9	0,7				
Литейные ал. сплавы	Быстрореж. сталь						1,2	1,0		
Дуралюмины	Быстрореж. сталь							1,5	1,2	1,0

Таблица 2.10

Значения поправочного коэффициента k_2 , учитывающего стойкость резцов

Обрабатываемый материал	Материал инструмента	Стойкость T , мин				
		30	60	100	200	300
Сталь конструкционная	Быстрореж. сталь	1,3	1,15	1,0	0,8	0,7
	T15K6	2,0	1,55	1,25	0,9	0,75
	T5K10	1,25	1,0	0,8	0,55	0,5
Чугун и медные сплавы	BK2	1,6	1,4	1,2	0,95	0,85
	BK8	1,15	1,0	0,85	0,7	0,6
Алюминиевые сплавы	Быстрореж. сталь	1,3	1,1	1,0	0,85	0,8
	BK4, BK6	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7

Таблица 2.11

Значения поправочного коэффициента k_3 , учитывающего размеры обрабатываемой детали

Растачивание			Поперечное точение			
d , мм	> 75	< 75	d_2/d_1	0-0,4	0,5-0,7	0,8-1,0
k_3	1,0	0,85	k_3	1,35	1,2	1,05

При использовании расчетного способа скорость резания V (м/мин) определяют по следующим формулам:

- при наружном продольном и поперечном точении и растачивании

$$V = \frac{C}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v$$

- при отрезании, прорезании и фасонном точении

$$V = \frac{C}{T^m \cdot S^y} \cdot k_v$$

Среднее значение стойкости токарных резцов T при одноинструментальной обработке равно 60 мин, за исключением фасонного точения, для которого $T = 120$ мин. Постоянная C и показатели степени приведены в табл.2.12.

Таблица 2.12

Значения коэффициента C и показателей степени в формуле для расчета скорости резания при точении

Схема обработки	Материал инструмента	Другие режимные параметры	C	x	y	m
Обработка конструкционной углеродистой стали $\sigma_B = 750$ Мпа						
Наружное. продольное точение проходными резцами	T15K6	$S < 0,3$	420	0,15	0,20	0,20
		$0,3 < S < 0,7$	350	0,15	0,35	0,20
		$S > 0,7$	340	0,15	0,45	0,2
	P18	$S < 0,25$	87,5	0,25	0,33	0,125
		$S > 0,25$	56	0,25	0,66	0,125
Отрезание	T5K10	--	47	--	0,80	0,20
	P18	--	23,7	--	0,66	0,25
Фасонное точение	P18	--	22,7	--	0,50	0,30

Продолжение табл.2.12

Схема обработки	Материал инструмента	Другие режимные параметры	C	x	y	m
Обработка нержавеющей стали X18H10T						
Наруж. продольное точение проходными резцами	ВК8	--	110	0,2	0,45	0,15
	P18	--	31	0,2	0,55	0,15
Обработка чугуна (HB190)						
Наруж. продольное точение проходными резцами	ВК6	$S < 0,4$	292	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,4$	243	0,15	0,40	0,20
Отрезание	ВК8	--	68,5	--	0,40	0,20
	P18	--	22,5	--	0,40	0,15
Обработка медных сплавов						
Наруж. продольное точение проходными резцами	P18	$S < 0,2$	270	0,12	0,25	0,23
		$S > 0,2$	182	0,12	0,50	0,23
Обработка алюминиевых сплавов						
Наруж. продольное точение проходными резцами	P18	$S < 0,2$	485	0,12	0,25	0,23
		$S > 0,2$	328	0,12	0,50	0,23

Общий поправочный коэффициент k_v на скорость резания представляет собой произведение отдельных коэффициентов:

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} \cdot k_{\phi v} \cdot k_{\phi_1 v} \cdot k_{rv} \cdot k_{qv}$$

Коэффициенты, входящие в указанную форму, учитывают условия резания (свойства материала детали и инструмента, состояние поверхности заготовки, геометрию резца и др.). Их значения приведены в табл.2.13-2.16.

Таблица 2.13

Значения поправочного коэффициента k_{mv} , учитывающего влияние механических свойств обрабатываемого материала

Обрабатываемый материал	Материал инструмента	Коэффициент k_{mv}		
1	2	3		
Сталь углеродистая	Твердые сплавы	$k_{mv} = 750/\sigma_B$		
	Быстрорежущая сталь	$k_{mv} = (750/\sigma_B)^{nv}$		
Точение $n_v = 1,75$		Сверление $n_v = 0,9$	Фрезерование $n_v = 0,9$	
Сталь хромистая	Быстрорежущая сталь	$k_{mv} = 0,8 (750/\sigma_B)^{nv}$		
		Точение $n_v = 1,75$	Сверление $n_v = 0,9$	Фрезерование $n_v = 0,9$
Сталь нержавеющая X18H10T	--	1,0		
Бронза HB >140	Быстрорежущая сталь	0,7		
HB <140		1,0		
Медь	--	8,0		
Латунь	--	4,0		
Алюмин. сплавы HB > 65	--	0,8		
		1,1		

Таблица 2.14

Значения поправочного коэффициента k_{nv} , учитывающего состояние поверхности заготовки

Без корки	С коркой				
	Прокат	Поковка	Литье		Медные и алюминиевые сплавы
			обычное	с загрязненной коркой	
1,0	0,9	0,8	0,8 - 0,85	0,5 – 0,6	0,9

Таблица 2.15

Значения поправочного коэффициента k_{lv} , учитывающего свойства материала режущей части инструмента

Обрабатываемый материал	Марки инструментального материала и коэффициент k_{lv}				
Сталь конструкционная углеродистая	T5K10	T14K8	T15K6	T30K4	BK8
	0,65	0,8	1,0	1,4	0,4
Сталь легированная	BK8 – 1,0	T5K10 – 1,4		T15K6 – 1,9	
Чугун	BK8 – 0,83	BK6 – 1,0		BK2 – 1,25	
Медные и алюминиевые сплавы	P18, P9	BK4	BK6	9XC, XBГ	Y12A
	1,0	2,5	2,7	0,6	0,5

Таблица 2.16

Значения поправочных коэффициентов $k_{\varphi v}$, $k_{\varphi lv}$, k_{rv} и k_{qv} , учитывающих влияние геометрии режущей части резцов

Главный угол в плане φ , град	$k_{\varphi v}$	Вспомогат. угол в плане φ_1 , град	$k_{\varphi lv}$	Радиус при вершине резца, мм	k_{rv}	Сечение державки В x Н, мм	k_{qv}
20	1,4	10	1,0	1	0,94	12x20,16x16	0,93
30	1,2	15	0,97	2	1,0	16x25,20x20	0,97
45	1,0	20	0,94	3	1,03	20x30,25x25	1,0
60	0,9	30	0,91	--	--	25x40,30x30	1,04
75	0,8	45	0,87	5	1,13	30x45,40x40	1,08
90	0,7	--	--	--	--	40 x 60	1,12

3. ФРЕЗЕРОВАНИЕ

3.1. Типы и конструктивное исполнение фрез

В зависимости от назначения и вида обрабатываемых поверхностей различают фрезы цилиндрические, торцовые, отрезные, дисковые, прорезные, угловые, шпоночные и фасонные.

По способу закрепления на станке фрезы разделяются на насадные (насаживаемые на оправку) и концевые (имеющие хвостовик для закрепления в шпинделе станка).

По конструкции фрезы разделяются на цельные, зубья которых выполнены заодно с корпусом, сборные - со вставными зубьями (в виде ножей или непосредственно режущих пластин) и составные (например, составленные из

двух половин и прокладки между ними для восстановления первоначальной длины фрезы после переточки),

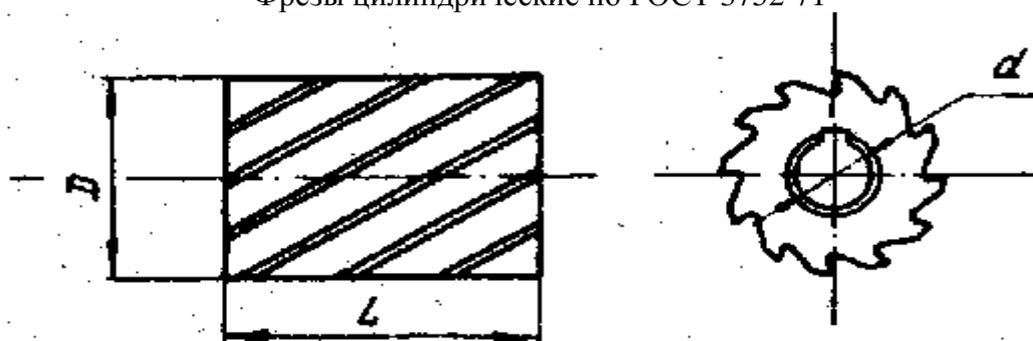
По размерам и числу зубьев различают фрезы с мелкими ($z > 1,5 \sqrt{D}$) и крупными ($z < 1,5 \sqrt{D}$) зубьями. Крупнозубые фрезы имеют вставные ножи и применяются для чернового и получистового фрезерования. Мелкозубые -- для чистового и отделочного фрезерования.

Значения диаметров и ширины фрез нормализованы. Они образуют геометрический ряд со знаменателем прогрессии $\varphi = 1,26$. Например, наружные диаметры стандартных фрез принимаются равными 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 100, 125, 160, 200, 250... до 630 мм. В отверстиях фрез предусмотрен продольный шпоночный паз для передачи крутящего момента от шпинделя с помощью шпонки. Хвостовики концевых и шпоночных фрез диаметром менее 20 мм изготавливают цилиндрическими (у фрез большего диаметра хвостовики выполняют с конусом Морзе).

Цилиндрические фрезы (табл.3.1) применяются на горизонтально-фрезерных станках для обработки плоскостей с шириной фрезерования $B < (L - 10)$ мм, где L - длина фрезы. Цельные цилиндрические фрезы изготавливаются из быстрорежущей стали марок P9, P18 и P6M5. Сборные цилиндрические фрезы выполняются как из быстрорежущей стали, так и с напаянными пластинками из твердых сплавов BK8 и T15K6.

Таблица 3.1

Фрезы цилиндрические по ГОСТ 3752-71



Мелкозубые фрезы					Крупнозубые фрезы				
Обозначение	D , мм	L , мм	d , мм	z	Обозначение	D , мм	L , мм	d , мм	z
2200-0137, 139, 141	50	50,63, 80	22	12	2200-0195, 197,199,201	80	63,80, 100,125	32	10
2200-0143, 145,147,149	63	50,63,80, 100	27	14	2200-0203, 205,207,209	100	80,100, 125,160	40	12
2200-0151, 153,155,157	80	63,80, 100,125	32	16					

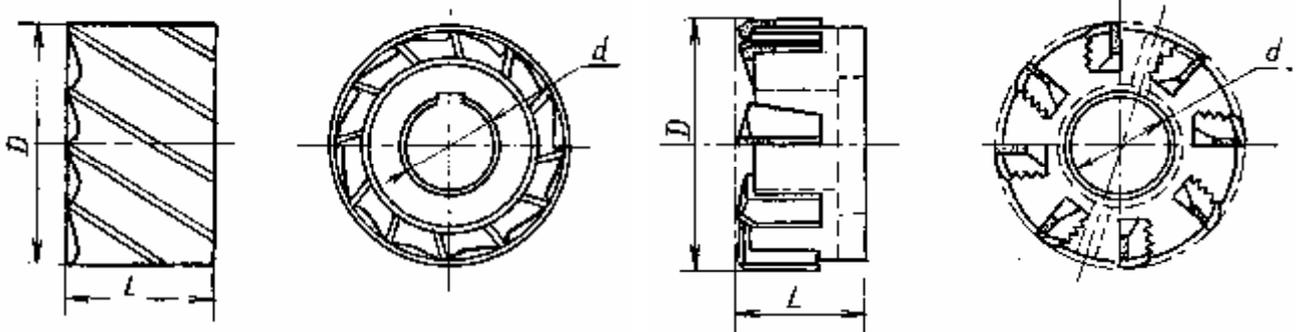
Торцовые фрезы (табл.3.2) применяются для фрезерования плоскостей, расположенных под прямым углом к оси фрезы. При обработке больших открытых плоскостей они обеспечивают большую производительность, чем цилиндрические фрезы. Цельные торцовые фрезы из быстрорежущей стали марок Р6М5, Р16 и Р9 выполняются с диаметром до 100 мм. При больших диаметрах используются сборные торцовые фрезы со сменными ножами из быстрорежущей стали или оснащенные пластинками из твердых сплавов ВКВ и Т15К6. Передача крутящего момента осуществляется за счет продольных или торцовых шпонок.

Таблица 3.2

Фрезы торцовые (цельные по ГОСТ 9304-69; сборные по ГОСТ 1092-60)

Фрезы цельные

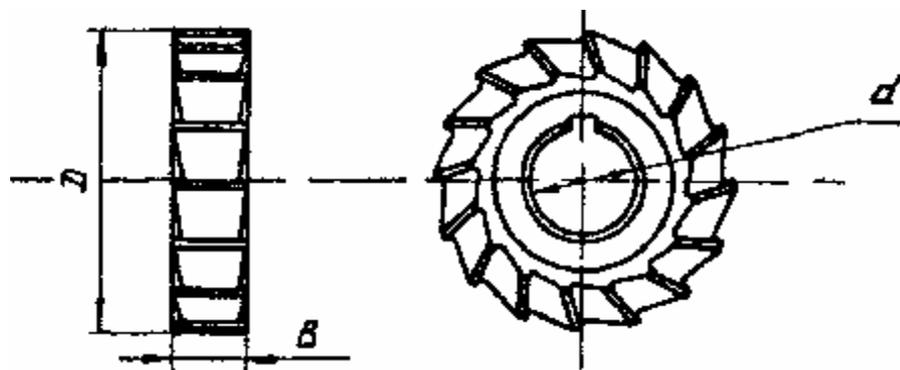
Фрезы сборные



Обозначение фрезы	D , мм	d , мм	L , мм	z
Цельные мелкозубые				
2210-0061, 0063, 0071, 0073, 0075	40, 50, 63, 80, 100	16, 22, 27, 32, 32	32, 36, 40, 45, 50	10, 12, 14, 16, 18
Цельные крупнозубые				
2210-0081, 0083, 0085	63, 80, 100	27, 32, 32	40, 45, 50	8, 10, 12
Сборные				
0214-0133, 0135, 0137, 0139, 0141	100, 125, 160, 200, 250	32, 40, 50, 50, 50	40, 44, 49, 49, 49	10, 14, 16, 20, 26

Таблица 3.3

Фрезы дисковые трехсторонние по ГОСТ 3755-78



Обозначение фрезы	D , мм	d , мм	B , мм	z
От 2240-0351 до 2240-363	50	16	4,5,6,7,8,9,10	14
От 2240-0365 до 2240-0381	63	22	4,5,6,7,8,9,10,12,14,16	16
От 2240-0383 до 2240-0397	80	27	10,12,14,16,18,20,22,25	18
От 2240-0399 до 2240-0419	100	32	8,9,10,12,14,16,18,20,22, 25,28	20
От 2240-0421 до 2240-0441	125			22

Дисковые фрезы (табл.3.3) используются преимущественно на горизонтально-фрезерных станках для обработки плоских заготовок с одной или одновременно с двух боковых сторон, для обработки прямоугольных уступов (двухсторонние фрезы), а также пазов (трехсторонние фрезы).

Концевые фрезы (табл.3.4) применяются для обработки пазов, различных выемок, уступов, взаимно перпендикулярных плоскостей, криволинейных контуров и пр. Изготавливаются как из быстрорежущей стали, так и с твердосплавными пластинками и коронками. При обработке стали и чугуна используются концевые фрезы с нормальным зубом, а при обработке цветных сплавов - с крупным зубом.

Таблица 3.4



Фрезы концевые по ГОСТ 17024-71

Обозначение фрезы	D , мм	L , мм	l , мм	d , мм	Конус Корзе	z
С нормальным зубом						
2220-0003,0005,0007,0010, 0012, 0014	4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20	40, 45, 50, 55, 60, 70	10, 12, 16, 20, 20, 25	4, 5, 6, 6, 10, 12		4, 4, 4, 4, 4, 5, 4, 5
2223-0003,0007,0014,0019, 0025	32, 40, 50	120,145,180, 190, 195	36, 44, 55, 65, 70		2, 3, 4, 4, 4	6, 6, 6
С крупным зубом						
2220-0067,0070,0072,0074 2223-0083,0087,0094,0099, 0105,0111	6, 8, 10, 12 16, 20, 32, 40, 50, 63	50, 55, 60 70, 120, 145, 180, 190, 195, 245	16, 20, 20 25, 36, 44, 55, 65, 70, 90	6, 8, 10, 12		3, 3, 3, 4 3, 3, 4, 4, 4, 5

3.2. Режимы фрезерования и порядок их определения

К режимным параметрам при фрезеровании относятся глубина резания t , подача S , скорость резания V и ширина фрезерования - B . Глубина резания измеряется в плоскости, перпендикулярной оси фрезы. При цилиндрическом фрезеровании глубина резания это расстояние между обработанной и обрабатываемой

мой поверхностями. При торцовом фрезеровании глубина резания определяется диаметром фрезы и, в предельном случае, равна ему.

Подачей называется величина перемещения обрабатываемой заготовки относительно фрезы. Различают три размерности подачи: подачу на один зуб фрезы S_z (мм/зуб) - величину перемещения заготовки относительно фрезы при ее повороте на один зуб, т.е. на угол $e = 360^\circ/z$ (z - число зубьев фрезы); подачу на один оборот фрезы $S_o = S_z z$ (мм/об) - величину перемещения заготовки на один оборот фрезы; минутную подачу $S_m = S_o n$ (мм/мин) - величину перемещения заготовки за одну минуту (n - частота вращения фрезы в минуту). При предварительном фрезеровании выбирают подачу на зуб, т.к. она определяет прочность зуба и отвод стружек. При чистовом фрезеровании назначают подачу на оборот фрезы. Минутная подача назначается на станках, которые не имеют кинематической связи между вращением шпинделя и перемещением стола.

Скоростью резания V (м/мин) при фрезеровании считается скорость главного движения - вращения фрезы. Она рассчитывается для периферийных точек режущих лезвий:

$$V = p D n / 1000,$$

где D - диаметр фрезы, мм.

Скорость резания фрез, имеющих рабочие поверхности разных диаметров (фасонные, угловые и др.), определяют по большему диаметру. Ширина фрезерования B - величина обрабатываемой поверхности, измеренная в направлении, параллельном оси фрезы. Принципы назначения параметров режима резания при фрезеровании такие же, как и для других видов обработки. Выгоднее всего работать с максимально возможными глубиной и шириной фрезерования, максимальной технологически допускаемой подачей и с соответствующей скоростью резания.

Глубина резания выбирается в зависимости от припуска, мощности привода и жесткости станка, способа закрепления заготовки. Учитывая высокую мощность привода и жесткость современных фрезерных станков, весь припуск можно снимать за один проход. При повышенных требованиях к точности и шероховатости - за два прохода - предварительный и чистовой. Для чистового прохода оставляют припуск 0,75 - 1,5 мм. С целью снижения числа проходов рекомендуется вести обработку по всей ширине детали.

Исходной подачей при предварительном фрезеровании является подача на зуб S_z . К условиям, ограничивающим величины подачи, относятся: качество материала обрабатываемой детали, требуемые точность и шероховатость поверх-

ности, жесткость технологической системы, величина биения зубьев фрезы, прочность режущей кромки зуба фрезы, прочность фрезы (для хвостовых фрез малых диаметров) и др.

По установленным глубине резания, подаче и рекомендуемой стойкости фрезы по соответствующим формулам и нормативам определяется скорость резания, допускаемая режущими свойствами фрезы. При отличии условий резания от табличных необходимо найденную скорость умножить на соответствующие поправочные коэффициенты.

По скорости резания определяется требуемая частота оборотов шпинделя n (об /мин):

$$n = 1000 V / \rho D,$$

где D - диаметр фрезы, мм.

Найденная частота вращения фрезы корректируется по паспортным данным станка.

По принятым подаче S_z и частоте вращения шпинделя определяют минутную подачу $S_m = S_z z n$ (мм/мин).

По скорости резания определяется мощность резания N_e . Если окажется, что мощность на шпинделе $N_{шп} < N_e$, то необходимо соответственно уменьшить скорость резания или частоту вращения шпинделя (при выбранной фрезе), с тем, чтобы $N_{шп} > N_e$.

Основное технологическое время определяется по принятой минутной подаче S_m .

3.3. Рекомендации по назначению режимов фрезерования

Как было указано, глубина и ширина фрезерования в основном определяются схемой обработки, конструкцией инструмента, припуском на обработку, требованиями по точности и качеству обработанной поверхности. Качественно принцип назначения этих параметров был также изложен выше. Количественно эти параметры назначаются разработчиком технологического процесса при составлении схемы обработки.

Следующим режимным параметром в порядке их назначения является подача на зуб. В справочной литературе [1,2] имеются рекомендации по назначению размера подачи при фрезеровании в зависимости от типа инструмента, обрабатываемого материала и его физико-механических свойств. В табл.3.5 и 3.6 приводятся рекомендации по выбору значений подач при обработке стали, чугуна и цветных сплавов некоторыми типами фрез.

Таблица 3.5

Рекомендуемые подачи S_z , мм/зуб, при фрезеровании стали

Глубина резания, t , мм	Торцовая фреза				Дисковая фреза							
	Б/реж. сталь		Тв. сплавы		Обработка плоскости				Обработка паза			
					Б/реж. сталь		Тв. сплавы		Б/реж. сталь		Тв. сплавы	
	Твердость НВ											
<229	229-287	<229	229-287	<229	229-287	<229	229-287	<229	229-287	<229	229-287	
< 2	0,2-0,3	0,15-0,25	0,15-0,20	0,10-0,15	0,15-0,25	0,12-0,20	0,10-0,12	0,08-0,12	0,07-0,12	0,05-0,10	0,07-0,10	0,06-0,08
2-5	0,15-0,25	0,12-0,20	0,12-0,18	0,08-0,12	0,12-0,20	0,10-0,15	0,08-0,10	0,06-0,10	0,07-0,12	0,05-0,10	0,07-0,10	0,06-0,08
> 5	0,12-0,20	0,10-0,15	0,10-0,15	0,08-0,10	0,10-0,15	0,08-0,12	0,08-0,10	0,06-0,08	0,07-0,12	0,05-0,10	0,07-0,10	0,06-0,08

Допустимые подачи на S_z (мм/зуб) при чистовом фрезеровании могут быть также подсчитаны с помощью формулы

$$S_z = \frac{C \cdot R_{max}^x \cdot D^z}{t^y},$$

где R_{max} - параметр шероховатости обработанной поверхности; D - диаметр фрезы, t - глубина фрезерования. Значения коэффициента C и показателей степени в этой формуле для некоторых случаев фрезерования приводятся в табл.3.7.

Таблица 3.6

Рекомендуемые подачи S_z , мм/зуб, при фрезеровании плоскостей фрезами из быстрорежущей стали

Обрабатываемый материал	Тип фрезы					
	Цилиндрические		Торцовые		Диск. трехсторонние	
	крупнозубые	мелкозубые	крупнозубые	мелкозубые	крупнозубые	мелкозубые
Чугун и медные сплавы	0,2-0,3	0,10-0,15	0,2-0,4	0,15-0,3	0,2-0,3	0,15-0,25
Алюминиевые сплавы	0,1-0,2	0,05-0,1	0,15-0,25	0,05-0,1	0,1-0,2	0,05-0,1
Пластмассы	0,2-0,5	0,05-0,2	0,3-0,8	0,1-0,3	0,2-0,5	0,05-0,2

Таблица 3.7

Значения коэффициента C и показателей степени при расчете подачи при фрезеровании

Тип фрезы	Обрабатываемый металл	C	x	y	z
Цилиндрические	Сталь конструкционная	0,0125	0,83	0,07	0,64
	Чугун	0,02	0,6	0	0,5
Торцовые	Сталь конструкционная	0,022	1,25	0	0

Используя рекомендации при назначении режимов фрезерования следует учитывать, что скорость резания определяется схемой обработки, типом инструмента, материалом обрабатываемой детали и инструмента, регламентированной стойкостью последнего и другими параметрами. В связи с большим количеством исходных факторов рекомендации многочисленны и находятся по справочным данным [1 - 6].

В табл.3.8 и 3.9 приведены общие рекомендации по назначению скорости резания для некоторых схем фрезерования при обработке деталей из стали и цветных сплавов. Табличные данные должны быть скорректированы общим поправочным коэффициентом $k = k_1 k_2 k_3$. Значения частных поправочных коэффициентов приведены в табл.3.10-3.12.

Таблица 3.8

Рекомендуемые скорости резания V , м/мин, при обработке стали по типовым схемам фрезерования

Схема фрезерования	Материал фрезы	t , мм	Подача S_z , мм/зуб								
			0,02	0,04	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Плоскости торцовой и трехсторонней дисковой фрезой	Б/режущ. сталь	< 1	--	62	56	52	44	38	34	30	27
		3	--	56	52	46	40	35	30	27	25
		6	--	52	48	44	37	33	28	25	23
	Твердые сплавы	< 1	--	400	380	320	270	240	200	--	--
		3	--	360	340	280	240	210	180	--	--
		6	--	330	320	260	220	200	170	--	--
Пазов трехсторонней дисковой фрезой	Б/режущ. сталь	< 3	80	70	65	55	48	42	37	--	--
		5	67	67	55	46	40	35	30	--	--
		10	56	56	46	40	34	30	26	--	--
	Твердые сплавы	< 3	530	490	460	380	330	--	--	--	--
		5	460	430	400	330	290	--	--	--	--
		10	370	340	320	270	230	--	--	--	--
Шлицов прорезной фрезой	Б/режущ. сталь	< 1,5	60	55	52	47	--	--	--	--	--
		3	50	44	42	38	--	--	--	--	--
		6	40	37	35	32	--	--	--	--	--
		12	33	30	29	26	--	--	--	--	--
Уступов и пазов конц. фрезой	Б/режущ. сталь	< 5	26	24	--	--	--	--	--	--	--
		10	24	23	--	--	--	--	--	--	--
		15	23	22	--	--	--	--	--	--	--
Плоскости цилиндрич фрезами	То же	40*	50	46	43	38	--	--	--	--	--
		60*	46	43	38	35	--	--	--	--	--
		100*	42	38	35	33	--	--	--	--	--

* Приведено значение ширины фрезерования B , мм

Таблица 3.9

Рекомендуемые скорости резания V , м/мин, при обработке цветных сплавов и пластмасс

Обрабатываемый материал	Быстрорежущие фрезы			Твердосплавные фрезы всех типов
	цилиндрические, дисковые 3-хсторонние	торцовые и концевые	прорезные и отрезные	
Латуни	30-50	40-60	60-100	150 – 200
Бронзы	25-40	30-50	60-100	100 – 150
Алюминиевые сплавы Д16, В95 и др	400-500	400-500	250-400	до 600
Силумины АЛ2, АЛ4, АЛ9	200 – 250	250-350	250-400	до 800
Пластмассы	30-50	40-60	100-200	200-500

Таблица 3.10

Значения поправочного коэффициента k_1 для определения скорости резания при фрезеровании стали

Схема фрезерования	Критерий	k_1	Схема фрезерования	Критерий	k_1
Плоскостей торцовой фрезой	D/B	1,0 1,1 1,25	Шлицев прорезной фрезой	D/B	1,0 1,1 1,2
	1,25			15	
	2			25	
	5			40	
Плоскостей трехсторонней дисковой фрезой	D/B	0,9 1,0	Уступов и пазов концевой фрезой	D/B	1,0 1,1
	3			15	
	5			30	
Пазов трехсторонней дисковой фрезой	D/B	1,0 1,1 1,2 1,3	Плоскостей цилиндрической фрезой	D/t	1,0 1,2 1,4
	3			10	
	6			20	
	10			30	
	20				

Таблица 3.11

Значения поправочного коэффициента k_2 для определения скорости резания при фрезеровании стали

Материал инструмента	Твердость НВ					
	< 156	156 – 207	170 - 229	207 - 269	269 - 302	265 - 321
Быстрорежущая сталь	1,35	1,0	0,9	0,7	0,55	0,5
Твердые сплавы	1,35	1,0	0,9	0,75	0,7	0,65

Уточненные значения скорости резания подсчитываются по наибольшему диаметру режущих зубьев фрезы по уравнению

$$V = \frac{C \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot k,$$

где z – число зубьев фрезы; k - общий поправочный коэффициент, который находится как $k = k_{mv} k_{nv} k_{uv}$. Значения коэффициента C , показателей степени и частных поправочных коэффициентов приведены в табл.2.14-2.16 и 3.13. В табл.3.14 даны средние значения стойкости фрез в зависимости от их типа и наружного диаметра D .

Таблица 3.12

Значения поправочного коэффициента k_3 для определения скорости резания при фрезеровании стали

Тип фрезы	Материал инструмента	Стойкость фрезы T , мин								
		< 30	60	100	150	200	400	600	1000	1500
Торцовая, дисковая, прорезная	Быстрорежущая сталь	1,5	1,15	1,0	0,9	0,6	0,7	0,55	0,5	0,45
Цилиндрическая, радиусная, концевая		1,6	1,2	1,0	0,85	0,75				
Торцовая и дисковая	T15K6	--	1,2	1,0	0,85	0,75	0,6	--	--	--
	T14KB	--	0,95	0,8	0,7	0,6	0,5	--	--	--
	T5K10	--	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	--	--	--

Таблица 3.13

Значения коэффициента C и показателей степени в формуле для расчета скорости резания при фрезеровании

Схема обработки	Материал инструмента	Режимные параметры	C	q	x	y	u	p	m
Обработка конструкционной стали $S_b = 750$ МПа									
Плоскостей торцевыми фрезами	T15K6	--	332	0,2	0,2	0,4	0,1	0	0,2
	P18	$S \leq 0,1$	64,7	0,25	0,15	0,2	0,1	0,1	0,2
	P18	$S > 0,1$	41	0,25	0,15	0,4	0,1	0,1	0,2
Плоскостей цилиндрическими фрезами	T15K6	$B \leq 35; S \geq 0,15$	390	0,17	0,19	0,28	-0,05	0,1	0,33
	T15K6	$B > 35; S \geq 0,15$	700	0,17	0,38	0,28	0,08	0,1	0,33
	P18	$S > 0,1$	35,4	0,45	0,3	0,4	0,1	0,1	0,33
	P18	$S \leq 0,1$	55,0	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Уступов и пазов дисковыми фрезами	T15K6	$S \leq 0,1$	1340	0,2	0,4	0,12	0	0	0,35
	T15K6	$S > 0,1$	690	0,2	0,4	0,4	0,1	0	0,35
	P18	--	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Плоскостей и уступов концевыми фрезами	T15K6	--	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,13	0,37
	P18	--	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1	0,33
Обработка нержавеющей стали X18H10T									
Плоскостей торцовой фрезой	BK8	--	108	0,2	0,2	0,3	0,06	0	0,32
	P18	--	49,6	0,15	0,2	0,3	0,2	0,1	0,14
Плоскостей цилиндрической фрезой	P18	--	44	0,29	0,3	0,34	0,1	0,1	0,24
Плоскостей и уступов концевой фрезой	P18	--	22,5	0,35	0,21	0,46	0,03	0,1	0,27
Обработка медных сплавов									
Плоскостей торцовыми фрезами	P18	$S \leq 0,1$	136	0,25	0,15	0,2	0,1	0,1	0,2
	P18	$S > 0,1$	86,2	0,25	0,15	0,4	0,1	0,1	0,2
Плоскостей и уступов концевыми фрезами	P18	--	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33

Продолжение табл.3.13

Обработка алюминиевых сплавов

Плоскостей торцовыми фрезами	P18	$S \leq 0,1$	245	0,25	0,15	0,2	0,1	0,1	0,2
		$S > 0,1$	155	0,25	0,15	0,4	0,1	0,1	0,2
Плоскостей и уступов концевыми фрезами	P18		165	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33

Таблица 3.14

Средние значения периода стойкости твердосплавных фрез T , мин

Тип фрезы	Диаметр фрезы D , мм								
	25	25-40	40-60	60-75	75-90	90-110	110-150	150-200	200-250
Торцовые	-	120	160				240		
Цилиндрические	-		120	160				-	
Дисковые	-			120		150		180	240
Концевые	60	90	120	-					
Прорезные	-			60	75	120	150	160	-

Примечание. Стойкость фрез из быстрорежущей стали на 10-20% ниже и увеличивается с ростом ширины

4. СВЕРЛЕНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ, РАЗВЕРТЫВАНИЕ

4.1. Конструктивное исполнение сверл, зенкеров и разверток

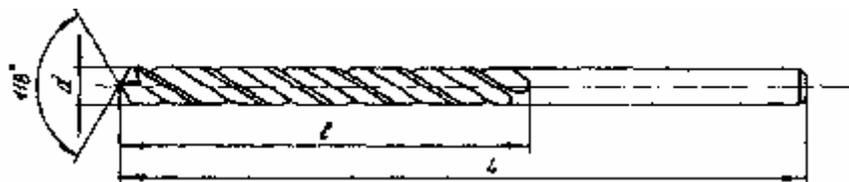
Осевые инструменты, к которым относятся сверла, зенкеры и развертки, используются при обработке отверстий в деталях машин различной точности, размера и качества поверхности, а также при оформлении некоторых конструктивных элементов - фасок, выточек под головки крепежа и т.п.

Сверла предназначены как для изготовления отверстий в сплошном материале, так и для увеличения диаметров отверстий (расверливание), полученных ранее различными методами, в том числе и сверлением. По назначению и конструктивному оформлению сверла подразделяются на спиральные (винтовые) (табл.4.1), центровочные (табл.4.2), комбинированные ступенчатые (рис.4.1), одностороннего резания (перовые) для обработки глубоких отверстий (рис.4.2), кольцевые, ружейные и др. Хвостовик сверла может быть коническим или с конусом Морзе.

По материалу режущей части сверла подразделяются на быстрорежущие (P9, P18 P6M5) и твердосплавные монолитные или оснащенные пластинками из твердого сплава (BK6, T15K6).

Таблица 4.1

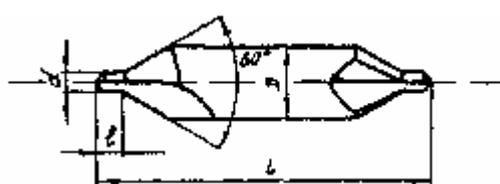
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком



Короткая серия ГОСТ 4010-77			Средняя серия ГОСТ 10902-77			Длинная серия ГОСТ 686-77		
d , мм	L , мм	l , мм	d , мм	L , мм	l , мм	d , мм	L , мм	l , мм
0,75-3,00	23-46	4,5-16	0,30-1,00	19 - 34	3-12	1,00-1,90	56-80	33-53
3,00-14,00	46-107	16-54	1,00-3,20	34-65	12 - 36	1,90-3,20	80-106	53 - 69
14,00-20,00	107-131	54-60	3,20-14,00	65-160	36-108	3,20-14,00	106-214	69 - 140
			14,00-20,00	160-200	108-140			

Таблица 4.2

Сверла центровочные комбинированные по ГОСТ 4952-75



d , мм	D , мм	L , мм	l , мм
1,00	3,15	33,5	1,9
1,60	4,00	37,5	2,8
2,00	5,00	42,0	3,3
2,50	6,30	47,0	4,1
3,15	8,00	52,0	4,9
4,00	10,00	59,0	6,2

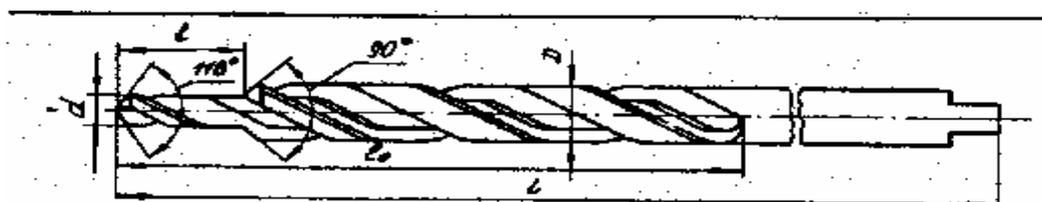


Рис.4.1. Сверла ступенчатые для одновременного снятия фаски и сверления под резьбу по ОСТ 2И21-1-76

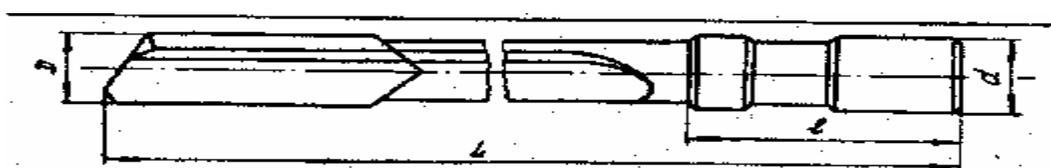


Рис.4.2. Сверла одностороннего резания для глубокого сверления по ТУ 2-035-655-79

Зенкеры предназначены для предварительной и окончательной обработки отверстий, полученных ранее при литье, ковке, штамповке или сверлении. Их конструктивное оформление показано рис.4.3. Цельные зенкеры предназначены для обработки отверстий диаметром до 32 мм и имеют три режущих кромки. Насадные, с четырьмя режущими кромками, крепятся на оправке и применяются для обработки отверстий диаметром до 100 мм. В зависимости от допуска на исполнительный диаметр зенкеры для обработки цилиндрических отверстий подразделяются на № 1 и № 2, причем зенкер № 1 рекомендуется для

обработки отверстий под последующее развертывание, а № 2 - для окончательной обработки отверстий с допусками по Н11.

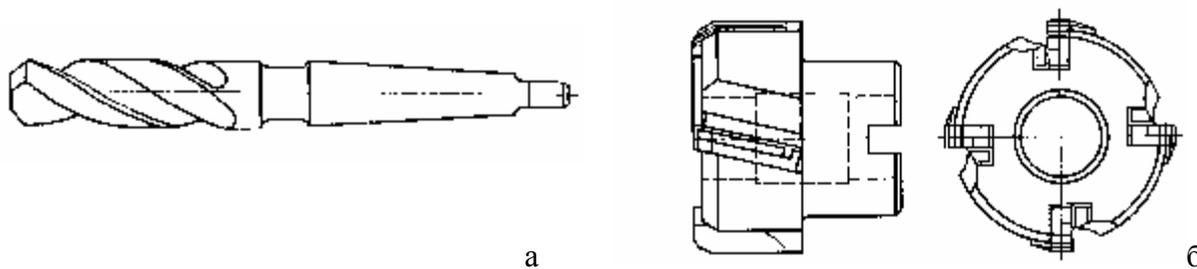


Рис.4.3. Конструктивное исполнение цельного – а и насадного зенкоров – б.

Зенкеры для обработки фасок, выточек под головки крепежа, а также прилегающих к отверстию плоскостей бобышек называются зенковками. Их конструктивное оформление показано рис.4.4. Зенкеры и зенковки изготавливают из быстрорежущей стали или оснащаются пластинками из твердых сплавов.

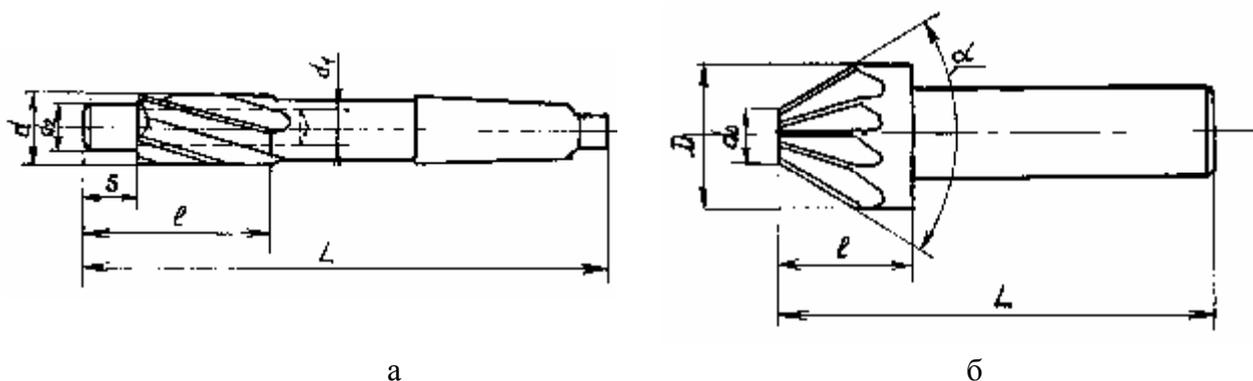
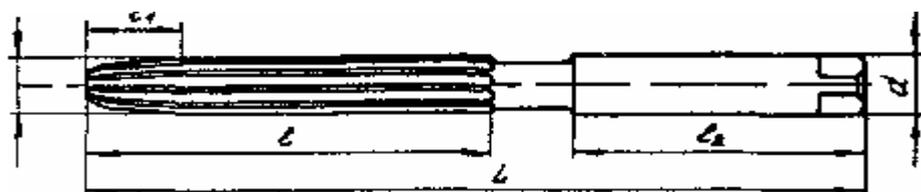


Рис.4.4. Зенковки: а - цилиндрическая со сменной направляющей цапфой по ОСТ И25-2-0; б – коническая с углом при вершине 60, 90 и 120° по ГОСТ 14953-80Е

Развертки (табл.4.3, рис.4.5) предназначены для изготовления точных отверстий и применяются после предварительной обработки зенкером, расточным резцом или сверлом. Ручные развертки могут использоваться как на сверлильных станках, так и при ручной слесарной работе, машинные - только при выполнении работы на станках.

Таблица 4.3
Развертки ручные цилиндрические по ГОСТ 7722-77



D , мм	L , мм	l , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	d , мм
----------	----------	----------	------------	------------	----------

1,00-4,00	38-76	16-36	4-10	18-32	2,0-4,0
4,00-6,5	76-93	36-47	11-13	32-40	4,0-6,5
6,5-12,0	93-52	47-76	13-16	40-60	6,5-12,0
12,0-30,0	152-247	76-124	16-35	60-100	12,0-30,0

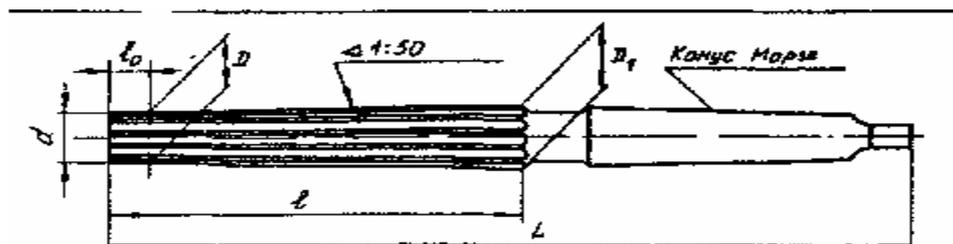


Рис.4.5. Развертка коническая (конусность 1:50) по ГОСТ 10081-71

4.2. Режимы резания при сверлении

К режимным параметрам при сверлении (также как и при точении) относятся глубина резания t (мм), осевая подача S (мм/об) и скорость резания V (м/мин), которая определяется для периферийной точки каждой режущей кромки.

Глубина резания при сплошном сверлении однозначно определяется диаметром сверла и равна $t = D / 2$. При рассверливании на глубину резания влияет и диаметр ранее подготовленного отверстия:

$$t = (D - d) / 2.$$

Таким образом, глубина резания при сверлении в основном определяется заданными чертежом размерами обрабатываемой детали и активно не варьируется при расчете режимных параметров.

Назначение подачи при сверлении в значительной степени определяет силы резания. Определение подачи может осуществляться по рекомендациям справочных данных или более точно по уравнению

$$S = C \cdot D^{0,6}.$$

Рекомендуемые значения подач при сверлении отверстий быстро-режущими сверлами приведены в табл.4.4, а при использовании твердосплавных сверл - в табл.4.5. При глубине сверления $l > 3d$ табличные данные необходимо умножить на поправочный коэффициент k_l равный 0,9, если глубина сверления достигает $l = 5d$; 0,8, если $l = 7d$ и 0,75, если $l = 10d$.

При расчете значения подачи по приведенному выше уравнению данные для назначения коэффициента C можно взять из табл.4.6.

Таблица 4.4

Подачи S , мм/об, при сверлении быстрорежущими сверлами

Диаметр сверла, мм	Сталь конструкционная		Чугун, медные и алюминиевые сплавы	
	$S_b < 800$ МПа	$S_b > 800$ МПа	$HB < 200$	$HB > 200$
<2	0,05-0,06	0,04-0,05	0,09-0,11	0,05-0,07
2 – 6	0,08-0,18	0,06-0,12	0,18-0,33	0,11-0,22
6 – 10	0,18-0,28	0,13-0,21	0,36-0,57	0,22-0,34
10 – 15	0,25-0,35	0,19-0,26	0,52-0,70	0,31-0,42
15 – 20	0,34-0,43	0,25-0,32	0,65-0,86	0,40-0,53
20 – 25	0,39-0,47	0,29-0,35	0,78-0,96	0,47-0,57
25 – 30	0,45-0,55	0,32-0,40	0,90-1,05	0,54-0,66
30 – 40	0,55-0,60	0,35-0,40	1,00-1,10	0,56-0,70

Таблица 4.5

Подачи при сверлении твердосплавными сверлами углеродистой и легированной стали

Диаметр сверла, мм	Без термообработки	$HRC40$	$HRC40 - 55$	$HRC > 55$
10 – 12	0,12 - 0,20	--	--	--
16 – 20	0,16 - 0,26	--	--	--
23 – 26	0,22 – 0,32	0,04 - 0,05	0,03 – 0,025	0,025 – 0,02
> 26	0,26 - 0,35	--	--	--

Примечание. Обработку вести с охлаждением эмульсией.

Таблица 4.6

Числовые значения коэффициента C к формуле для определения подачи при сверлении

Обрабатываемый материал	Твердость HB	Группа подач, определяемая технологичес. факторами		
		I	II	III
Сталь конструкционная	<160	0,065	0,063	0,042
	160 - 240	0,063	0,047	0,031
	240 – 300	0,046	0,038	0,023
	>300	0,038	0,028	0,019
Чугун	<170	0,130	0,097	0,065
	>170	0,078	0,058	0,039
Цветные металлы	<180	0,170	0,130	0,065
	>180	0,130	0,097	0,065

Примечание. I группа подач относится к сверлению глухих отверстий, рассверливанию по 12 качеству точности или под последующее рассверливание.

II группа подач относится к сверления глухих и сквозных отверстий в нежестких деталях, сверлению под резьбу и рассверливанию под последующую обработку зенкером или развертками.

III группа подач относится к сверлению глухих и сквозных отверстий или рассверливанию под дальнейшую обработку зенкером или одной разверткой.

Определение скорости резания при сверлении (также при других видах обработки) осуществляется либо по рекомендуемым табличным данным, либо путем расчета по степенным зависимостям. Второй способ дает более точные результаты, так как учитывает большее количество технологических факторов.

Ниже в качестве примера приведены рекомендуемые табличные данные для установления скорости резания при сверлении конструкционной стали быстрорежущими сверлами. Определение скорости резания производится по формуле $V = V_{табл} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$, где: $V_{табл}$ - значение скорости резания по табл.4.7; k_1 - коэффициент, учитывающий инструментальный материал, марку и твердость обрабатываемого материала (табл.4.8); k_2 - коэффициент, учитывающий назначенную стойкость сверла (табл.4.9); k_3 - коэффициент, учитывающий соотношение глубины и диаметра сверления l/D .

Аналогичные таблицы для других обрабатываемых материалов могут быть использованы по справочным данным [4].

Таблица 4.7

Скорость резания $V_{табл}$ при сверлении конструкционной стали

Подача S , мм/об	Обрабатываемый диаметр D , мм									
	2,5	4	6	6	10	12	16	20	25	32
< 0,06	2	26	32	36	40	44				
0,1	2	20	24	27	30	32	36	40	44	50
0,15			21	23	25	27	30	33	36	40
0,2			18	19	22	23	26	29	32	34
0,3				16	18	19	22	24	26	29
0,4						17	19	21	23	24
0,6								17	16	20

Таблица 4.8

Значения коэффициента k_1

Материал инструмента	Обрабатываемый материал (твердость)		
	Сталь 45, 40X $HB < 180$	Сталь 45, 40X $180 < HB < 240$	Сталь 45, 40X $240 < HB < 300$
Быстрорежущая сталь	1,0 - 1,3	0,9 – 1,0	0,7 - 0,8
Твердый сплав	1,2 – 1,3	1,0	0,8 - 0,9

Таблица 4.9

Значения коэффициента k_2

Материал инструмента	Стойкость сверла T , мин					
	<15	30	60	100	150	200
Быстрорежущая сталь	1,5	1,25	1,15	1,0	0,9	0,8
Твердый сплав	1,6	1,4	1,2	1,0	0,85	0,75

Коэффициент k_3 равен: 1,0 при $l = 5 d$, 0,8 при $l = 8 d$ и 0,7 при $l = 10 d$.

Расчет значений скорости резания при сверлении с большей точностью производят по формуле:

$$V = \frac{C \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot k_v.$$

Значения постоянной C и показателей степени приведены в табл.4.10, а назначаемый период стойкости сверл можно выбрать по табл.4.11. Общий поправочный коэффициент равен $k_v = k_{mv} k_{uv} k_{lv}$. Значения коэффициентов k_{mv} и k_{uv} , учитывающих свойства материала заготовки и инструмента, приведены в табл.2.13 и 2.15, а коэффициента k_{lv} , учитывающего влияние глубины отверстия - в табл.4.12.

Таблица 4.10

Значения коэффициента C и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении

Обрабатываемый материал (твердость)	Материал режущей части	Подача S , мм/об	C	q	y	m
Сталь конструкционная углеродистая $S_b = 750$ МПа	P18	< 0,2	7,0	0,4	0,7	0,2
		> 0,2	9,8	0,4	0,5	0,2
Сталь нержавеющая X18H10T	P18	---	3,57	0,5	0,45	0,12
Серый чугун (HB 190)	P18	< 0,3	14,7	0,25	0,55	0,125
		> 0,3	17,1	0,25	0,4	0,125
	BK6	-	34,2	0,45	0,3	6,2
Ковкий чугун (HB 150)	P18	< 0,3	21,8	0,25	0,55	0,125
		> 0,3	25,3	0,25	0,4	0,125
	BKБ	-	40,4	0,45	0,3	0,2
Медные сплавы	P18	< 0,3	28,1	0,25	0,55	0,125
		> 0,3	32,6	0,25	0,4	0,125
Алюминиевые сплавы	P18	< 0,3	36,3	0,25	0,55	0,125
		> 0,3	40,7	0,25	0,4	0,125

Примечание. Рассчитанные скорости резания действительны для спиральных сверл с двойной заточкой и подточкой перемычки. При нормальной заточке рассчитанную скорость резания следует уменьшать, умножая на коэффициент 0,85.

Таблица 4.11

Средние значения периода стойкости сверл T , мин

Обрабатываемый материал	Материал режущей части инструмента	Диаметр инструмента D , мм				
		<5	6-10	11-20	21-30	31-40
Сталь конструкционная	Быстрорежущая сталь	15	25	45	50	70
Сталь нержавеющая		6	8	15	25	35
Чугун, медн.и алюм.сплавы	Твердый сплав	20	35	60	75	110

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние глубины обрабатываемого отверстия равен: 1,0 для $l < 3 d$, 0,85 для $l = 4 d$, 0,75 для $l = 5 d$, 0,7 для $l = 6 d$ и 0,6 для $l = 8 d$.

4.3. Режимы резания при зенкеровании

Поддачи S при зенкеровании выбираются в зависимости от диаметра зенкера и условий зенкерования по табл.4.12.

Таблица 4.12

Поддачи S , мм/об, при зенкеровании

Диаметр зенкера D , мм	Обрабатываемый материал	
	Сталь конструкционная	Цветные сплавы
<15	0,5 - 0,6	0,7 - 0,9
15 - 20	0,6 - 0,7	0,9 - 1,1
20 - 25	0,7 - 0,9	1,0 - 1,2
25 - 30	0,8 - 1,0	1,0 - 1,3
30 - 40	0,9 - 1,2	1,2 - 1,7

Примечания. 1. Приведены данные для зенкерования сквозных отверстий с точностью не выше 12 квалитвта или под последующую обработку чистовым зенкером и разверткой.

2. При зенкеровании отверстий с повышенными требованиями к качеству обработанной поверхности табличные данные умножаются на коэффициент $k_S = 0,7$.

Расчет скорости резания при зенкеровании производится по формуле:

$$V = \frac{C \cdot D^q \cdot k}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}$$

где D - диаметр зенкеруемого отверстия; k - общий поправочный коэффициент, учитывающий условия обработки, $k = k_{mv} k_{uv}$ (числовые значения k_{mv} и k_{uv} см. в табл.2.13 и 2.15), t - глубина резания, $t = (D - d)/2$; d - диаметр отверстия под зенкерование.

Числовые значения постоянной C и показателей степени даны в табл.4.13. Рекомендуемая стойкость зенкеров обычно находится в пределах от 30 до 60 мин.

Таблица 4.13

Значения коэффициента C и показателей степени в уравнении расчета скорости резания при зенкеровании

Обрабатываемый материал (твердость)	Материал режущей части инструмента	C	q	x	y	m
Сталь конструкционная $S_b < 750$ МПа	P18	16,3	0,3	0,2	0,5	0,3
	T15K6	18,0	0,6	0,2	0,3	0,25
Сталь конструкционная (HRC 49 - 54)	T15K6	10,0	0,6	0,3	0,6	0,45
Чугун серый (HB 190)	P18	18,8	0,2	0,1	0,4	0,125
	BK6	105,0	0,4	0,15	0,45	0,4
Чугун ковкий (HB 150)	P18	27,9	0,2	0,1	0,4	0,125
	BK8	143	0,4	0,15	0,45	0,4
Алюминиевые сплавы	P18	80	0,3	0,2	0,5	0,3
Медные сплавы	P18	50	0,2	0,1	0,4	0,125

4.4. Режимы резания при развертывании

Подачу S для цилиндрических разверток устанавливают в зависимости от диаметра развертки D по табл.4.14.

Значения подачи S (мм/об) более точно можно рассчитать по формуле:

$$S = C \cdot D^{0.7},$$

в которой значения C берутся по табл.4.15, а D - диаметр обрабатываемого отверстия.

Таблица 4.14

Подачи S , мм/об, при развертывании отверстий

Диаметр развертки D , мм	Развертки		
	из быстрорежущей стали		из твердого сплава
	Обрабатываемый материал		
	сталь конструкционная	алюмин. и медные сплавы	сталь
< 10	0,5 - 0,8	1,4-2,2	0,8 - 1,2
10 - 15	0,6 - 0,9	1,5 - 2,4	
15 - 20	0,7 - 1,0	1,7 - 2,6	
20 - 25	0,6 - 1,1	1,9 - 2,7	1,0 - 1,3
25 - 30	0,8 - 1,2	2,0 - 3,1	

Примечания. 1. Приведены данные для обработки сквозных отверстий. При развертывании глухих отверстий рекомендуются подачи 0,2 - 0,5 мм/об.

2. При обработке закаленной стали развертками с пластинками из твердого сплава рекомендуются подачи 0,2 - 0,5 мм/об.

Скорость резания при развертывании определяют по формуле:

$$V = \frac{C \cdot D^q \cdot k}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}.$$

В этой формуле k - общий поправочный коэффициент, учитывающий условия обработки, $k = k_{mv} k_{uv}$ (числовые значения k_{mv} и k_{uv} см. в табл.2.13 и 2.15). Значения коэффициента C и показателей степени приведены в табл.4.15, а рекомендуемые значения стойкости разверток - в табл.4.16.

Таблица 4.14

Числовые значения коэффициента C к формуле расчета подач при развертывании

Обрабатываемый материал	Твердость $HВ$	Группа подач, определяемая технологическими факторами		
		I	II	III
Сталь конструкционная	<160	0,20	0,15	0,10
	160 - 240	0,16	0,12	0,08
	>240	0,12	0,09	0,06
Чугун	<170	0,33	0,25	0,16
	>170	0,20	0,15	0,10
Цветные сплавы	<180	0,20	0,15	0,10
	>180	0,33	0,25	0,16

Примечания. I группа подач - для предварительного развертывания отверстий после сверления или зенкерования.

II группа - для чистового развертывания по 5-б квалитетам.

III группа - для чистового развертывания под полирование.

Таблица 4.15

Значения коэффициента C и показателей степени в формуле скорости резания при развертывании

Обрабатываемый материал (твердость)	Материал режущей части инструмента	C	q	x	y	m
Сталь конструкционная $s_b < 750$ Мпа	P18	10,5	0,3	0,2	0,65	0,4
	T15K6	100,6	0,3		0,65	0,7
Сталь конструкционная (HRC 49 – 54)	T15K6	14,0	0,4	0,75	1,05	0,85
Чугун серый (HB 190)	P18	15,6	0,2	0,1	0,5	0,3
	BK6	109	0,2		0,5	0,45
Чугун ковкий (HB 150)	P18	23,2	0,2	0,1	0,5	0,3
	BK8	146	0,2		0,5	0,45

Таблица 4.16

Средние значения периода стойкости T , мин, разверток

Обрабатываемый материал	Материал инструмента	Диаметр развертки D , мм				
		6-10	11-20	21-30	31-40	41-50
Сталь конструкционная	Быстрорежущая сталь	--	40	60	80	120
	Твердые сплавы	20	30	50	70	90
Чугун, медные и алюминиевые сплавы	Быстрорежущая сталь	--	60	100	120	180
	Твердые сплавы	--	45	65	105	135

5. РЕЗЬБОНАРЕЗАНИЕ

5.1. Конструктивное исполнение метчиков, плашек и резьбовых резцов

Нарезание внутренних и наружных резьб на деталях машин и приборов осуществляется с помощью резьбовых резцов, метчиков, плашек, резьбонарезных головок, шлифовальных кругов, резьбонарезных гребенок.

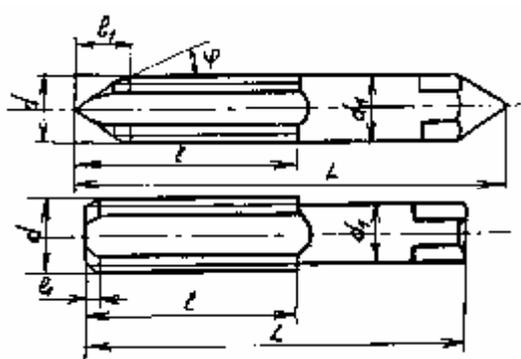
Резьбовые резцы используют в мелкосерийном производстве для нарезания наружных и внутренних резьб. Нарезание полного профиля резьбы производится за несколько черновых и завершающего чистового проходов. На режущей части резьбовых резцов имеются две режущие кромки, расположенные в плане друг относительно друга под углом профиля резьбы. Резьбовые резцы изготовляют из углеродистой стали У12А, быстрорежущей стали P18 и P6M5, а также оснащают напайными пластинками из твердых сплавов T15K6 и BK8.

Резьбовые гребенки предназначены для нарезания полного профиля резьбы за один проход. Однако применять их возможно лишь в том случае, когда конфигурация детали допускает полный выход гребенки из нарезаемой резьбы.

Метчики (табл.5.1) предназначены для нарезания внутренних резьб и являются основным резьбообразующим инструментом для нарезания внутренних резьб размера от М16 и менее. Конструктивно метчики представляют собой винт с прорезанными вдоль оси тремя или более стружечными канавками. Пересечение боковых сторон стружечных канавок с винтовой поверхностью резьбы образует режущие профили. Машинно-ручные метчики нарезают резьбы в сквозных отверстиях и за счет реверса - в глухих отверстиях. Гаечные метчики не допускают реверса и нарезают резьбу только в сквозных отверстиях на проход.

Таблица 5.1

Метчики машинно-ручные для нарезания метрической резьбы по ГОСТ 3266-71 и
трубной резьбы по ГОСТ 6357-52



Номинал резьбы	d ,мм	L ,мм	l ,мм	l_1 ,мм	d_1 ,мм
M3	3	40	16	1	4
M4	4	45	18	1,4	5
M5	5	50	20	1,6	6
M6	6	50	20	2	6
M8	8	60	25	2,5	6
M10	10	60	25	3	7,5
M12	12	70	30	3,5	9
M16	16	80	35	4	10
1/4"	6,350	50	20	2,5	6,5
5/16"	7,938	60	25	2,8	6,5
3/8"	9,525	60	25	3,2	7
1/2"	12,70	70	30	4,2	9
3/4"	19,05	90	40	5,1	15

Примечания. 1. Размер l_1 указан для чистовых метчиков в комплекте.

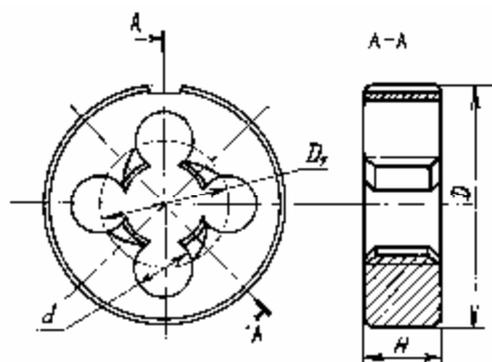
2. Для черновых метчиков $\varphi = 5,5 - 18^0$, для чистовых $\varphi = 17 - 22^0$

Изготавливают метчики из качественной углеродистой стали У10А и У12А, быстрорежущей стали Р16, Р6М5 и Р9Ф5.

Плашки (табл.5.2) применяют на револьверных станках и автоматах для нарезания наружных резьб всех видов. Изготавливают плашки из углеродистой стали У10А и У12А, а также из низколегированной инструментальной стали 9ХС и ХВГ.

Таблица 5.2

Плашки для нарезания метрической (ГОСТ 9740-71) и трубной резьбы (ГОСТ 6357-73)



Номинал резьбы	$D, \text{мм}$	$H, \text{мм}$	$d_1, \text{мм}$	$d, \text{мм}$	z
M2	12	3	4,9	3,0	3
M3	20	5	8,5	5,8	3
M4	20	5	8,5	5,8	3
M5	20	5	9,4	6,0	3
M6	20	7	9,8	5,5	4
M8	25	9	11,3	6,0	4
M10	30	11	14,0	7,5	4
1/4"	20	7	9,8	6,0	3
5/16"	25	9	11,3	6,0	4
3/8"	30	11	14,0	7,5	4
1/2"	38	14	23,5	12	4

5.2. Режимы резания при нарезании резьбы

Выбор того или иного метода нарезания резьбы и тем самым вида резьбонарезного инструмента и режимов резания определяется заданной точностью и качеством поверхности резьбы, конфигурацией детали и номиналами резьбы, требованиями обеспечения высокой производительности обработки. В табл.5.3 приводятся сведения по достижимой точности и шероховатости поверхности резьбы для различных способов резьбонарезания.

Таблица 5.3

Точность и качество поверхностей различных методов резьбонарезания

Резьбонарезной инструмент	Класс точности	Параметры шероховатости
Резьбовые резцы:		
наружные резьбы	4h, 6h, 6g, 6e, 6d	$R_a 2,5 - 0,65$
внутренние резьбы	4H5H, 5H6H, 6H	$R_z 10 - R_a 1,25$
Метчики	6H, 8G, 7H, 7G	$R_z 20 - R_a 1,25$
Плашки	6h, 6g, 8h, 8g	$R_z 40 - R_a 2,5$
Резьбонарезные головки	6h, 8g	$R_z 20 - R_a 2,5$

При нарезании резьбы резьбовыми резцами к режимным параметрам относятся скорость резания и число проходов. Понятие число проходов эквивалентно в данном случае понятию подача. Удаление материала впадины профиля резьбы может осуществляться по различным схемам. Чаще всего при использовании резьбовых резцов и нарезании резьб с шагом $P < 2,5$ мм используется профильная схема, когда резец подается при каждом проходе в радиальном направлении на некоторую часть высоты профиля, а траектория движения вершины резца при каждом проходе проходит по оси симметрии впадины профиля.

Левая и правая режущие кромки резца срезают при этом слои равной толщины. Окончательный профиль резьбы формируется на последнем проходе обеими кромками, работающими практически в равных условиях резания. Значения режимных параметров при резьбонарезании в основном определяются физико-механическими свойствами обрабатываемых материалов и параметрами нарезаемой резьбы. Рекомендации по установлению режимных параметров приведены в табл.5.4.

При проведении расчетов с целью получения более точных значений режимных параметров можно использовать формулы следующего вида:

$$M = \frac{C_v \cdot i^x}{T^m \cdot P^y} \cdot k_v \text{ при использовании твердосплавных резцов}$$

$$M = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot P^y} \cdot k_v \text{ при использовании быстрорежущих резцов,}$$

где i - число проходов, можно взять из табл.5.4; T - стойкость резца (обычно в данном случае назначается $T = 60$ мин); P - шаг нарезаемой резьбы; t - условное значение глубины резания, равное радиальной подаче на один проход резца, мм; $t = h/i$ (h - высота профиля нарезаемой резьбы); k_v - общий поправочный коэффициент, учитывающий отличные от табличных условия резания,

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{uv} \cdot k_{cv}.$$

Значения k_{mv} и k_{uv} , как и при токарном обтачивании, берутся из табл.2.13 и 2.15; k_{cv} - коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы, равен 1,0, если резьба нарезается черновым и чистовым резцами, и равен 0,75, если резьба нарезается одним чистовым резцом.

Значения коэффициента C_v и показателей степени берутся по табл. 5.5.

Таблица 5.4

Рекомендуемые скорость резания и число проходов при нарезании резьбы резцами

Обрабатываемый материал	Инструментальный материал	Скорость резания V , м/мин			Число проходов i		
		$P = 1$	$P = 1,5$	$P = 2,5$	$P = 1$	$P = 1,5$	$P = 2,5$
Сталь конструкционная: $S_b < 750$ МПа $S_b > 750$ МПа	Б/режущая сталь	20 - 40	20 - 40	20 - 40	2 - 3	3 - 4	5 - 6
	Твердые сплавы	80 - 120	80 - 100	70 - 90	1 - 2	2 - 3	3 - 4
	Б/режущая сталь	20 - 25	20 - 25	20 - 25	3 - 4	4 - 5	7 - 8
	Твердые сплавы	65 - 90	64 - 80	60 - 70	1 - 2	2 - 3	4 - 5
Нержавеющая сталь	Б/режущая сталь	6 - 10	6 - 8	5 - 7	2 - 3	3 - 4	5 - 6
	Твердые сплавы	20 - 40	20 - 30	18 - 25	1 - 2	2 - 3	3 - 4
Бронза, латунь, чугуны	Б/режущая сталь	20 - 40	20 - 40	25 - 40	3 - 4	4 - 5	7 - 8
	Твердые сплавы	40 - 50	45 - 55	45 - 60	2 - 3	2 - 3	4 - 5

Таблица 5.5

Значения коэффициента C_v и показателей степени в формулах расчета скорости резания при нарезании резьбы резцами

Обрабатываемый материал	Материал инструмента	Характер обработки	C_v	x_v	y_v	m
Сталь конструкционная $S_b < 750$ МПа	T15K6	--	244	3,23	0,30	0,2
	P18	Черновые проходы $P < 2,0$	14,6	0,70	0,30	0,11
		Черновые проходы $P > 2,0$	30	0,60	0,25	0,08
		Чистовые проходы	41,6	0,45	0,30	0,13
Серый чугун HB < 190	BK6	--	63	0,45	0	0,33

Рекомендуемые скорости резания при работе круглыми плашками представлены в табл.5.6.

Таблица 5.6

Скорости резания круглыми плашками различных материалов

d , мм	P , мм	Сталь $S_b = 670-750$ МПа		Алюминиевые сплавы		Латунь и бронза	
		V , м/мин	n , об/мин	V , м/мин	n , об/мин	V , м/мин	n , об/мин
4	0,7	2,3	183	10,2	814	7,6	603
6	1,0	2,45	130	10,8	573	8,1	430
8	1,25	2,65	105	11,7	465	8,8	350
10	1,5	2,75	87	12,3	392	9,2	293
12	1,75	2,85	76	12,8	340	9,6	254
16	2,0	3,45	69	15,3	304	11,5	229
20	2,5	3,45	55	20,0	318	15,0	238
24	3,0	3,45	46	15,3	203	11,5	153

В зависимости от шага резьбы при нарезании мелких резьб, эти данные корректируются коэффициентом k_p , который при шаге 0,2-0,4 мм равен 2,0; при шаге 0,5-0,6 мм – 1,5; а при шаге 0,7-1,0 мм – 1,0.

Более точно скорость резания при резании круглыми плашками определяется по формуле

$$V = \frac{C_v \cdot d^{1,2}}{T^{0,5} \cdot P^{1,2}},$$

где $C_v = 2,7$ (для углеродистой конструкционной стали); $C_v = 9$ (для латуни); $C_v = 12$ (для алюминиевых сплавов); d – номинальный диаметр резьбы, мм; P – шаг резьбы, мм; T – стойкость плашек, которая выбирается в пределах 60-90 мин.

При нарезании резьбы метчиками рекомендуемая скорость резания определяется по формуле

$$V = V_{табл} \cdot k_{\sigma},$$

в которой значения $V_{табл}$ берутся из табл.5.7, а поправочный коэффициент k_{σ} , учитывающий свойства обрабатываемого материала равен:

- для стали углеродистой нормализованной и улучшенной – 1,0 и 0,85;
- для стали легированной и нержавеющей – 0,9 и 0,3;
- для серого чугуна и бронзы – 0,80;
- для латуни и алюминиевых сплавов – 1,2 и 1,3, соответственно.

Таблица 6.7

Скорость резания $V_{табл.}$, м/мин, при нарезании резьбы метчиками

d , мм	Шаг резьбы P , мм						
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	3,0
3-6	6	7	8	-	-	-	-
8 - 10	7	8	9	9	10	-	-
12 - 16	8	9	10	10	11	11	-
18 -24	9	10	11	-	13	13	12
27 и более	-	11	12	-	14	13	13

Основное технологическое время для различных методов резьбонарезания рассчитывается по следующим уравнениям:

$$t_0 = (l_d + l_1 + f) \cdot i / n \cdot P \text{ - для резьбовых резцов;}$$

$$t_0 = (l_d + l_p) / n \cdot P \text{ - для метчиков в сквозных отверстиях;}$$

$$t_0 = (l_d - l_p) / n \cdot P \text{ - для метчиков в глухих отверстиях и плашек,}$$

где l_d - длина нарезаемой резьбы на заготовке; l_1 - недобег резца (путь резца на рабочей подаче до начала резания вершиной резца), $l_1 = 0,5 P + 2$; f - ширина выточки для выхода резьбового резца; n - частота вращения обрабатываемой детали или инструмента; P - шаг нарезаемой резьбы, мм.

6. ШЛИФОВАНИЕ

6.1. Характеристики и маркировка абразивного инструмента

Абразивные инструменты, с помощью которых производится шлифование деталей, представляют собой достаточно сложные композиты, в состав которых входят режущие зерна из твердых и сверхтвердых материалов, связки и наполнители.

В качестве материалов абразивных зерен используются электрокорунд нормальный (обозначается 12А, 13А...16А), электрокорунд (22А...25А), электрокорунд легированный (хромистый 32А...34А, титанистый 37А, циркониевый 36А), монокорунд (43А...45А), карбид кремния черный (53С...55С), карбид кремния зеленый (63С, 64С), кубический нитрид бора (альбор - ЛО и ЛП), синтетический алмаз (АС).

Абразивные зерна по зернистости (размеру зерна) подразделяются на следующие группы: шлифзерно 200...16 размером 2500 - 160 мкм; шлифпорошки 12...4 размером 160-40 мкм; микропорошки М63...М1 размером 63 - 1,0 мкм.

Твердость абразивного инструмента характеризуется его свойством сопротивляться нарушению сцепления между зернами и связкой. По степени твердости абразивные инструменты разделяются на мягкие (М1 и М2), среднемягкие (СМ1 и СМ2), средние (С1 и С2), среднетвердые (СТ1, СТ2 и СТ3), твердые (Т1 и Т2), весьма твердые (ВТ1 и ВТ2) и чрезвычайно твердые (ЧТ1 и ЧТ2).

Структура абразивного инструмента характеризуется соотношением объемов шлифо-вальных зерен, связки и воздушных пор в массе инструмента. Структуры разделяются на плотные (номера 0...3), средние (4...8), открытые (9...12) и очень открытые (13...20).

Связка в абразивных инструментах необходима для соединения абразивных зерен в единый монолит и определяет его твердость и прочность. Применяемые для изготовления абразивных инструментов связки подразделяют на три группы: органические - бакелитовые (Б1, Б2, Б3) и вулканитовые (В1, В2, В3), минеральные - в основном керамические (К1, К2,...К8) и металлические.

Форма и размеры абразивных кругов стандартизованы (см. табл.6.1). Основные размеры кругов: наружный D и внутренний d диаметры, высота H .

Все перечисленные выше характеристики абразивного круга, а также допустимая окружная скорость, классы точности и неуравновешенности, включаются в маркировку, которая наносится на нерабочую поверхность круга и должна быть указана в технологической документации. Пример условного обозначения круга плоского прямого профиля размером 300x20x127 из электрокорунда белого марки 24А, зернистостью 25, твердостью СТ2, структурой 6 на керамической связке К1, рассчитанного на допустимую окружную скорость 35 м/с, класса точности А и класса неуравновешенности 1 кл:

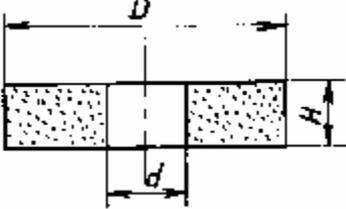
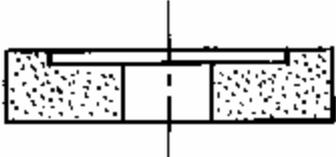
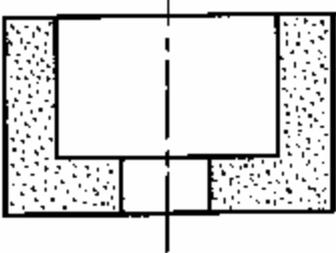
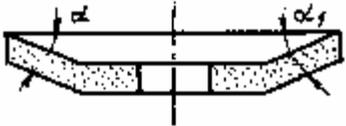
ПП 300x20x127 24А 25 СТ2 6К1 35 м/с А 1 кл

Кроме того, в маркировке может быть указан завод-изготовитель.

Наиболее широкое применение в машино- и приборостроении находят круги из электрокорунда и карбида кремния по ГОСТ 2424-83, алмазные круги по ГОСТ 16167-80, 16172-80Е, эльборовые круги по ГОСТ 17123-79Е и др.

Таблица 6.1

Абразивные инструменты по ГОСТ 2424-75

Тип круга	Обозначение	Форма сечения	Размеры
Плоский прямого профиля	ПП		$D = 3-1060$; $d = 1-305$; $H = 1-250$ $D = 3-50$ для внутреннего круглого шлифования $D = 100-250$ для наружного плоского и круглого шлифования $D > 300$ для бесцентрового шлифования
Плоский с выточкой 2-хсторонней	ПВ (ПВД)		$D = 10-600$ $d = 3-305$ $H = 13-100$
Чашечный цилиндрический (конический)	ЧЦ (ЧК)		$D = 40-300$ $d = 13-127$ $H = 25-100$ $\alpha = 50; 68; 70; 80^\circ$
Тарельчатый	Т		$D = 80-350$ $d = 13-127$ $H = 8-40$ $\alpha = 15-45^\circ$; $\alpha_1 = 7-10^\circ$
Плоский с 2-хсторонним коническим профилем	2П		$D = 250-500$ $d = 76-203$ $H = 8-32$ $\alpha = 40-60^\circ$

Выбор характеристики круга определяется схемой обработки, требованиями к качеству обработанной поверхности, материалом обрабатываемой детали и его физико-механическими свойствами. В табл.6.2 приводятся некоторые рекомендации по выбору шлифовального круга.

Таблица 6.2

Рекомендации для выбора характеристик шлифовальных кругов

Схема шлифования	R_a , мкм	Углеродистая и легиров. сталь		Жаропрочная и нержав. сталь	Бронза и чугун
		$HRC < 30$	$HRC > 50$		
Наружное круглое с продольной подачей	$R_z 20 - 10$	15A50C1K	15A500PK	15A50CM1BK	54C50CM1K
	2,5 - 1,25	15A40C2K	15A50CM2K	15A50CMГBK	54C50CM1K
	1,25 - 0,63	24A40CT1K	24A40CM2K	24A40CM2BK	63C40CM2K
	0,63 - 0,32	24A16CT1K	24A16C1K	24A16CM2BK	63C16CM2K

Наружное круглое с ра- диальной по- дачей	R_z 20 - 10	15A50C2K	15A50CM2K	15A50CM2BK	54C50CM2K
	2,5 - 1,25	15A40CT1K	15A50CM2K	15A50CM2BK	54C40CM2K
	1,25 - 0,63	24A40CT1K	24A40C1K	24A40C1BK	63C40C1K
	0,63 - 0,32	24A16CT2K	24A16C2K	24A16C1BK	63C16C1K
Внутреннее круглое	R_z 20 - 10	24A50C1K	24A50CM2K	24A50CM1KB	54C50CM1K
	2,5 - 1,25	24A40C2K	24A40CM2K	24A40CM2KB	54C40CM2K
	1,25 - 0,63	24A25C2K	24A25C1K	24A25C1KB	63C25CM2K
	0,63 - 0,32	24A16CT1K	24A16C2K	24A16C1KB	63C16C1K
Плоское	R_z 20 - 10	15A50CЫ2K	15A50M3K	15A50M3KB	54C50CM2K
	2,5 - 1,25	15A40CM2K	15A40M3K	15A40M3KB	54C40CM2K
	1,25 - 0,63	15A25C1K	15A25CM1K	15A25CM1KB	63C25C1K
	0,63 - 0,32	15A16C1K	15A16CM1K	15A16CM1KB	63C16C1K
Бесцентровое с продольной подачей	R_z 20 - 10	15A50C2K	15A50CM2K	15A50CM2BK	54C50CM2K
	2,5 - 1,25	15A50CT1K	15A50CM2K	15A50CM2BK	54C50CM2K
	1,25 - 0,63	24A40CT1K	24A40C1K	24A40C1BK	63C40C1K
	0,63 - 0,32	24A16CT2K	24A16C2K	24A16C1BK	63C16C2K

6.2. Рекомендации по назначению режимов резания при шлифовании

Разработку режимов резания при шлифовании следует начинать с установления характеристики абразивного инструмента. Для этого необходимо воспользоваться рекомендациями табл.6.1 и 6.2.

К основным элементам режима резания при шлифовании относятся:

- окружная скорость рабочего круга V_k (м/с), которая для абразивных кругов должна быть меньше максимально допускаемой прочностью круга, но в то же время отличаться от нее незначительно;

- скорость вращательного или поступательного движения детали V_d (м/мин);

- глубина шлифования t (мм) - слой металла, снимаемый периферией или горцем круга за один полный проход обрабатываемой поверхности. При плоском шлифовании значение t определяется вертикальной подачей $S_{верт}$, а при круглом и бесцентровом шлифовании - величиной радиальной подачи $S_{рад}$;

- продольная подача $S_{прод}$ - перемещение шлифовального круга в направлении его оси в миллиметрах на один оборот детали при круглом шлифовании или в миллиметрах на каждый ход стола при плоском шлифовании периферией круга (обычно за счет поперечного движения стола).

Рекомендации по выбору элементов режима резания при шлифовании приведены в табл.6.3. Выбрав по табл.6.1 форму абразивного круга, установив его габаритные размеры и приняв рекомендованные по табл.6.3 значения скорости резания зернами абразивного круга, по формуле

$$n = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_k}{\pi \cdot D}$$

определяют ожидаемую частоту вращения шпинделя шлифовальной бабки. Сопоставив полученное значение с паспортными данными станка, выбирают ближайшее меньшее значение частоты вращения и затем обратным пересчетом устанавливают скорость резания, с которой будет производиться шлифование. При значительных отклонениях ожидаемых частот вращения от паспортных данных возможна соответствующая корректировка выбранного вначале диаметра шлифовального круга.

Таблица 6.3
Рекомендуемые режимы шлифования при обработке конструкционных металлов

Схема шлифования и характер обработки	Скорость круга V_k , м/с	Скорость детали V_d , м/мин	Глубина шлифования t , мм	Продольная подача S , мм/об
Круглое наружное: предварительное окончательное	30-35	12-25	0,01-0,025	(0,3-0,7) B
	30-35	15-55	0,005-0,015	(0,2-0,4) B
Круглое внутреннее: предварительное окончательное	30-35	20-40	0,005-8,02	(0,4-0,7) B
	30-35	20-40	0,0025-0,01	(0,25-0,4) B
Круглое бесцентровое: предварит-ное <20 мм предварит-ное >20 мм окончательное	30-35	20 -120	0,02 - 0,05	0,5 – 3,8*
	30-35	20 -120	0,05 - 0,2	0,5 - 3,8*
	30-35	40 -120	0,0025-0,01	1,2 - 2,0*
Плоское: предварительное периферией круга предварительное торцом круга окончательное торцом круга	30-35	6-30	0,015 - 0,04	(0,4-0,7) B^{**}
	20-30	4-5	0,03 - 0,04	--
	25-35	2-3	0,01 - 0,02	--

Примечание. B – ширина абразивного круга, мм.

* Размерность м/мин.

** Размерность мм/ход.

Основное технологическое время при круглом шлифовании определяется по формуле

$$t_0 = 2 \cdot (l_3 + l_1 + B + l_2) \cdot \delta / S_{\text{прод}} \cdot t'$$

где l_3 - длина обрабатываемой поверхности на заготовке, мм; l_1 и l_2 - длина перебега соответственно с правой и левой стороны шлифовального круга, мм, B - ширина шлифовального круга, мм; d - припуск на шлифование, мм. Значения перебегов l_1 и l_2 обычно составляют 3 - 5 мм.

При плоском шлифовании основное технологическое время определяется по формуле

$$t_0 = \frac{2 \cdot (l_3 + l_1 + B + l_2) \cdot (B_3 + B + b_1 + b_2) \cdot \delta}{S_{\text{прод}} \cdot V_d \cdot t},$$

где l_3 - размер заготовки в направлении оси шлифовального круга; b_1 и b_2 - перебеги шлифовального круга относительно детали при подаче, направленной вдоль оси круга. Значения b_1 и b_2 составляют 3 - 5 мм. Значения перебегов l_1 и l_2 при плоском шлифовании составляют 15 - 20 мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Краткий справочник металлиста /Под общ. ред. П.Н.Орлова, Е.А.Скороходова.- М.: Машиностроение, 1986.- 960 с.
2. Блюмберг В.А., Зарецкий Е.И. Справочник фрезеровщика. - Л.: Машиностроение, 1964. - 266 с.
3. Справочник технолога-машиностроителя /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова.- М.: Машиностроение, 1985, т.2. - 495 с.
4. Справочник технолога-приборостроителя /Под ред. П.В.Сыроватченко.- М.: Машиностроение, 1980, т.1.- 606 с.
5. Режимы резания металлов. Справочник /Под ред. Ю.В.Барановского.- М.: Машиностроение, 1972.- 407 с.
6. Блюмберг В.А., Зарецкий Е.И. Справочник токаря.- Л.: Машиностроение, 1981.- 266 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
КАФЕДРА СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г.М.Шахлевич, В.А.Бурский, А.А.Костюкевич, И.В.Свадковский

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к курсовому проектированию
по дисциплине
«ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»

для студентов специальности
Т 08.03.00 “Электронно-оптическое аппаратостроение”
В 2-частях

Часть 2
**ТЕХНОЛОГИЯ И ОСНАСТКА ХОЛОДНОЙ ЛИСТОВОЙ
ШТАМПОВКИ**

Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве
учебного пособия для студентов специальностей “Проектирование и
производство РЭС”, “Проектирование и технология ЭВС” “Медицинская
электроника” “Электронно-оптическое аппаратостроение” высших
учебных заведений

Минск 2001

РЕЦЕНЗЕНТЫ

Ю.В.Карпилович, ведущий специалист ГП МПО ВТ, лауреат
Ленинской и Государственной премии СССР, к.т.н., профессор
С.М. Дзержинский, декан высшего колледжа связи, к.т.н., доцент

Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Технология обработки материалов». Для студентов специальности Т 08.03.00 «Электронно-оптическое аппаратостроение»: В 2-х ч. Ч. 2: Технология и оснастка холодной листовой штамповки. Сост: Г.М.Шахлевич, В.А.Бурский, А.А.Костюкевич, И.В.Свадковский - Мн.: БГУИР, 2001.- 63 с.

Работа содержит необходимые общие сведения по технологии холодной листовой штамповки, справочные данные по наиболее широко используемым при штамповке материалам и их технологическим свойствам, основным разделительным и формообразующим операциям, конструкции типовых деталей и штампов. Материалы пособия должны обеспечить выполнение курсового проекта, связанного с разработкой ГП штамповки типовых деталей конструктивной базы электронно-оптической аппаратуры, проектированием штампов, их расчетом и графическим исполнением сборочного чертежа и детализовок.

Приведены значения справочные данные, позволяющие производить основные технологические и конструкторские расчеты.

Методические указания могут быть использованы при изучении родственных курсов по другим специальностям и в дипломном проектировании.

ББК32/88 я 73

УДК 658.512

© Составление. Г.М.Шахлевич,
В.А.Бурский,
А.А.Костюкевич,
И.В.Свадковский

2001

СОДЕРЖАНИЕ

1. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ	52
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШТАМПУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ	59
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ.....	62
3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	62
3.2. ВЫБОР ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ. РАСКРОЙ МАТЕРИАЛА	65
3.3. РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ.....	67
3.4. ФОРМООБРАЗУЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ	71
4. ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТО. НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ.....	79
4.1.ВЫБОР ШТАМПА	79
4.2. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ	81
4.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ШТАМПОВКИ	82
4.4. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШТАМПОВ	84
4.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЯ И РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ШТАМПА	90
4.6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОНОВКИ И ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПА.....	98
5. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ШТАМПОВ.....	102
5.1. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ	102
5.2. ДЕТАЛИРОВКИ	104
. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ	109
Приложение 1 109	
Приложение 3 110	
Приложение 4 111	
Приложение 5 114	
Приложение 6 114	
Приложение 7 115	

Курсовой технологический проект может иметь тематику, связанную с разработкой технологического процесса и оснастки для изготовления деталей методом холодной листовой штамповки. Такие детали широко используются в конструкциях приборных устройств и элементов конструктивной базы электронно-оптической аппаратуры. Результат проектирования – технологический процесс изготовления детали, сборочные чертежи одного или двух штампов.

В пояснительной записке необходимо проанализировать технологичность конструкции детали, разработать технологический процесс ее изготовления, выполнить требуемые расчеты штампов, выбрать необходимое оборудование, провести нормирование операции штамповки и оформить комплект технологических документов.

Процессы обработки давлением в холодном состоянии отличаются высокой производительностью, относительно малой трудоемкостью, обеспечивают экономное расходование материала. Холодная листовая штамповка – один из методов этого класса. По сравнению с горячей штамповкой она имеет ряд преимуществ: отсутствуют энергоемкие операции нагрева, поверхность металла не окисляется, изделия имеют более высокую точность размеров и качество поверхности. В отличие от обработки резанием холодная штамповка позволяет значительно сократить расход металла, уменьшить трудоемкость и повысить производительность, за счет деформационного упрочнения детали получаются более легкими и износостойкими. Для нее присуще также ограниченная номенклатура и простота эксплуатации оборудования, широкие возможности механизации и автоматизации процессов, низкая квалификация рабочих и др. Однако фактор высокой стоимости оснастки (штампов) предъявляет жесткие требования к качеству разработки технологического процесса и типу производства. Наибольшее применение этот метод находит в серийном и массовом производстве [1– 4].

Все операции холодной листовой штамповки можно разделить на формоизменяющие – гибка, вытяжка, отбортовка, листовая чеканка, правка и др. и разделительные – отрезка, вырубка, пробивка, подрезка, обрезка и др. Отдель-

ными группами можно считать комбинированные и штамповочные операции [2, 4].

Виды штамповочных операций, их количество и последовательность выполнения устанавливаются исходя из геометрической формы, заданной точности размеров и качества поверхности детали. При вырубке и пробивке можно изготавливать детали и заготовки толщиной до 20 мм 8–9-го квалитетов точности, с шероховатостью поверхности среза $R_z = 3,2-1,6$ мкм. Для обеспечения более высокой точности деталей, особенно сложной формы, выполняют операции зачистки, которые обеспечивают точность размеров деталей до 6-го квалитета, $R_a = 2,5-0,63$ мкм для стальных деталей и $R_a = 0,63-0,32$ мкм – для деталей из цветных металлов и сплавов. При гибке можно получить детали с точностью размеров до 7–8-го квалитетов; при вытяжке - точность размеров до 7–9-го квалитета, $R_a = 0,32-0,08$ мкм [4 – 6].

В данном пособии рассматриваются основные наиболее широко используемые в отрасли разделительные и формообразующие операции. Методика некоторых расчетов не приводится, а даются ссылки на соответствующие литературные источники.

1. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

В качества исходного заготовок используются различные металлические и неметаллические материалы, обладающие достаточной пластичностью, в виде листа, полосы или ленты. Сортамент наиболее часто используемых для изготовления деталей штамповкой материалов и их основные механические свойства приведены в табл. 1.1 [4, 7, 8].

Таблица 1.1

Сортамент и основные механические свойства штампуемых материалов

М а т е р и а л	Размеры листа, полосы, ленты, мм			Механические свойства	
	Толщина S , мм	Длина L , мм	Ширина B , мм	Прочность при растя- жении σ_B , МПа	Сопротивле- ние срезу t_{CP} , МПа
1	2	3	4	5	6
Сталь тонколисто- вая углеродистая конструкционная ГОСТ 9045-70 0,8кп; 10кп 15кп; 20 35; 10Г2А 30ХГСА; 45 Листы	0,2; 0,25; 0,3 0,4; 0,5; 0,6 0,7; 0,8; 0,9 1,0; 1,1; 1,2 1,4; 1,6; 1,8 2,0; 2,2; 2,5 2,8; 3,0; 3,2 3,5; 4,0	1200 1400 1420 1500 1800 2000 3000	600, 670 400, 2800 600, 670, 710 750, 800, 900, 1000 900 600, 670, 710, 750, 800, 900, 1000 1400	280 – 330 300 – 400 450 – 600 550 – 750	220 – 260 240 – 300 360 – 480 440 – 560
Лента стальная низкоуглеродистая холодной прокатки ГОСТ 503-71 М; ПН; Н	0,05; 0,06; 0,08 0,10; 0,12; 0,15 0,18; 0,2; 0,22 0,25; 0,28 от 0,3 до 1,95	до 4000	от 4 до 20 с шагом 1 мм для толщин до 0,4 мм от 20 до 40 с шагом 2 мм	350 – 500 420 – 600	280 - 400 330 - 480
Лента стальная хо- лодной прокатки конструкционная ГОСТ 19904-74 15; 20; 25; 45	через 0,05 мм от 2 до 3,6 через 0,1 мм			450 – 800 500 – 850 550 – 600 770 – 1050	360 – 640 400 – 680 440 – 720 560 – 840
Листы и полосы ла- тунные ЛС59-1; Л68; Л65 ГОСТ 931-70	0,4-1,0 через 0,1 мм 1,5; 1,8; 2,0	Листы: 1500x600; 1410x710; 1000x2000; Полосы: ширина от 40 до 500		240 – 350	240 – 280
Ленты латунные Л68; Л63; ЛС 59-1 ГОСТ 2208-70	0,05–0,10 через 0,01 мм; 0,12, 0,15, 0,18, 0,2	20 м для толщины до 0,5	До 175 для толщины 0,05-0,09	300 – 380	240 - 300

Ленты медные М1; М2; М3 ГОСТ 1173-70	от 0,25 до 1,0 через 0,05 мм от 1,1 до 2,0 через 0,1 мм	10 м для толщины до 1,0; 7 м - до 2,0	до 20 для толщины 0,5-2,0	210 –300	170 - 240
Листы, полосы алюминевые А0; А1; А2; А3; А5; А0-1; Д1; Д16 и т.п. ГОСТ 13726-68	0,3; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,5; 3,0; 6,0; 10	2000 3000 4000	400; 500; 600 800; 1000; 1200; 1400;1500		
Полосы и ленты из бериллиевой бронзы БрБ2; БрБ2,5 ГОСТ 1789-60	0,05-0,1 через 0,01 мм; 0,12 0,15; 0,18-0,22 через 0,02 мм 0,25-0,9 через 0,05 мм; далее через 0,1 мм	1000 2000 4000	Полосы: 50; 100; 300 Ленты:10-200 толщина до 0,15 10-300 толщина 0,18-0,45	300 – 360	240 – 280
				300 – 500	
Полосы и ленты из бронз БрОф6,5-0,15; БрОЦ4-5 ГОСТ 1761-70				600 – 700	
Стеклотекстолит, в т.ч. фольгированный					120 - 150

Примечания: ленту выпускают в рулонах шириной до 2300 мм; размеры листов могут быть от 710x1420 до 2000x5000 мм;

по отдельному заказу выпускаются листы нестандартных размеров;

полосы изготавливают шириной до 200 и длиной до 2000 мм.

Из углеродистой стали обыкновенного качества групп А, Б и В штампуют детали, несущие малые нагрузки и бытовые изделия. Из качественной углеродистой стали марок 10, 15 и др. – детали с повышенными требованиями к прочности и качеству поверхности. Хорошими пластическими свойствами обладает низкоуглеродистые кипящие стали (05кп, 08кп, 10кп, 15кп и др.), однако при длительном хранении она стареет с повышением твердости и прочности и уменьшением пластичности. Это приводит к появлению в штампованных деталях поверхностных дефектов. Используя присадки и раскислители (алюминий, титан, ванадий и др.), получают нестареющие стали (08Фкп, 08Юпс и др.), из которых можно изготавливать сложные облицовочные детали [4].

Горячекатанную листовую сталь общего назначения, имеющую в состоянии поставки слой окалина, штампуют редко, поскольку окалина приводит к быстрому износу пуансонов и матриц. Декапированную (отожженную, очищенную от окалина) листовую сталь толщиной 0,25 – 3 мм получают прокаткой мягкой конверторной или мартеновской стали, отжигают и очищают (травлением) от окалина. Она хорошо штампуются и из нее изготавливают малонагру-

женные детали не предназначенные для последующего полирования хромирования или никелирования.

Холоднокатанную листовую сталь выпускают светлой без окалины. Такую сталь после горячей прокатки, отжига и очистки от окалины прокатывают в холодном состоянии до заданной толщины с промежуточным или окончательным отжигом в защитной среде.

Тонколистовую качественную углеродистую сталь по степени отделки поверхности подразделяют на четыре группы. На листах группы I с особо высокой отделкой поверхности на лицевой поверхности не допускаются дефекты. На листах группы II (высокая отделка поверхности) допускаются легкие царапины, небольшая рябизна. Листы этих групп изготавливают только холодной прокаткой. Листы группы III (повышенная отделка поверхности) могут быть как горяче-, так и холоднокатанными. На лицевой стороне листа допускаются царапины, риски, рябизна, отпечатки валков в пределах половины допуска на толщину листа. Листы группы IV с нормальной отделкой поверхности выпускаются горячекатанными. На обеих сторонах допускаются меткие поры и раковины, легкие царапины и риски, рябизна в пределах допуска на толщину листа.

По точности выполнения толщины листа сталь бывает трех групп: А – высокой точности (качественные холоднокатанные листы), Б – повышенной точности (обыкновенного качества и качественные холодно- и горячекатанные листы) и В – обычной точности (обыкновенного качества и качественные горячекатанные листы).

По способности к вытяжке в холодном состоянии различают листы групп: ВГ (для весьма глубокой вытяжки), Г (для глубокой вытяжки), Н (для нормальной вытяжки).

По степени твердости стальная низкоуглеродистая холоднокатаная лента может быть особо мягкой (ОМ), мягкой (М), полумягкой (ПМ), пониженной твердости (ПТ) и твердой (Т); по качеству поверхности – I, II и III класса; по точности изготовления – Н (нормальной точности), ВШ (повышенной точности по ширине), ВТ (повышенной точности по толщине), В (повышенной точности по ширине и толщине); по характеру кромок – НО (необрезная лента), О (обрезная лента).

Черную отожженную полированную жечь изготавливают толщиной 0,18 – 0,55 мм, а белую жечь – толщиной 0,21 – 0,55 мм. После прокатки, отжига и удаления окалина жечь дополнительно прокатывают для получения зеркальной поверхности, которую у черной жести оставляют темной, а у белой покрывают тонким слоем олова. Из черной жести штампуют тонкостенные детали бытовых изделий, подвергающиеся затем окраске. Из белой жести изготавливают консервные банки, коробки для упаковки пищевых продуктов, некоторые тонкостенные детали, поверхности которых должны быть защищены от коррозии.

Оцинкованную сталь выпускают толщиной 0,88 – 1,5 мм. Эту мягкую, очищенную от окалина сталь применяют для штамповки изделий различного назначения.

Для изготовления ответственных деталей применяют легированные конструкционные стали. Наибольшее распространение получили стали марок 10Г2А, 12Г2А, 20ХГСА, 25ХГСА и др. Эти стали обладают хорошей способностью к штамповке в отожженном состоянии и хорошо свариваются, что важно при создании штампосварных конструкций [5].

Детали с повышенной коррозионной стойкостью штампуют из коррозионно-стойких хромистых или хромоникелевых сталей (марок 12Х13, 12Х18Н9 и др.). Они обладают удовлетворительными пластическими свойствами. Помимо названных, изготавливают листовые стали специального назначения, например электротехнические, пружинные [8].

Совершенствование сортамента и повышение качества металлопродукции способствуют экономии металла. Металлургическая промышленность освоила выпуск многих новых материалов: двухслойных (в т.ч. биметаллических) и многослойных стальных листов с покрытием из пластмассы; листовой стали специального назначения и др. [4].

В приборо- и аппаратостроении вместо коррозионно- и жаростойких сталей используют холоднокатаную полосу (сталь марки 08кп), диффузионно-хромированную в вакууме. Глубина защитного слоя 30 – 100 мкм. Сталь обладает хорошими пластическими свойствами и повышенной стойкостью во многих реактивных средах при повышенной температуре. Толщина полосы 1 – 1,5 мм, ширина полосы до 320 мм [6].

Стальные полосы с полимерным покрытием (металлопласт) применяют в химической, автомобильной, пищевой, радиотехнической промышленности. Полоса с полимерным покрытием обладает высокими коррозионно- и износостойкостью, электро- и звукоизоляционными свойствами. Толщина пластмассового покрытия 0,3 мм при толщине стального листа 0,5 – 1 мм [8].

Из цветных металлов, применяемых для холодной штамповки, наиболее распространены алюминий, медь, никель, магний, титан и их сплавы [4].

Алюминий и его сплавы (дуралюмины) находят широкое применение в самолетостроении и автомобилестроении, при изготовлении различных деталей приборов, бытовых изделий и т. д. Эти материалы отличаются легкостью, пластичностью, хорошо проводят теплоту и электрический ток. Наиболее часто применяют алюминий марок А1, А2, А3, АД, АД1 и дуралюмин марок Д1, Д6, Д16.

Из медных листов и лент (марок М1, М2, М3) штампуют в основном детали электротехнической аппаратуры. Сплав меди с цинком – латунь находит применение при штамповке деталей часов, радиодеталей, посуды и др. Штампуют главным образом латуни марок Л62, Л68, Л70. Для холодной штамповки применяют также алюминиевые, бериллиевые и кадмиевые бронзы, упрочняемые термической обработкой.

Никель марок Н1, Н2, Н3 и его сплавы (мельхиор и нейзильбер) применяют для изготовления химической посуды, приборов, деталей часов, ювелирных изделий.

Магниевого сплавы отличаются легкостью, прочностью, удовлетворительной пластичностью при комнатной температуре и высокой пластичностью при нагреве до 350 – 380°С. Магний в 1,5 раза легче алюминия и в 4,5 раза легче стали. Сплавы магния марок МА1 и МА8 (повышенной коррозионной стойкости) широко применяют для штамповки самых разнообразных изделий. Из деформируемых магниевых сплавов изготавливают детали транспортных средств, электротехнического и электронного оборудования и т. д.

Титан и его сплавы, обладающие высокой прочностью при малой плотности, все шире используется в штамповочном производстве для изготовления ответственных деталей в авиационной промышленности и в ряде других отраслей. Некоторые операции штамповки титана проводят с подогревом. В основ-

ном применяют деформируемые сплавы титана марок ВТ1-1, ВТ1-00, ВТ-5, ВТ-6, ОТ4.

Неметаллические материалы используют для штамповки главным образом прокладок, изоляционных и декоративных элементов, деталей не подвергающихся большому механическому и термическому воздействию. Наибольшее применение находят пластические массы, резина, эбонит, материалы на основе бумаги (картон, фибра), материалы минерального происхождения (слюда, миканиты).

Основой пластмасс служит связующее вещество – натуральные или искусственные смолы, производные целлюлозы, белковые вещества и т. д. В это вещество добавляют наполнители, пластификаторы, красители, стабилизаторы и другие компоненты для придания пластмассе требуемых функциональных и технологических свойств. Наполнители бывают порошкообразные, волокнистые и листовые (бумага, картон, стеклянное волокно, текстиль, древесина и др.). Пластификаторы придают пластмассам пластичность, а красители – необходимую окраску. Промышленность выпускает следующие листовые материалы из пластмасс: гетинакс, текстолит, органическое стекло, винипласт, полистирол, фторопласт, полиуретан, целлулоид и др. [8, 9].

Гетинакс представляет собой прессованную бумагу, пропитанную фенолформальдегидными или эпоксидными смолами, а текстолит – это прессованные полотнища ткани, пропитанные такими же смолами. Из операций штамповки гетинакс поддается лишь вырубке, а текстолит – вырубке, а при нагреве – гибке и вытяжке.

Органическое стекло (полиметилметакрилат) – прозрачный материал отличается высокими электроизоляционными и антикоррозионными свойствами. В подогретом состоянии хорошо штампуются.

Винипласт – непрозрачный материал с высокими электроизоляционными и антикоррозионными свойствами. Штампуются только с нагревом.

Листовой целлулоид бывает технический белый, технический прозрачный, авиационный (прозрачный) и галантерейный (различного цвета). Целлулоид легко штампуются, особенно при нагреве.

Из резины штампуют главным образом прокладки и детали, необходимые для герметизации пневматических и гидравлических систем, для изоляции в

электроустройствах, для уменьшения вибраций, шумов. Из-за высокой эластичности резины ее штамповка затруднена, поэтому в основном изделия из резины вырезают.

Вулканизованная резина с большим содержанием серы образует твердый вязкий материал – эбонит, обладающий очень высокими электроизоляционными свойствами; при нагреве эбонит поддается штамповке.

Основными листовыми материалами, получаемыми на основе бумаги, являются картон и фибра. Картон прессуют из бумажной массы с последующей просушкой, а фибру получают обработкой специальной бумаги раствором хлористого цинка. Картон и фибру можно вырезать на штампах обычного типа.

Из других неметаллических материалов штампуют фетр, кожу, войлок, прессшпан и некоторые другие.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШТАМПУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материал, поступающий в цехи холодной штамповки, имеет специальный документ – сертификат, в котором завод-поставщик указывает его марку, химический состав, механические свойства, размеры листов, полос или прутков, массу партии. Перед использованием материала в производство он подвергается целому ряду проверок. К ним относятся общие проверки – установление размеров и состояния поверхности, а также при необходимости химические, металлографические, механические и технологические испытания [10, 11].

Химический анализ устанавливает соответствие химического состава данного материала требованиям ГОСТ. Металлографические исследования, т. е. исследования макро- и микроструктуры, позволяют определить способность материала пластически деформироваться. Анализ макроструктуры позволяет установить в металле наличие усадочных раковин, рыхлостей, волнистости, трещин, включений, а также определить направление волокон (что важно при гибке и других операциях) и характер среза при вырубке. Определяют размер зерен и характер структуры. По этим данным судят о штампуемости материала.

Для определения пригодности материала к той или иной обработке давлением проводят технологические испытания – пробы. Листовые материалы, предназначенные для штамповки, испытывают на срез, загиб, перегиб, пригодность к вытяжке и др. [4].

Испытанием на срез устанавливают сопротивление срезу данного материала. Эти испытания обычно выполняют в простом вырубном штампе на испытательной машине. По результатам данной пробы судят о возможности осуществления разделительных операций.

По испытаниям на изгиб и перегиб определяют возможность гибки металла. В первом случае образец-пластинку 2 кладут на ролики 1 (рис.2.1а) и изгибают надавливанием пуансона 3. Образец должен согнуться без трещин. В зависимости от целей испытания металл изгибают на определенный угол или до соприкосновения сторон. При испытании на перегиб образец-пластину, отрезанную от листа или ленты, зажимают в тисках и перегибают в одном и другом направлениях на угол 90° (рис.2.1 б). Общее число перегибов (загиб в одну сто-

рону на угол 90° и выпрямление), которое должен выдержать металл, не разрушаясь, указывается в ГОСТах или технических условиях на металл.

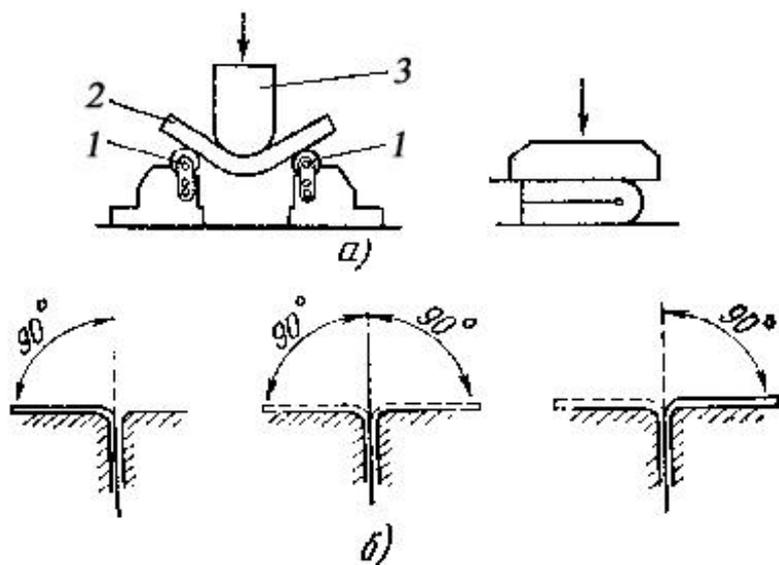


Рис.2.1. Испытания материалов на изгиб (а) и перегиб (б)

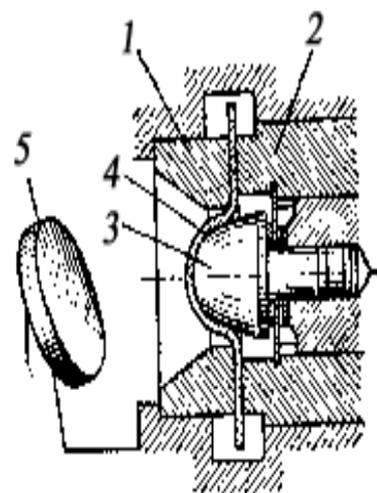


Рис.2.2. Испытания материала на вытяжку по Эриксену

Важным технологическим испытанием материала для гибочных работ служит и испытание на пружинение при гибке, по результатам которого строят зависимости угла пружинения от радиуса изгиба.

Пригодность материала к вытяжке устанавливают на приборах или машинах, моделирующих этот процесс. При испытании на приборе Эриксона образец 4 (рис.2.2), зажатый между матрицей 1 и прижимом 2, выдавливается пуансоном 3. О свойствах металла судят по глубине лунки, выдавленной до начала образования трещины, появление которой определяют с помощью зеркала 5. Глубина лунки должна соответствовать величинам, указанным в ГОСТе. Такой метод испытаний применяют для тонколистового металла толщиной до 2 мм.

Для аналогичных исследований используется испытательная машина мод. МТЛ-10Г. Кроме выдавливания сферической лунки на ней проводят испытания на вытяжку цилиндрического стаканчика и отбортовку отверстий. Глубина выдавливания или вытяжки фиксируется в момент падения усилия. Анализируется также форма разрыва и качество поверхности металла в вершине лунки.

К другим технологическим испытаниям относятся: вытяжка цилиндрических колпачков в штампах для определения предельной степени вытяжки; продавливание полосы (растяжение с изгибом) для измерения глубины выдавливания и продольного удлинения; скручивание плоской заготовки и др. [11].

По результатам технологических испытаний с учетом производственного опыта даются рекомендации по применению материала. Так, для глубокой вытяжки применима сталь с пределом прочности не более 330 МПа, относительным удлинением не менее 33 % и глубиной выдавливания не менее 10 мм.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Исходными данными для проектирования являются рабочие чертежи детали, технические требования на нее и программа выпуска. Конструкция детали должна удовлетворять не только ее назначению и условиям эксплуатации, но и быть технологичной [12].

Общие технологические требования к деталям, получаемым штамповкой, формулируются следующим образом [13]:

1. Физико-механические свойства материала заготовки должны соответствовать процессу формоизменения и характеру пластических деформаций в данных условиях.
2. Конфигурация детали должна обеспечивать оптимальное использование материала за счет применения малоотходного или безотходного раскроя.
3. При обычном раскрое желательно повторное использование отхода.
4. Допуски на размеры должны соответствовать экономической точности операций.

Разработка технологического процесса изготовления детали включает: анализ технологичности конструкции, выбор исходной заготовки и раскрой материала, определение последовательности и содержания операций, их совмещенности, количества одновременно штампуемых деталей, назначение оборудования и расчет его загрузки, выбор или проектирование оснастки, нормирование техпроцесса и оформление технологической документации [2 – 4].

Обычно имеется несколько вариантов решения указанных задач и технолог должен выбрать наиболее рациональный и эффективный по технологическим (свойства и толщина материала заготовки, конфигурация, габариты и точность детали и др.) и экономическим (серийность производства, себестоимость изделия и производительность процесса и др.) критериям вариант.

Оценка технологичности конструкции изделия может быть качественной и количественной. При этом обосновывается выбор материала и его характеристики, конфигурация детали, вид заготовки. Оценивается применимость выбранного технологического процесса, степень его надежности в обеспечении

технических требований, вероятность появления брака, возможность снижения себестоимости и др. факторы. Методика количественной оценки технологичности подробно изложена в [12] и отраслевых стандартах.

По форме штампованные детали можно подразделить на плоские, изогнутые, полые и объемные. Для каждого класса деталей назначаются операции, обеспечивающие получение требуемой конфигурации.

В общем случае ТП штамповки включает следующие группы операций: специальные по подготовке материала (правка, отжиг, обезжиривание, травление и др.), собственно штамповочные для придания заготовке требуемых формы и размеров, контрольные для проверки качества исходного материала или полуфабриката, отделочные и вспомогательные (зачистка, полирование, нанесение покрытий, нарезание резьбы и др.). Вид операций штамповки и их количество определяет геометрическая форма, сочетание конструктивных элементов детали, требуемая точность размеров, шероховатость поверхности. Желательно, чтобы технологический процесс содержал минимальное число операций. Это достигается объединением простых операций в комбинированные, например, совмещением вырубки и пробивки, гибки и пробивки или вырубки, пробивки и вытяжки и т.д. Степень объединения операций определяется, прежде всего, сложностью изготовления конструкции комбинированного штампа [13 – 15].

В плоских деталях имеют место повторяющиеся переходы одной сложной операции. Последовательность этих переходов определяется требованиями точности, возможностями изготовления инструмента и его стойкостью. Процесс получения гнутых деталей сводится к постепенному приближению формы плоской заготовки к форме детали. При установлении последовательности операций приходится исходить из пластических свойств материала и возможности расположить заготовку наивыгоднейшим образом к направлению проката. Необходимо также учитывать возможность придания рабочим частям штампа соответствующей конфигурации, осуществления движения этих частей для получения нужной формыгиба и обеспечения точности посредством образования базовых поверхностей для последующих операций [4, 13].

Сущность процесса получения полых деталей вытяжкой – переход от плоской заготовки к полному телу простой формы с постепенным ее усложнением. Полые детали подвергаются также операциям пробивки отверстий, обрезке,

прорезке пазов, образованию лапок и др. При назначении этих операций придерживаются тех же правил, что и при гибке.

Назначая переходы и операции листовой штамповки необходимо [13 – 17]:

1. Оптимально использовать материал заготовки и его механические свойства.

2. При выполнении каждого перехода предусматривать создание технологических баз, обеспечивающих простую и надежную установку заготовки на последующем переходе.

3. Учитывать, что возможности формообразования ограничены, поэтому при вырубке детали сложной формы ее контур необходимо расчленять и вырубать поочередно.

4. Знать, что при гибке число операций определяется не только числом и расположением элементов детали, подлежащих гибке, но и пластическими свойствами материала.

5. Иметь в виду, что при вытяжке число операций зависит от пластичности материала, сложности формы детали, отношения ее высоты к диаметру или длине и др. факторов.

6. При многооперационном процессе вводить промежуточную разупрочняющую термообработку с последующей очисткой и смазкой заготовки.

7. Помнить, что при гибке и вытяжке возможна деформация ранее полученных отверстий.

8. При повышенных требованиях к форме и размерам деталей предусматривать операции или переходы правки, зачистки и калибровки.

9. При изготовлении полых деталей без дна вытяжку заменять отбортовкой, а при изготовлении гнутых и полых деталей с очень малыми радиусами закругления в углах вводить операцию калибровки.

В комбинированных штампах совмещенного действия получают детали с точностью размеров, указанной во введении. При использовании комбинированных штампов последовательного действия точность размеров штампуемых деталей составляет 12–14-й квалитеты. Такая же точность обеспечивается при последовательной штамповке заготовок в простых штампах, например, в вырубных или пробивных.

В процессе штамповки производят смазку заготовок и колонок штампа. Обязательна смазка заготовок при вытяжке. Штампуемые детали смазывает масляной эмульсией, активированным расточным маслом с керосином. Для смазки деталей из меди и латуни используют раствор мыла, растительного масла, олеиновой кислоты, соды и воды; для деталей из алюминия и его сплавов - масла, парафин, керосин [4].

3.2. ВЫБОР ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ. РАСКРОЙ МАТЕРИАЛА

Раскрой полосы или порядок расположения на ней заготовок (рис.3.1) бывает [4, 13, 14]:

- отходный – вырезка детали происходит по всему контуру, а перемычка имеет замкнутую форму;
- малоотходный – вырезается только часть контура детали, а в отход идет перемычка, находящаяся между деталями или между вырезами, или с боков;
- безотходный – вырезка детали без перемычек.

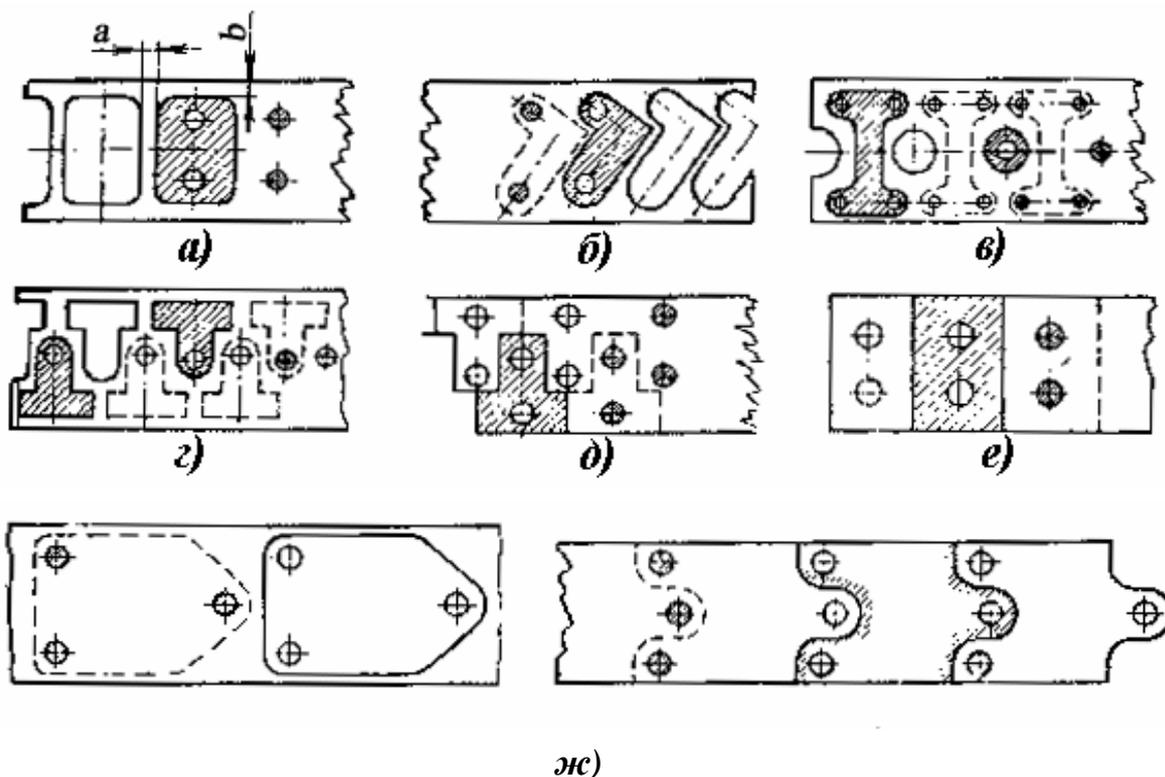


Рис.3.1. Раскрой полосы (а-г – отходный, д, е – безотходный, ж – изменение формы детали для сокращения отходов)

Сообразуясь с конструктивными особенностями детали, определяют форму и размеры заготовки, затем, зная требования к точности, устанавливают вид

раскроя, расположение и величину перемычек (рис.3.1а), которые зависят от физико-механических свойств материала, толщины листа, размера и конфигурации деталей, их точности, типа и конструкции штампа. После этого рассчитывают ширину полосы, для чего предварительно находят размеры боковых перемычек или ширину кромки, срезаемой боковым ножом, и размеры гарантийного зазора, если предполагается штамповка без бокового прижима.

Рациональность раскроя характеризуют коэффициентом использования материала η , определяемого по формуле:

$$h = F_{\partial} \cdot n_p / T \cdot B ,$$

где F_{∂} – площадь заготовки для одной детали; n_p – количество рядов раскроя; T – шаг штамповки; B – ширина ленты, полосы или листа.

Выбор рационального раскроя для деталей сложной конфигурации производится графически. Для этого из бумаги вырезают 2 – 3 шаблона детали с припуском по контуру на величину перемычки и находят выгоднейшее их расположение на полосе с максимальным η .

Раскрой сортового материала выполняют с получением целого числа полос требуемой ширины. Их длина должна быть кратна шагу подачи в штампе. Предпочтительным является продольный раскрой, увеличивающий производительность за счет меньшего числа заправок полос в штамп. Для уменьшения отхода по некратности длины полосы иногда выполняют раскрой поперек листа или комбинированно. При раскрое ленты следует предусматривать у краев припуск 2 – 5 мм для удаления смятых при транспортировке торцов.

Резка листов и лент выполняется на многодисковых и гильотинных ножницах, на штампах с параллельными ножами (Прил.4). Толщина отрезаемой заготовки 0,5 – 12 мм. Точность отрезки зависит от толщины и длины заготовки и равна 0,2 – 1,4 мм.

Усилие резки на гильотинных ножницах: $P = s_B l S$, где l – длина, а S – толщина заготовки, мм, s_B – предел прочности материала.

При угле створа ножей $2^{\circ} < j < 10^{\circ}$: $P = 0,5 S^2 s_B / \text{tg} j$.

Усилие резания дисковыми ножницами: $P = C S^2 / a$,

где C – коэффициент, зависящий от толщины и марки материала; α – угол захвата, град.

3.3. РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Разделение металла протекает в три стадии (рис.3.2) [4, 18]:

1. Пуансон 1 слегка сжимает и изгибает металл 2 заготовки, вдавливаясь в него и вдавливает металл в матрицу 3 (рис.3.2а).
2. Продолжающееся вдавливание пуансона в металл вызывает прорезание его волокон сверху (режущей кромкой пуансона) и снизу (матрицей) (рис.3.2б).
3. В материале появляются трещины скалывания (рис.3.2.в), после соединения которых одна часть металла отделяется от другой (рис.3.2г). Для того чтобы трещины скалывания сошлись, между пуансоном и матрицей необходим зазор вполне определенной величины, зависящий от свойств, состояния и толщины разделяемого материала.

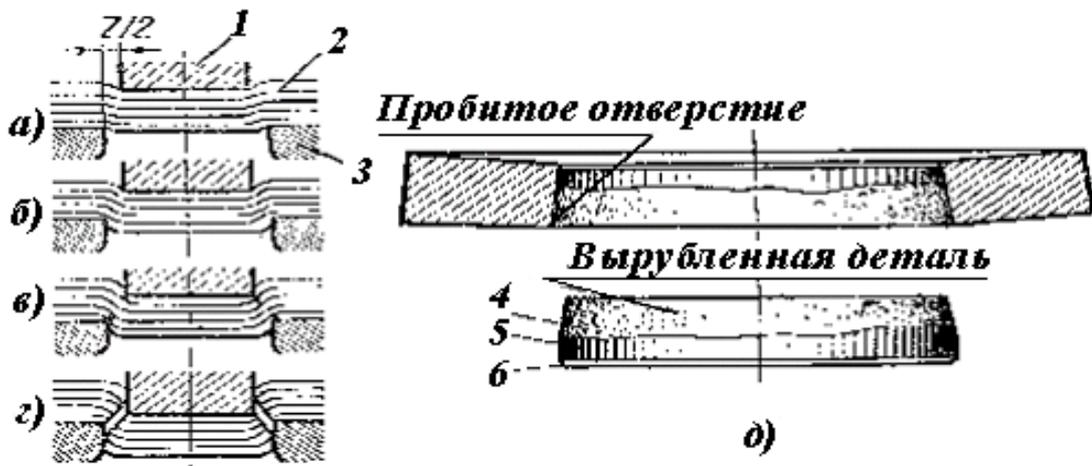


Рис.3.2. Стадии разделения металла

Разрез и контуры вырубленной детали и пробитого отверстия показаны на рис.3.2д. На поверхности вырубленной детали имеются три зоны, соответствующие указанным стадиям разделения металла: 6 – зона начального смятия; 5 – зона резания (блестящий цилиндрический пояс) и 4 – зона образования трещин скалывания (шероховатая коническая поверхность, заканчивающаяся небольшой поверхностью смятия). На поверхности пробитого отверстия имеются те же зоны, расположенные в обратном порядке.

Зазор между пуансоном и матрицей оказывает большое влияние на величину усилия, износостойкость штампов и особенно на качество и точность получаемых деталей. При малом зазоре трещины скалывания не соединяются, а

идут параллельно и металл между ними разрывается с образованием в верхней части детали второго блестящего пояска с заусенцами и неровным краем. При большом – происходит затягивание в зазор металла, его отрыв и образование на детали заусенцев и рваных краев. При неравномерном зазоре не только образуются заусенцы, но растет усилие, быстро изнашиваются режущие кромки.

К разделительным операциям относятся отрезка, разрезка, вырубка, пробивка, обрезка, надрезка, проколка и зачистка (рис.3.3). При обычной вырубке и пробивке достигается точность 8–11-го квалитетов. Она зависит от вида материала, способа резки, конструкции штампа, его состояния, величины зазора между пуансоном и матрицей, характера его распределения по контуру и др. факторов. Для повышения точности применяют штампы с массивными направляющими колонками и с прижимом материала [2 – 4].

При раскрое полосы для деталей, изготавливаемых гибкой в двух направлениях с малыми радиусами кривизны, линии изгиба следует располагать под углом 45° в направлении волокон материала независимо от рациональности раскроя. При вырубке заготовок для деталей, изготавливаемых гибкой в одном направлении, располагать детали следует так, чтобы угол между линией изгиба и направлением волокон был менее 30° . Ширина полосы рассчитывается с учетом перемычек (рис.3.1а), выбираемых для мягкой стали с $\sigma_v < 300$ МПа по табл.3.1. Для других материалов табличные значения a и b следует умножить на коэффициент k равный: для твердой стали – 0,8 – 0,9; бронзы, латуни и алюминиевых сплавов – 1,0 – 1,2; меди, алюминия и титановых сплавов – 1,2 – 1,3; магниевых сплавов и неметаллических материалов – 1,5 – 2,0.

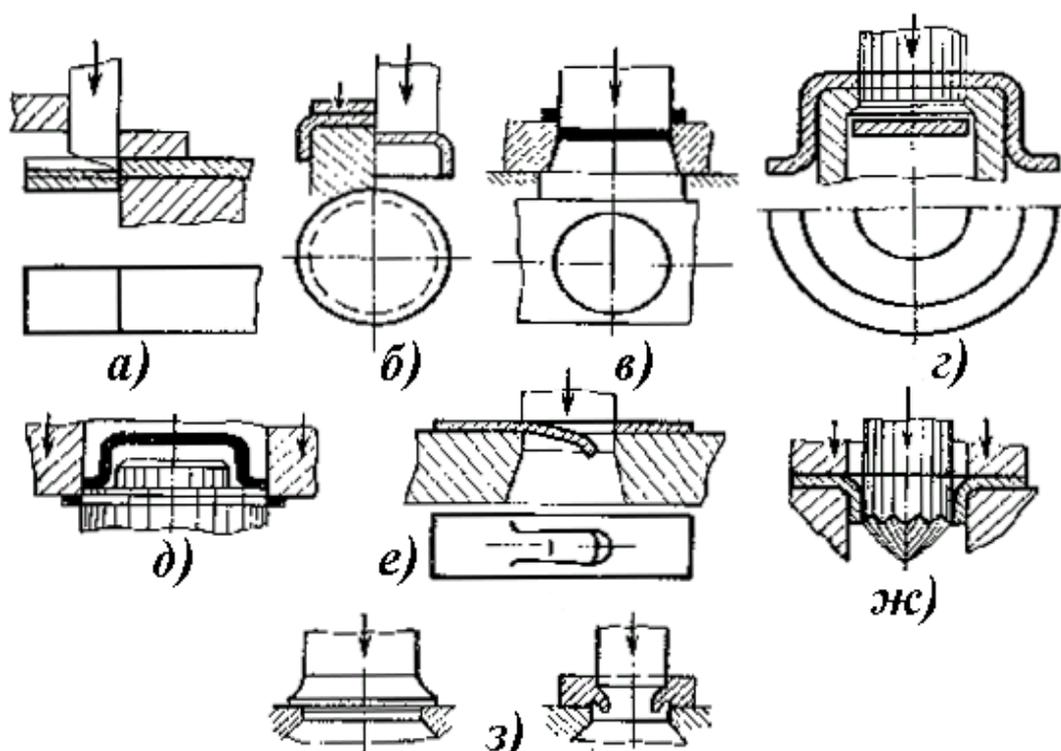


Рис.3.3. Разделительные операции: отрезка (а), разрезка (б), вырубка (в), пробивка (г), обрезка (д), надрезка (е), проколка (ж) и зачистка (з)

При вырубке полосы с поворотом ширину перемычек следует увеличить на 50%. Ширину кромки, обрезаемую шаговым ножом, следует принимать равной значению перемычки b как для прямоугольных деталей. При необходимости в отдельных конструкциях штампов допускается принимать ширину перемычек меньше табличных значений.

Таблица 3.1

Минимальная ширина перемычек при вырубке

Толщина материала, мм	Перемычки: a – между деталями, b – между деталью и краем полосы	Ширина перемычек при вырубке, мм					
		круглых деталей диаметром, мм			Прямоугольных деталей со стороной, мм		
		до 50	св.50 до 100	св.100 до 200	До 50	св. 50 до 100	Св.100 до 200
До 0,5	a	1,5	1,7	1,9	1,8	2,0	2,5
	b	1,2	1,4	1,6	1,5	1,7	2,2
0,5-1,0	a	0,8	1,0	1,2	1,0	1,2	1,7
	b						
1,0-1,5	a	1,5	1,7	1,9	1,9	2,1	2,6
	b	1,1	1,3	1,5	1,4	1,6	2,1
1,5-2,0	a	1,9	2,1	2,3	2,2	2,4	3,0
	b	1,5	1,7	1,9	1,7	1,9	2,5

2,0-2,5	<i>a</i>	2,3	2,5	2,7	2,6	2,8	3,3
	<i>b</i>	1,8	2,0	2,2	2,2	2,4	2,9
2,5-5,0	<i>a</i>	2,6	2,8	3,0	3,0	3,2	3,7
	<i>b</i>	2,1	2,5	2,5	2,5	2,7	3,2

Примечания: для стеклотекстолита и подобных материалов перемычки увеличивают в два раза;

для материала толщиной более 10 мм ширина перемычек равна 0,75.

После того как установлены расположение деталей и величина перемычки, определяют ширину полос. Ее номинальное значение B и просвет между направляющими штампа A производится по формулам [19,20]:

- при работе на штампе с боковым прижимом полос

$$B = D + 2b + \Delta_n \text{ и } A = B + Z ,$$

- при работе на штампе без бокового прижима полос

$$B = D + 2(b + \Delta_n) + Z \text{ и } A = B + Z ,$$

где D – размер вырубаемой детали (в направлении перпендикулярном подаче); b – наименьшая величина боковой перемычки; Z – гарантийный зазор между направляющими и наибольшей шириной полосы; Δ_n – односторонний (минусовый) припуск на ширину полосы.

Допуски на ширину стандартных полос и лент принимаются по соответствующим ГОСТам для данного материала. Допуски на ширину полос, нарезанных на гильотинных ножницах приведены в табл.3.2.

Таблица 3.2

Допуски на ширину полос, нарезанных на гильотинных ножницах

Ширина полосы, мм	Допуски, мм (-) в зависимости от толщины материала, мм			
	до 1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	3,0-5,0
до 100	0,6	0,8	1,2	2,0
свыше 100	0,8	1,2	2,0	3,0

Величина гарантийного зазора Z для однорядного раскроя при штамповке без бокового прижима полосы: 0,5 – 1,0 мм при ширине полосы до 100 мм и 1,0 – 1,5 мм при ширине свыше 100 мм. При штамповке с боковым прижимом Z соответственно равен 1,5 – 2,0 и 2 – 3 мм.

В ы р у б к а з а г о т о в о к п е ч а т н ы х п л а т [4, 6]. В производстве печатных плат на штампах вырубает контур платы, пробивают отверстия для её крепления и т.п. При вырубке и пробивке для уменьшения расслоения и повы-

шения качества среза предусматривают прижим заготовки по периметру вырубки на площадке шириной $(2 - 3) S$. Давление прижима должно быть не менее 150 – 200 МПа. Штамповку печатных плат производят без подогрева, располагая печатные проводники со стороны матрицы. Минимальное расстояние между пробиваемыми отверстиями равно 1,5 – 2 мм. Пробивку без прижима выполняют для отверстий диаметром до 3 мм незакрепленным пуансоном. Наименьший диаметр отверстия при такой пробивке 1,3 мм, а наименьшее расстояние между отверстиями равно 2,5 мм.

Штамповку печатных плат выполняют на прессах с числом ходов $< 90 - 120$ в минуту.

У с и л и е в ы р у б к и (п р о б и в к и) : $P = K \cdot t_{cp} \cdot L \cdot S$,

где $K = 1,25 - 3$ – коэффициент, учитывающий состояние режущих кромок пуансона и матрицы, неравномерность толщины материала и т.п.; L – длина линии среза или периметр вырезаемого контура, мм; S – толщина заготовки, мм, t_{cp} – сопротивление материала срезу, МПа.

Усилие снятия детали с пуансона $P_{CH} = P \cdot K_{CH}$.

Усилие проталкивания детали через матрицу $P_{ПР} = P \cdot K_{ПР}$, где K_{CH} и $K_{ПР}$ – коэффициенты, зависящие от штампуемого материала и толщины; ориентировочно $K_{CH} = K_{ПР} = 0,02-0,06$.

Усилие пресса расчетное $P_n = 1,25(P + P_{CH} + P_{ПР})$

3.4. ФОРМООБРАЗУЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ

Основные виды формообразующих операций холодной листовой штамповки приведены на рис.3.4 [2, 4].

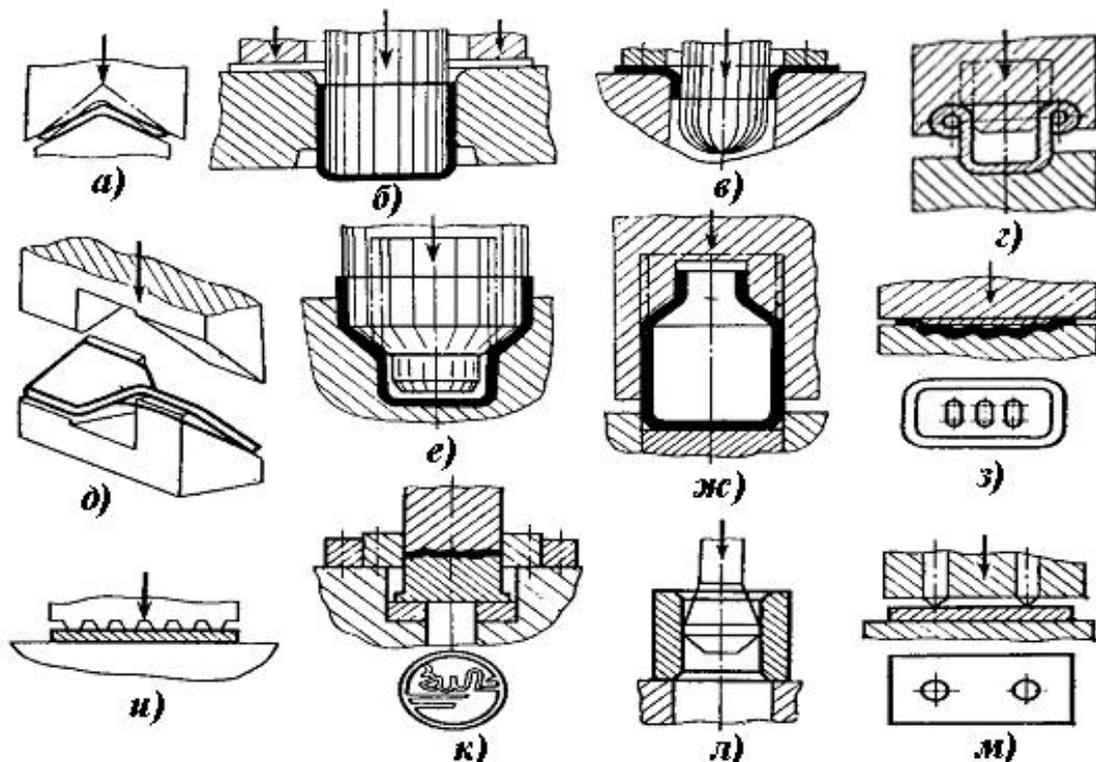


Рис.3.4. Формообразующие операции листовой штамповки: гибка (а), вытяжка (б), отбортовка (в), закатка (г), скручивание (д), раздача (е), обжим (ж), формовка (з), правка (и), чеканка (к), калибровка (л), кернение (м)

В ы т я ж к а. Размер плоской или цилиндрической заготовки под вытяжку без утонения рассчитывается по формуле $D_3 = 1,127\sqrt{F}$, где F – площадь детали, мм², Диаметр D_3 определяется при толщине стенок детали не более 2 мм по наружному или внутреннему контуру и при толщине стенок детали более 2 мм – по средней линии контура. Площадь детали F вычисляется путем разбивки её контура на узкие пояса, образующие которых считаются прямыми.

В случае вытяжки с последующей обрезкой к номинальному размеру детали по высоте или по радиусу фланца добавляется припуск на обрезку, величина которого зависит от отношения d/h или $d_{фл}/h$, где d и $d_{фл}$ – диаметр детали и фланца после вытяжки соответственно, h – высота вытянутой детали.

Число операций вытяжки (рис.3.5) определяется допустимым для каждой операции коэффициентом вытяжки, который равен отношению диаметра d , полученного вытяжкой, к диаметру плоской или цилиндрической заготовки D_3 :

$m_i = d_i / D_{i-1}$; $m = m_1 * m_2 * m_3 \dots = d / D_3$; $i = 1, 2, 3, \dots, n$, где n – число операций вытяжки [12].

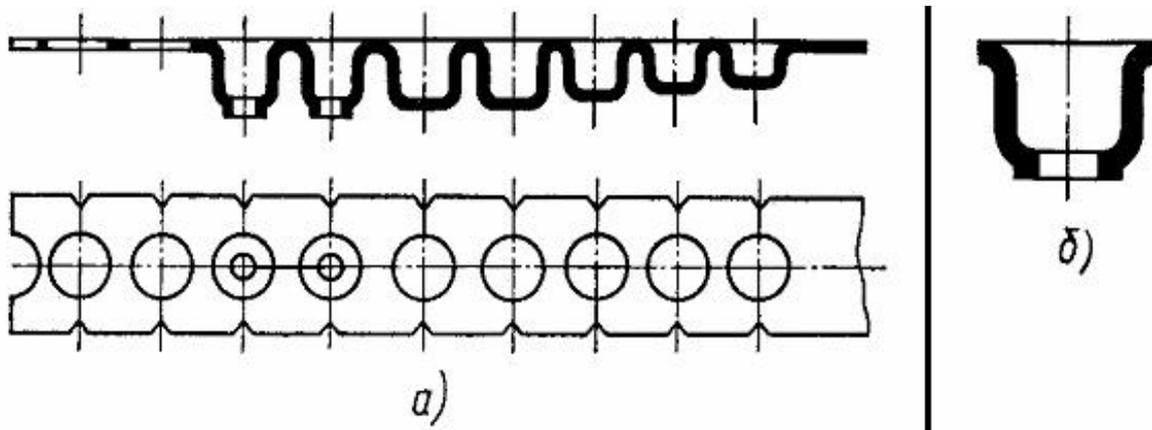


Рис.3.5. Последовательная многооперационная вытяжка в ленте: последовательность переходов (а) и готовое изделие (б)

Значения коэффициентов вытяжки приведены в табл.3.3 [13, 14, 19].

Таблица 3,3

Коэффициенты многооперационной вытяжки m_i

Материал	1-я операция	2-я операция и последующие
Сталь 08; сталь 10; Л63	0,50 - 0,53	0,72 - 0,76
Сплав АМц-М; Д16АМ	0,52 - 0,56	0,75 - 0,78
Сплав Д16Т	0,68 - 0,70	0,82 - 0,85
Сплав В95АТ	0,70- 0,72	0,65 - 0,68
Стали легированные	0,50 - 0,70	0,75 - 0,64
Жесть белая	0,58 - 0,65	0,80 - 0,85
Цинк	0,65 - 0,70	0,85 - 0,90

Примечание: для деталей с отношением $100 \cdot S/D_3 < 1$ принимают большие значения, для деталей с $100 \cdot S/D_3 > 1$ - меньшие.

Если деталь имеет коническую форму, то сначала вытягивают цилиндр, а затем конус. При этом коэффициент вытяжки принимают на 10 – 15% больше, чем при вытяжке по цилиндру. Число операций при вытяжке ступенчатых деталей определяется приближенным методом в зависимости от отношения высоты к диаметру наименьшей ступени h/d и уточняется опытным путём.

В случае применения промежуточного отжига, значение коэффициента вытяжки следует брать меньшим. Если отношение $100 \cdot S/D_3 > 1,14$, то вытяжка осуществляется с прижимом.

Вытяжка цилиндрических деталей с утонением (рис.3.6) [13]. Диаметр заготовки для вытяжки деталей с утонением стенок определяют исходя из объема детали. Объем заготовки V_3 принимают на 15 – 20% больше объема детали, подсчитанного по номинальным размерам с учетом припуска на отрезку и угар при отжиге. Соответственно

$$D_3 = 1,13 \cdot \sqrt{V_3/S}$$

Для определения числа операций и размеров заготовок промежуточных вытяжек необходимо вычислить:

а) толщину стенок по операциям $S_i = S_{i-1} \cdot j_i$, где j_i – коэффициент вытяжки с утонением (см. табл. 3.4);

б) диаметр первой вытяжки $d_1 = 0,75 D_3$;

в) высоту детали по операциям

$$h_1 = \frac{S(D_3^3 - d_{H1}^2)}{2S_1(d_{H1} + d_{B1})}; \quad h_2 = \frac{S(D_3^2 - d_{H2}^2)}{2S_2(d_{H2} + d_{B2})},$$

где d_{Hi} и d_{Bi} – наружные и внутренние диаметры заготовок i -ой вытяжки.

Уменьшение внутреннего диаметра вытяжки, кроме первой операции, принимают равным $(d_{B2} - d_{B1}) \approx (d_{B3} - d_{B2}) \approx (d_{Bi} - d_{Bi-1}) = 0,15 - 0,3$ мм.

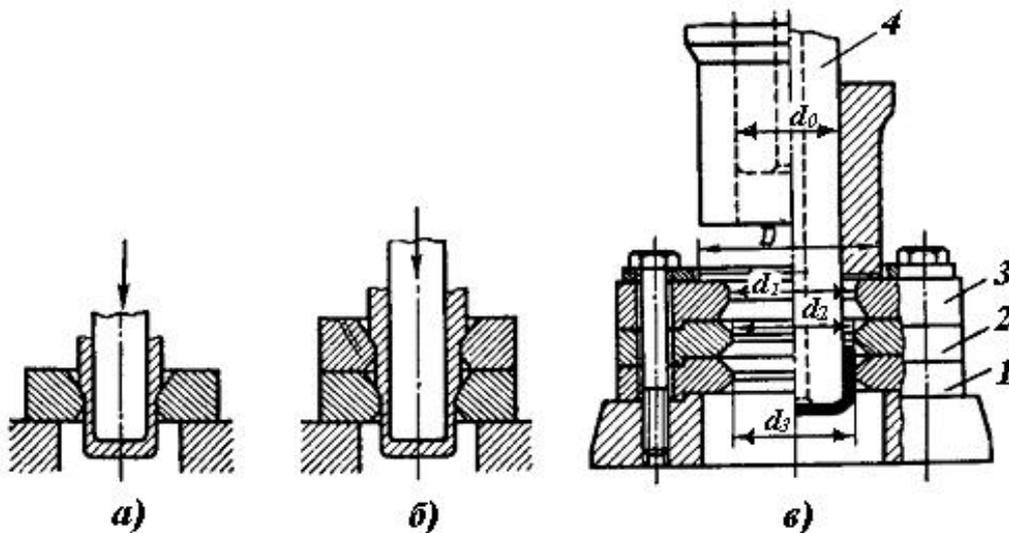


Рис.3.6. Вытяжка с утонением: через одну матрицу (а), через несколько матриц (б), схема штампа (в) – 1-3 – матрицы, 4 – пуансон, D – диаметр заготовки, d_1, d_2, d_3 – диаметры матриц, d_0 – диаметр пуансона

Таблица 3.4

Коэффициенты вытяжки с утонением (многооперационной)

Материал	1-я операция	Последующие операции
Латунь	0,7	0,55
Алюминий	0,75	0,60
Сталь (глубокая вытяжка)	0,75	0,65
Сталь (средняя вытяжка)	0,85	0,75

У с и л и е п е р в о й и п о с л е д у ю щ и х о п е р а ц и й в ы т я ж к и б е з у т о н е н и я

$$P_i = j_i S (1/m_i - 1) F c,$$

где $j_i = (1,05 - 1,1)$ – для вытяжки с предварительным отжигом; $j_i = (2 - m_i m_i)$ – для вытяжки без предварительного отжига; c – коэффициент рассматриваемой операции; $c = 1,4 - 1,6$ – для вытяжки с прижимом; $c = 1,2-1,3$ для вытяжки без прижима; F – площадь поперечного сечения второй вытяжки, мм².

Усилие прижима:
$$Q = q F,$$

где q – давление ($q = 2 - 3$ МПа); F – площадь части заготовки, находящейся под прижимом.

Для первой вытяжки:
$$F_1 = \frac{P}{4} [D_3^2 - (d_1 + 2R_m)^2]$$

Для последующих:
$$F_i = \frac{P}{4} [D_{i-1}^2 - (d_i + 2R_m)^2],$$

где R_m – радиус закругления матрицы у прижатой части, мм.

Усилие при вытяжке с утонением [4,20]

$$P = 1,25p (d_{Bi} + S_i) S_i (1 - j_i) s_B l,$$

где l – коэффициент, учитывающий упрочнение металла и потери на трение, $l = 5$ для вытяжки через одну матрицу, $l = 6,5$ для двукратной вытяжки за один рабочий ход ползуна.

Г и б к а (рис.3.7) [4, 12 – 17]. Определяющим для этой операции является радиус кривизны r . При малых радиусах гибки происходит разрыв наружных волокон материала. Значение радиуса кривизны зависит от механических свойств металла, толщины заготовки, направления линии изгиба относительно направления прокатки (рис.3.8а), угла изгиба α и других факторов. Длина развертки (заготовки) изгибаемой детали L_3 определяется по формуле:

$$L_3 = \sum_{i=1}^n l_i + \sum_{i=1}^n \frac{p * d_i}{180} * R_n,$$

где $\sum_{i=1}^n l_i$ – сумма прямых участков, мм; α – угол дуги каждого участка изгиба на заготовке, град; R_n – радиус нейтральной линии детали, мм.

Пластическая деформация при гибке сопровождается упругой деформацией, что должно учитываться углом пружинения b , (рис.3.8б).

Значение угла пружинения зависит от механических свойств металла, формы детали, радиуса кривизны и способа гибки. Чем больше предел прочности S_b , больше r/S и меньше S , тем больше угол пружинения. При V-образной

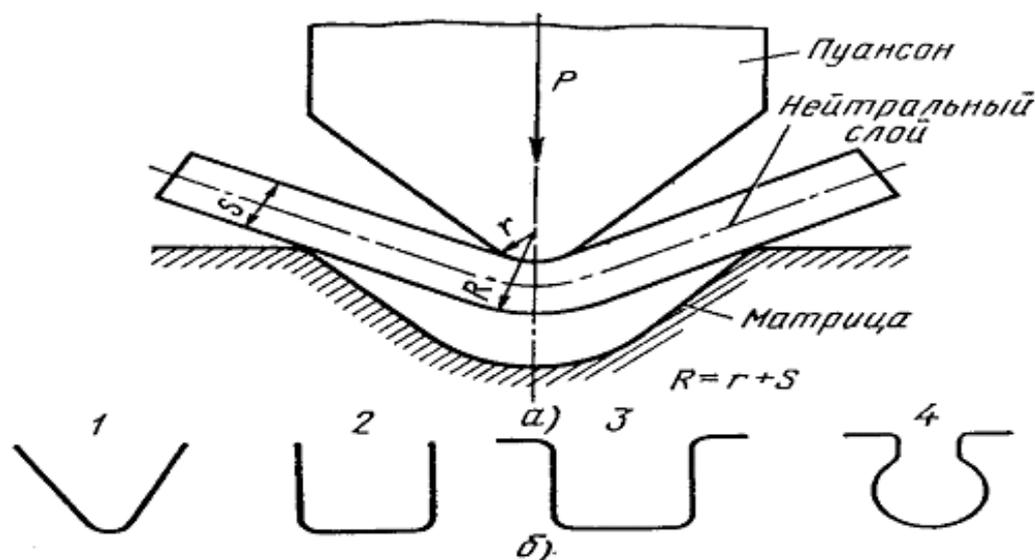


Рис.3.7. Операция гибки: схема процесса (а), виды гибки (б) – одноуголовая V-образная, двухуголовая U-образная, четырехугольная, с круглым элементом.

гибке пружинение меньше, чем при П-образной; при свободной – пружинение больше, чем при гибке с чеканкой и калибровкой.

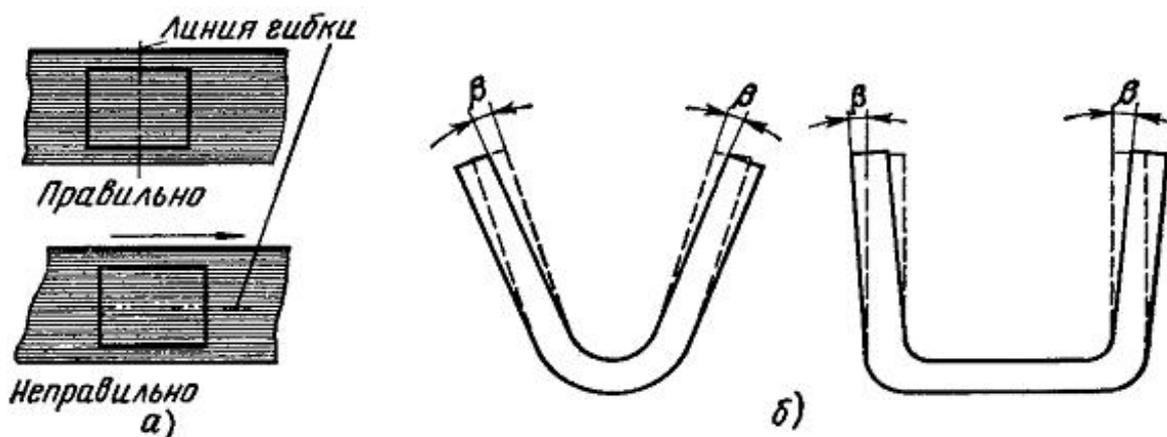


Рис.3.8. Расположение линий гибки (а) – стрелкой показано направление волокон металла и пружинение (б), β – угол пружинения

Для компенсации пружинения и получения требуемых размеров детали применяют следующие методы (рис.3.9) [4, 20]:

- гибку с утонением боковых стенок (рис.3.9а);
- использование матрицы или пуансона со скосом под углом пружинения (рис.3.9 б,в);

- гибку с калибровкой (рис.3.9г) (после гибки по линиигиба пуансоном наносится удар);

- в случае, когда местное ослабление детали допустимо, толщину заготовки уменьшают (обычно подчеканкой) примерно на 50%, используя пуансон без закругления.

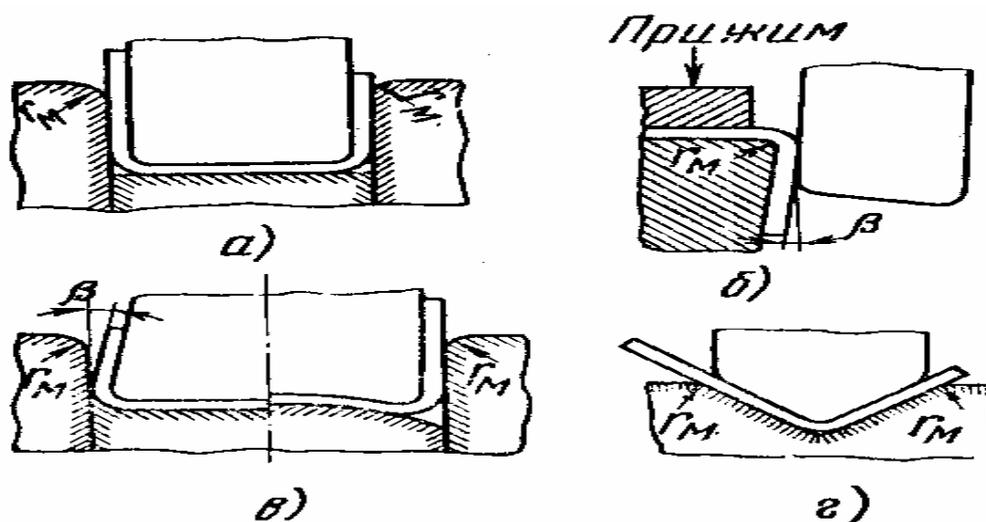


Рис.3.9. Методы компенсации пружинения (r_m – радиус закругления матрицы)

Среднее значение углов пружинения при гибке V-образных деталей определяют из выражения [13]

$$tg\beta = 0,375 \frac{l}{(1-x)S} \cdot \frac{s_T}{E},$$

где l - расстояние между опорами матрицы, мм; x - коэффициент, определяющий смещение нейтрального слоя деформации; s_T – предел текучести металла; E – модуль упругости, МПа.

При гибке с подчеканкой углы пружинения (при V-образной форме деталей), полученные расчетным путем, умножаются на 0,75 – 0,8.

Средние значения углов пружинения при гибке П-образных деталей определяют из выражения [4,13]

$$tg\beta = 0,75 \frac{l_1}{(1-x)S} \cdot \frac{s_T}{E};$$

$$l_1 = r_m + r_n - 1,25 \times S,$$

где l_1 - плечо гибки, мм; r_m - радиус матрицы, мм; r_n - радиус пуансона, мм.

Значение коэффициента x определяется соответствующим отношением радиуса кривизны r к толщине стенки S .

r/S	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	3,0	5,0	7,0	9,0
x	0,32	0,36	0,38	0,4	0,42	0,44	0,46	0,48	0,49	0,5

Средние значения углов пружинения при гибке на 90° без калибровки деталей из различных металлов приведены в табл.3.5 [12,20].

При гибке с подчеканкой углы пружинения (табл.3.5) умножаются на 0,75-0,8.

У с и л и е г и б к и
$$P = K_G \cdot L_G \cdot S \cdot S_B$$

где L_G – суммарная длина линии сгиба, мм; K_G – коэффициент, зависящий от схемы гибки, $K_G = 0,2$ для одноугловой гибки, $K_G = 0,6$ для двухугловой гибки.

Если гибка выполняется с прижимом, усилие прижима

$$P_{ПР} = (0,25-0,3)P.$$

Усилие одновременной гибки и калибровки

$$P = q F_K,$$

где q – давление, МПа; F_K – проекция площади соприкосновения калибруемого изделия и пуансона, мм ; $q = 15 - 30$ для алюминия, $q = 30 - 50$ для латуни, $q = 40 - 80$ для стали, меньшие значения принимают при толщине детали до 1 мм, большие – при толщине детали 2 – 3 мм.

Таблица 3.5

Углы пружинения при гибке на 90° , град

Материал	Толщина заготовок S , мм	Отношение внутреннего радиуса деталей к толщине r/S		
		$r/S < 1$	$r/S = 1-5$	$r/S > 5$
Мягкая сталь, $S_B = 320$ МПа; мягкая латунь, $S_B = 220$ МПа; алюминий	До 0,8	4	5	6
	0,8-2	2	5	4
	свыше 2	0	1	2
Сталь средней твёрдости, $S_B = 400$ МПа; твердая латунь, $S_B = 350$ МПа	до 0,8	5	6	8
	0,8-2	2	3	5
	свыше 2	0	1	3
Твёрдая сталь, $S_B = 600$ МПа	до 0,8	7	9	12,
	0,8-2	4	5	7
	свыше 2	2	3	5

4. ВЫБОР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТО, НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

4.1.В ЫБОР ШТАМПА

При массовом и крупносерийном производстве снижение расхода материала и трудоемкости изготовления достигается не только приданием детали более совершенных форм, но также и в результате применения сложных штампов и устройств для механизации и автоматизации процесса. С уменьшением масштаба производства все большая доля стоимости изготовления детали начинает приходиться на стоимость штампа. В таких случаях оказывается более выгодным применение упрощенных и универсальных штампов даже при повышенном расходе материала и увеличении трудоемкости. При изготовлении сложных деталей может оказаться целесообразным совмещать несколько операций в одном штампе. Очень мелкие детали рекомендуется изготавливать в комбинированных штампах, дающих полностью законченные детали, Такие же штампы целесообразны и при штамповке весьма крупных деталей [19, 20, 22].

В большинстве остальных случаев при соблюдении всех требований технологического характера изготовление штампованных деталей может быть осуществлено различными технологическими способами. При этом решающую роль при выборе технологического процесса и типа штампа имеют вопросы экономической целесообразности.

Наибольшие затруднения возникают при выборе типа штампа совмещенного или последовательного действия. Оба типа штампов, как и сами способы штамповки, имеют достоинства и недостатки, и определенные ограничения как технологического, так и экономического характера. В табл.4.1 приведены характеристики штампов, а в табл.4.2 – общие указания по их выбору в крупносерийном и массовом производстве [22].

Возможность применения последовательной многорядной штамповки мелких деталей определяется главным образом масштабами производства и экономической целесообразностью. Обычно рост стоимости штампов меньше, чем кратность штамповки.

Таблица 4.1

Характеристики штампов совмещенного и последовательного типов

Показатель	Характеристика штампа	
	Совмещённого типа	Последовательного типа
Точность	Повышенная и средняя (9-11 кв.)	Средняя и пониженная (12-15 кв.)
Качество вырубленных деталей	Отсутствие погнутости, лучший срез. Одновременная правка	Погнутость (выворачивание) небольших деталей
Наибольшие размеры деталей и средний диапазон толщины	Свыше 3000 мм при толщине до 5 мм (диапазон толщин от 0,05 до 6-8 мм)	Вытяжные до 250 мм при толщине 0,2-3 мм; разделительные и гибочные – до 5000 мм толщиной до 10 мм
Производительность	Меньшая производительность	Повышенная производительность
Работа на быстроходных прессах	Не рекомендуется	Возможна работа на прессах с числом ходов > 400 в минуту
Применение многорядового способа штамповки	Применяется сравнительно редко для изготовления плоских, гнутых и полых деталей	Рекомендуется для изготовления плоских, гнутых и полых деталей небольших размеров
Трудоёмкость и стоимость изготовления штампов	Для вырубки деталей сложной конфигурации меньше, чем стоимость последовательных штампов	Для вырубки деталей простой конфигурации меньше, чем стоимость совмещённых штампов

Таблица 4.2

Указания по выбору штампов для серийного и массового производства

Степень точности деталей	Размеры деталей, мм		
	крупные (500-1000)	средние (50-200)	Мелкие (до 50)
Повышенная (9-10 качества)	Совмещённый Штамп	Совмещённый штамп	Совмещённый, иногда последовательный, с калибровкой
Средняя (12-13 качества)	Совмещённый Штамп	Совмещённый штамп	Совмещённый, иногда последовательный, с калибровкой
Пониженная (14-15 качества)	—	Последовательный штамп	

В результате решения указанных технологических вопросов выявляется технологическая схема штампа, которая должна отражать [23, 24]:

- тип штампа в соответствии с характером производимых деформаций;
- количество одновременно выполняемых операций или переходов (совмещённость);
- способ выполнения операций во времени (последовательно или параллельно);

- количество одновременно штампуемых деталей;
- схему расположения рабочих частей штампа;
- способ подачи и фиксации материала или заготовки в штампе;
- способ удаления деталей или отходов.

Технологическая схема штампа является заданием для его конструирования.

4.2. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Выбор оборудования для различных операций холодной штамповки может быть произведен, если известны следующие данные [4, 12, 22]:

- вид операции и количество деталей в партии;
- усилие, необходимое для выполнения данной операции;
- величина хода пресса и мощность привода;
- закрытая высота пресса, размер стола и др.

Выбору должны предшествовать соответствующие расчеты.

Для вытяжных работ часто применяют прессы двойного действия. Фрикционные прессы служат для правки и некоторых операций объемной штамповки. Для мелких гибочных работ иногда пользуются ручными или электромагнитными прессами.

В мелкосерийном производстве рекомендуется применять универсальные прессы. В крупносерийном производстве, где за каждым рабочим местом закреплены определенные детали, универсальные прессы снабжаются автоматическими устройствами для подачи заготовок, удаления и стапелирования деталей и для удаления отходов.

В массовом производстве, наряду с универсальным, находит применение и оборудование специальное. При этом степень оснащенности производства различными вспомогательными устройствами, повышающими производительность труда, резко возрастает.

Усилие, создаваемое прессом P_{np} , должно быть несколько больше усилия, необходимого для выполнения операции P_{mp}

$$P_{np} = k_{np} P_{mp}$$

Величина коэффициента запаса k_{np} определяется характером процесса. Так, при работе на единичных ударах $k_{np} = 1,2 - 1,3$, а для автоматического режима $k_{np} = 1,5 - 1,7$ [12].

После выбора пресса по усилию необходимо проверить его по мощности. В случае перегрузки по мощности происходит затормаживание и резкое падение числа ходов пресса, что свидетельствует о перегрузке мотора.

Величина хода ползуна при вытяжных и обрезающих операциях должна быть в 2,2 – 2,5 раза больше высоты детали. Соблюдение этого условия облегчает удаление детали и отходов из штампа.

Для вырубных и пробивных работ ход ползуна должен на 2 – 3 мм превышать просвет между матрицей и съёмником.

Закрытая высота пресса – расстояние от подштамповой плиты до ползуна в нижнем его положении при наибольшей величине хода и наименьшей длине шатуна – должна соответствовать закрытой высоте устанавливаемого штампа. Габариты стола и ползуна пресса должны обеспечивать возможность установки и закрепления штампов и подачу заготовок, а отверстие в столе пресса – свободное проваливание штампуемых изделий.

Основные типы прессов приведены в Прил. 5.

4.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ШТАМПОВКИ

Техническая норма времени представляет собой время, необходимое на обработку детали в соответствии с эксплуатационными возможностями пресса при правильной организации работ и рациональном использовании рабочей силы. Она является одним из наиболее важных факторов, влияющих на выбор оптимального варианта процесса штамповки [12].

При техническом нормировании определяют:

- норму штучного времени $T_{шт}$, необходимого для выполнения данной операции;

- норму подготовительно-заключительного времени на партию или смену $T_{пз}$. В последнюю входит время на ознакомление с заданием, на подготовку рабочего места (без перестановки штампов), на сдачу работы и приведение пресса в порядок. Норма $T_{пз}$ учитывается при составлении калькуляции и определении себестоимости детали.

Полная норма штучного времени $T_{шт}$ (мин) состоит из следующих элементов:

$$T_{шт} = t_o + t_e + t_{об} + t_n$$

где t_o – основное (технологическое или машинное) время; t_e – вспомогательное время, т.е, время, затрачиваемое на установку и удаление деталей, на управление прессом; $t_{об}$ – время обслуживания рабочего места, которое затрачивается на чистку, смазку, уборку отходов и др., t_n – время перерывов на отдых и личные надобности.

Основное и вспомогательное время составляет оперативное время, т.е, $T_{оп} = t_o + t_e$. Это время непосредственно затрачивается на выполнение данной операции.

Сумма $T_з = t_{об} + t_n$ считается дополнительным, или прибавочным временем, которое обычно берется в процентном отношении от $T_{оп}$.

Для калькуляции и определения себестоимости каждой детали применяют штучно-калькуляционное время $T_{шк}$, приходящееся на одну деталь.

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{1}{m} T_{пз} \quad \text{где } m - \text{количество деталей в партии.}$$

Основное время t_o определяется в зависимости от числа ходов пресса в минуту n [22]:

при автоматической работе пресса по формуле: $t_o = \frac{1}{n}$,

при отдельных включениях пресса: $t_o = \frac{k}{n}$,

где $k = 1,0 - 1,5$ – берется в зависимости от числа ходов пресса, меньшие значения при $n = 30 - 80$ и большие при $n = 80 - 150$ ход/мин.

Вспомогательное время t_e принимают из имеющихся на заводе норм, установленных на основании хронометража. Дополнительное время $T_з$ от $T_{оп}$ составляет 6 % для прессов усилием 1000 – 3000 кН и 14 % для прессов усилием свыше 3000 кН [22]. Информация по техническому нормированию операций штамповки представлена в Прил.б.

4.4. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШТАМПОВ

Штампы для получения деталей методами холодной штамповки отличаются большим разнообразием как в отношении выполняемых ими операций, так и по конструктивному оформлению, определяемому характером производства [22 – 24].

По характеру выполняемых работ штампы делятся на разделительные (штампы для вырубки и пробивки) и формоизменяющие (гибочные, формовочные, вытяжные и т.д.).

По способу действия различают штампы простые, последовательные и совмещенные.

По количеству выполняемых работ штампы могут быть одно- и многооперационными.

По способу подачи материала - с неподвижным упором, с подвижным упором, с ловителями, с боковыми ножами и т.д.

Выбор характера технологического процесса в значительной мере определяет не только конструктивную схему штампа, но также форму и размеры рабочих и вспомогательных деталей. Однако, несмотря на это, многие штампы, предназначенные для выполнения самых разнообразных операций, имеют большое количество деталей одинакового назначения и устройства. Это позволяет независимо от масштабов производства применять во всех штампах большое количество нормализованных деталей и узлов или в том виде, в котором они оговорены в нормалях или с небольшой доработкой.

Конструктивно-технологическая схема штампа состоит из следующих элементов постоянного назначения [24]:

1. Рабочих (пуансоны и матрицы);
2. Базирующих штучные заготовки и полосы (ленты) в рабочей зоне относительно рабочих элементов (жесткие и ножевые упоры, ловители);
3. Направляющих верхнюю часть штампа или пуансон относительно нижней. Штампы бывают без направляющих, с направляющей плитой (съемником), с направляющими колонками или цилиндрами;
4. Вспомогательных, способствующих выполнению операции и достижению необходимой точности (съемники, прижимы, выталкиватели и др.)

Порядок проектирования штампов для холодной штамповки следующий [22, 24]:

- по исходным данным намечают тип штампа и komponуют его основные элементы;

- производят конструктивные расчеты рабочих частей, проверяют их на прочность и жесткость, находят допуски и т.д., Рассчитывают силовые элементы – буфера, съемники, выталкиватели и т.д.;

- на основании проделанных расчетов вносят в предварительную компоновку штампа необходимые уточнения;

- выбирают нормализованный блок;

- делают чертежи общего вида с необходимыми разрезами и сечениями;

- выполняют чертежи нестандартных деталей штампа.

Для вырубки плоских деталей могут быть применены разделительные штампы, следующих конструкций: с неподвижным направляющим съемником; с верхним прижимом; совмещенного действия.

Штампы с неподвижным, направляющим съемником имеют наибольшее распространение и обеспечивают высокую производительность штамповки за счет:

- автоматического удаления детали через провальное окно;

- возможности широкого применения многорядной и многопереходной штамповки;

- возможности автоматизации ТП на быстроходных прессах автоматах.

Основной недостаток - ухудшение плоскостности детали и отхода.

Штампы с верхним прижимом имеют те же преимущества, но их жесткость ниже и сложнее конструкция. Несколько хуже условия безопасности работы и выше стоимость по сравнению со штампами с неподвижным съемником. Качество поверхности среза и плоскостность детали выше. Штампы с верхним прижимом рекомендуется применять при многошаговой штамповке деталей из материалов толщиной менее 0,5 мм.

Штампы совмещенного действия рекомендуется применять:

- при штамповке деталей повышенной точности (9 – 11 квалитетов);

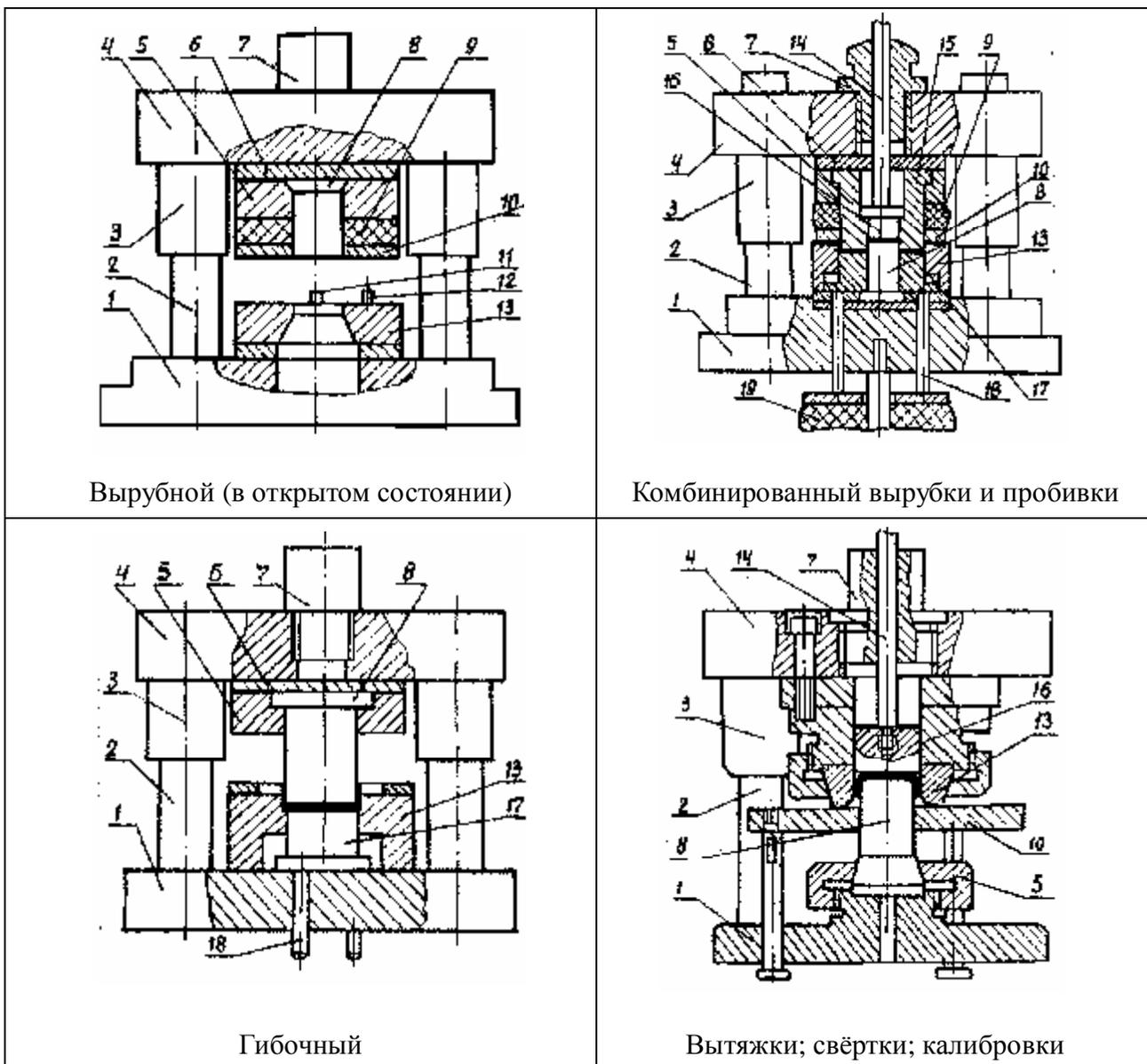
- при наличии жестких допусков на размеры, определяющие расположение отверстий относительно контура ($< \pm 0,1$ мм для размеров до 20 мм и $\pm 0,15$ мм для размеров 20 – 50 мм);

- для деталей, имеющих форму тел вращения.

Наиболее распространенные типы штампов представлены в табл.4.3.

Таблица 4.3

Типовые конструкции штампов [22]



Условные обозначения к табл.4,3: 1 - нижняя плита; 2 - колонка-направляющая; 3 - втулка; 4 - верхняя плита; 5 - пуансоно-держатель; 6 - прокладка; 7 - хвостовик; 8 - пуансон; 9 - резина съемника; 10 - съемник; 11 - упор шаговый; 12 - штифт направляющий; 13 - матрица; 14 - шток; 15 - пуансон-матрица; 16, 17 - выталкиватель; 18 - толкатель; 19 - буфер,

Используемые материалы для элементов штампов приведены в табл.4.4.

Таблица 4.4

Материалы деталей штампов [23,24]

Наименование и назначение деталей	Материалы	Твердость <i>HRC</i>
I	2	3
Пуансоны, матрицы для вырезки, пробивки простой формы	Сталь У10А; У10; Х12Ф1; У8А; 7Х5; У8	56 - 60 матрицы 54 - 58 пуансон
То же, при сложном или точном режущем контуре, Пуансоно-матрицы с тонкими рабочими стенками	Х12Ф1; 7Х5; ХВГ; 9ХВГ; 5ХВ2С; 9ХС	56 - 60 матрицы 54 - 58 пуансон
Пуансоны и матрицы гибочных и формовочных штампов	У8А; У8; У10; Х12Ф1 (для сложной формы) Х09; Х12	54 - 58 матрицы 52-56 пуансон 38-40
Пуансоны и матрицы вытяжные и отбортовочные	У10А; У12А	58 - 62
Пуансоны и матрицы чеканочные	У8А; Х12Ф1 (для сложной формы); ХВГ	56-60
Плиты блоков	Сталь 30Л; 40; Ст, 3; Ст, 4	52 – 54
Втулки и колонки направляющие	Сталь 20; 15	Цементировать 0,5 – 1 мм, 58-52
Прокладка под пуансон	Стали 10; 15; Ст, 2	Цементировать 45-50
Съемники разделительных штампов, пуансонодержатели, обоймы составных матриц, заклепки, щитки ограждения, лотки, винты, планки направляющие	Ст, 3; Ст, 4; Ст, 5 Сталь 45	
Выталкиватели к штампам совмещенного действия, плитки подкладные	Стали 45; 50 ХВГ; У8А	35-48
Хвостовики	Сталь 35; Ст, 4; Ст, 5	
Ступенчатые и крепежные винты, буферные шпильки, звездочки, штифты, упоры временные, грибовые, утопающие	Сталь 45; Ст, 6	40-45 резьбу не калировать
Фиксаторы, ловители	У8А; У8	50 – 54
Ножи, съемники-прижимы гибочных штампов, складкодержатели вытяжных штампов	У10А; У10; У8	54 – 62
Прокладки резиновые для съемников, прижимов и буферов	Резина 922 средней твердости	
Прокладки резиновые для съемников сложных штампов	Резина твердая 4061; 3465	

У матриц твердость выдерживается на глубине не менее половины ее высоты и на расстоянии не менее 5 мм вокруг рабочего контура; остальная часть

может иметь твердость *HRC* на 5 – 12 единиц ниже; у пуансонов по всей высоте, исключая хвостовую часть под расклепку или головку.

Стали X12Ф1 и 7Х3 рекомендуется применять для высокостойких штампов и штамповки твердых материалов (например, трансформаторной стали).

Для пуансонов и матриц при вытяжке деталей из титановых сплавов рекомендуются графитированные стали ЭИ-366, хромоникелевые чугуны СЧ35-56 и СЧ32-52, твердые металлокерамические сплавы ВК 6 и ВК 8. Колонки и направляющие втулки высокостойких штампов изготавливают из сталей ШХ5 или 38ХМЮА с закалкой и последующим азотированием.

Типовые конструкции разделительных штампов (простого, последовательного и совмещенного действия) приведены в [4, 12, 16, 22, 25, 26]. Все гибочные штампы могут быть разделены на четыре группы: простые; сложные (последовательного действия); комбинированные (для одновременной отрезки и гибки и др.); многооперационные (последовательного действия). Наиболее характерные типовые конструкции штампов для гибочных операций листовой штамповки можно найти в [12, 23, 26].

Все вытяжные штампы в зависимости от выполняемой операции могут быть разделены на штампы для первой и для последующих операций. Штампы этих двух групп могут быть простые, комбинированные и специальные. Описание типовых конструкций штампов для вытяжных операций приводится в [22, 24, 26]. Каждый штамп состоит из верхней и нижней частей. Основными их узлами являются верхнее и нижнее основания – плиты с направляющими устройствами или без них, которые вместе составляют пакеты и блоки штампов.

Пакеты – верхние и нижние части штампов без специальных направляющих устройств.

Блоки – верхние и нижние части штампов, имеющие направляющие устройства.

Направляющие колонки могут быть расположены симметрично, по диагонали и за осевой линией штампа.

Конструкции блоков и пакетов регламентированы ГОСТами [27 – 31].

Рекомендации по выбору типа блока:

- блоки с диагональным расположением колонок и втулок применять для разделительных и комбинированных штампов при повышенных требованиях и точности и стойкости штампов, а также к качеству поверхности срезов;

- блоки с задним расположением колонок и втулок применять для несложных гибочных, вытяжных и разделительных штампов, если консольное расположение колонок не влияет на стойкость рабочих деталей и качество поверхности среза. Эти же блоки применяются при штамповке из отходов;

- блоки с осевым расположением колонок и втулок - для разделительных и формообразующих штампов, предназначенных для штучных заготовок;

- блоки прецизионные целесообразны при штамповке малогабаритных деталей повышенной точности;

- блоки с шариковыми направляющими применять для разделительных штампов в условиях массового производства при высоких требованиях к стойкости штампов и точности штампуемых деталей, в особенности при толщине материала менее 0,5 мм, а также для штампов, оснащенных твердым сплавом;

- блоки со сменными пакетами разделительных штампов применять при мелкосерийном и серийном производстве деталей из материала толщиной до 3 мм, когда штампы используются не до полного износа;

- блоки с клиновым креплением пакетов применять при мелкосерийном и серийном производстве, а также при большой номенклатуре штампуемых деталей из материала толщиной 3-10 мм в случае экономической целесообразности изготовления отдельных штампов на каждую операцию и изделие.

Детали, штампуемые из металлов и сплавов с толщиной заготовок до 1,5 мм, а также из неметаллических материалов должны изготавливаться на блоках с диагональным или осевым расположением колонок. Эскизы различных типов стандартных и универсальных блоков и их применение приводятся в [26, 27].

С п о с о б ы к р е п л е н и я ш т а м п а н а п р е с с е. Независимо от конструкции нижняя плита закрепляется на столе прессы 4 при помощи двух планок 1 и болтов 2 (рис.4.1а). Верхняя плита штампа прикрепляется к ползуну

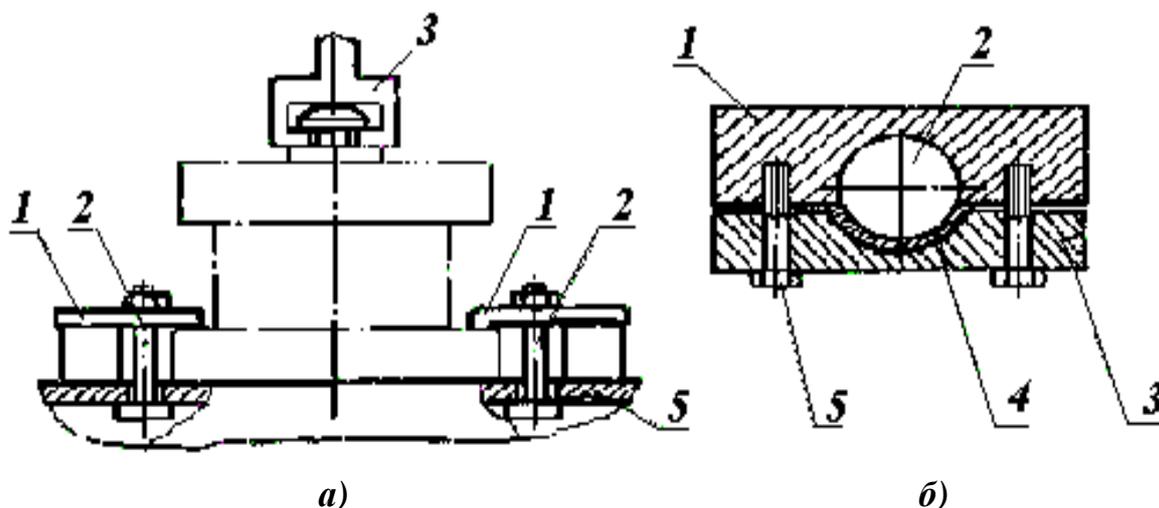


Рис.4.1. Способы крепления штампа на прессе

1 пресса при помощи хвостовика (рис.4.1б). Если хвостовик 2 имеет цилиндрическую форму, то крепление производят при помощи планки 3 и вкладыша 4 двумя винтами 5. Если хвостовик имеет форму грибка, он вставляется в паз держателя 3 на ползуне пресса (рис.4.1а).

4.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЯ И РАСЧЕТ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ШТАМПА

Ось хвостовика необходимо располагать в центре давления штампа для предотвращения перекосов, несимметричности зазора, износа направляющих элементов штампа и быстрого выхода из строя рабочих деталей.

Определение центра давления следует производить для многопуансонных штампов, штампов последовательного действия и при несимметричном вырезанном контуре. Координаты центра давления X_o , Y_o штампа определяются аналитически [4, 22, 24]:

$$X_o = \frac{\sum l_i x_i}{\sum l_i}, \quad Y_o = \frac{\sum l_i y_i}{\sum l_i},$$

где (x_i, y_i) – координаты центра масс i -ой линии, длина которой равна l_i .

Пересечение координат x_o и y_o дает искомый центр давления штампа.

Порядок расчета усилий вырезки (пробивки), снятия отхода или детали с пуансона, проталкивания детали или отхода через матрицу приводились ранее.

Расчет исполнительных размеров матриц и пуансона следующий:

- определение исполнительных размеров матриц для вырезки контура и пуансона для пробивки отверстия. Соответственно вторая рабочая деталь дорабатывается до первой с заданным зазором Z :

- определение исполнительных размеров пуансонов для вырезки контура и для пробивки отверстий. Матрица дорабатывается по пуансонам с зазором Z (способ изготовления матриц по оттиску пуансона);
- определение исполнительных размеров матриц и пуансона при раздельном способе их изготовления.

Наружный контур или отверстие штампуемой детали, имеющей сложную конфигурацию, при расчете исполнительных размеров делят на элементы, размеры которых при износе штампа уменьшаются или не изменяются. Исполнительные размеры рассчитываются с учётом сохранения максимально допустимых припусков на износ матриц и пуансонов. Схема условного расположения допусков и зазоров изображена на рис.4.2, расчетные соотношения приведены в табл.4.6.

Д л я ш т а м п о в в ы р у б к и и п р о б и в к и. Расчет исполнительных размеров пуансона и матрицы штампа зависит от элементов контура детали и материала вырубаемой детали. Значение зазора Z между пуансоном и матрицей вырубного штампа ориентировочно равно 5 – 6% от толщины материала S . При вырубке зазор получается за счет пуансона, а при пробивке – за счет матрицы. Величина зазора и его равномерное распределение оказывают существенное влияние на качество поверхности среза, величину усилия вырезки и износ режущих частей. Значения зазоров приведены в табл.4.5.

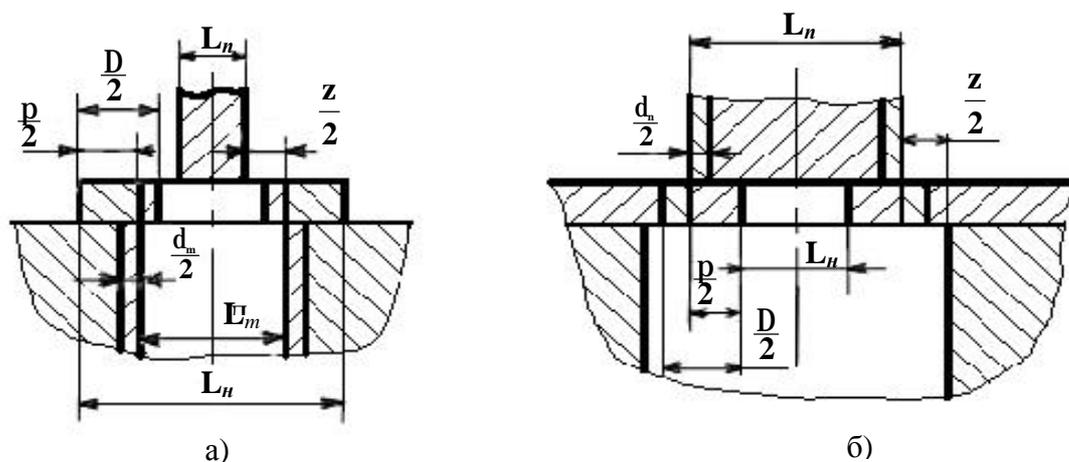


Рис.4.2. Схема условного расположения допусков и зазоров: а – размеры, увеличивающиеся при износе штампа; б – размеры, уменьшающиеся при износе штампа.

Условные обозначения : L_m , L_n , L_n – номинальные размеры матрицы, пуансона; и детали, соответственно; z – зазор между пуансоном и матрицей ; δ_m , δ_n и Δ – допуски на изготовление матрицы, пуансона и детали; π – припуск на износ матриц и пуансонов.

При износе штампа размеры детали могут уменьшаться (внутренний контур), увеличиваться (внешний контур) или оставаться неизменными (межосевые расстояния). Расчет исполнительных размеров пуансона и матрицы осуществляют по максимальному припуску на их износ. Значение припуска для вырубных штампов обычно равно $\Pi = (0,5-1,0)\Delta$, а при пробивке отверстий $\Pi = \Delta$ для $\Delta < 0,1$ мм и $\Pi = 0,8\Delta$ для $\Delta > 0,1$ мм, где Δ – допуск на размер детали. Расчетные формулы исполнительных размеров пуансона L_{Π} и матрицы L_M для операций вырубки и пробивки приведены в табл.4.6, 4.7.

Таблица 4.5

Зазоры между пуансоном и матрицей

Толщина материала	Сопротивление срезу t_{CP} , МПа							
	до 200		200-360		360-520		свыше 520	
	Двусторонний зазор z , мм							
	Номин,	Предел, Отклон,	Номин	Предел, Отклон,	Номин,	Предел отклон	Номин,	Предел отклон
0,1	0,004	0,01	0,005	-	0,006	-	0,007	0,01
0,2	0,008	0,01	0,01	0,012	0,01	0,014		

0,3	0,012		0,015		0,018		0,021	
0,4	0,016		0,020		0,024		0,028	
0,5	0,020		0,025	0,02	0,030		0,035	0,02
0,6	0,024		0,030		0,036	0,02	0,042	
0,7	0,028	0,02	0,035		0,042		0,049	
0,8	0,032		0,040		0,048		0,056	
0,9	0,036		0,045	0,03	0,054	0,03	0,065	
1,0	0,40		0,050		0,06		0,070	0,03
1,2	0,06	0,03	0,070		0,08		0,100	
1,5	0,08		0,090		0,11		0,120	
1,8	0,09		0,11		0,13		0,14	
2,0	0,10		0,12		0,14		0,16	
2,2	0,13		0,16	0,05	0,18	0,05	0,20	
2,5	0,15	0,05	0,18		0,20		0,23	0,05
2,8	0,17		0,19		0,22		0,25	
3,0	0,18		0,21		0,24		0,27	

Таблица 4.6

Расчётные формулы размеров матрицы и пуансона при вырубке

Размеры детали,	Допуск на деталь	Размеры матрицы, мм	Размеры пуансона, мм
Внешние	Односторонний	$L_M = (L_H - \Pi)^{+d}$	$L_M = L_{\Pi} - Z$
Внутренние	Односторонний	$L_M = L_{\Pi} + Z$	$L_{\Pi} = L_M + Z$
Межосевой	Односторонний	$L_M = L_{\Pi} = L_H^{+0,5d_M}$	
	Положительный Отрицательный	$L_M = L_{\Pi} = L_H - 0,5d_M$	
Внешние внутренние	Двусторонний симметричный	$L_M = L_H \pm 0,2D$	$L_M = L_{\Pi} - Z$
Межосевой	Двусторонний симметричный	$L_M = L_{\Pi} = L_H \pm 0,5D$	

Зазоры между съёмником и пуансоном. В зависимости от толщины штампуемого материала, конструкции штампа, размеров пуансонов съёмники вырубных штампов могут применяться для съёма отходов полосы с пуансонов или для фиксирования точного направления пуансонов.

Таблица 4.7

Расчетные формулы размеров матрицы и пуансона при пробивке

Размеры детали	Допуск на деталь	Размеры матрицы, мм	Размеры пуансона, мм
Внешние	Односторонний	$L_M = L_{\Pi} + Z$	$L_{\Pi} = (L_H + \Pi) - d_H$
Внутренние	Односторонний	$L_M = L_{\Pi} + Z$	$L_{\Pi} = (L_H - \Pi)^{+d_H}$
Межосевой	Односторонний положительный отрицательный	$L_M = L_{\Pi} = L_H^{+0,5d_M}$	
		$L_M = L_{\Pi} = L_H - 0,5D$	

Внешние, внутренние	Двусторонний симметричный	$L_M = L_{II} + Z$	$L_{II} = L_H \pm 0,2D$
Межосевой	Двусторонний симметричный	$L_M = L_{II} = L_H \pm 0,5D$	

Примечание: обозначения размеров, допусков и зазоров те же, что и на рис.4.2.

Если съемник применяется только для снятия отходов полосы с пуансона, то зазор между пуансоном и отверстием в съемнике должен быть таким, чтобы материал не затягивался в зазор под действием сил трения. Односторонний зазор не должен быть более 0,5 ширины перемычки в раскрое полосы.

Точное направление пуансонов в съемнике необходимо для обеспечения равномерного зазора Z между матрицей и пуансоном, Зазор между съемником и пуансоном в этом случае должен быть не более $0,8 Z$,

Расчет штампов для гибки. Величина внешнего изгибающего момента определяется из условия равновесия его с моментом внутренних сил. Изгибающие моменты для:

$$\text{одноугольной гибки:} \quad M = \frac{pl}{4}, \quad l = 1,8 (r + S),$$

$$\text{для двухугольной} \quad 2M = pl, \quad l = r + 1,2 S,$$

где r – радиус гибки; l – плечо в конце гибки; p – расчетное усилие гибки, Подробный расчёт усилий при гибке для многих практических случаев изложен в [20, 22].

Радиусы закругления рабочих кромок матрицы и пуансона оказывают влияние на усилие гибки и качество изгибаемых деталей. Нормальный радиус закругления рабочих кромок теоретически можно определить по упрощенной формуле:

$$r = \frac{1 - \varepsilon_2}{2\varepsilon_2},$$

где ε_2 - относительное удлинение наружного полотна при гибке.

Практически радиус закругления пуансона R_{II} принимается равным внутреннему радиусу изделия r . Радиус закругления матрицы при этом можно выбрать из таблиц [24]. Радиусы закругления углов матриц:

$$R_M = (0,6-0,8) (R_{II} + S), \text{ где } R_{II} = r.$$

Величина зазора (на одну сторону) Z_2 при двухугловой гибке зависит от толщины S , рода материала и допуска на толщину листа, а также и от длины загибаемой полки:

$$Z_2 = S + d_M + C S = S_{max} + C S,$$

где d_M – верхнее отклонение допуска на толщину металла; C – коэффициент, учитывающий уменьшение трения изгибаемой детали о рабочую поверхность матрицы.

Для ориентировочных расчетов величину зазора принимают: равной $Z_2 = (1,0 - 1,1) S$ – для цветных металлов и $Z_2 = (1,05 - 1,15) S$ для стали.

Зазор назначают за счет пуансона в том случае, когда требуется сохранить наружный размер детали, и за счет матрицы – когда требуется выдержать внутренний размер детали.

Допуски на изготовлении рабочих размеров штампов назначают чаще всего в угловом исчислении исходя из величины рассеяния угла пружинения. Допуски на рабочие размеры пуансонов и матриц двухугловых штампов для получения деталей типа скобы устанавливают в зависимости от того, какой размер изделия по техническим условиям требуется выдержать точно – наружный (A) или внутренний (B).

Учитывая эти требования, рабочие размеры пуансона и матрицы штампа определяют по следующим формулам:

а) для случая получения изделия с точными наружными размерами (рис.4.3а) с учетом припуска на износ матрицы $\Delta' = 0,8 \Delta$:

$$A_M = (A_H - \Delta') + d_M = (A_H - 0,8\Delta) + d_M,$$

$$B_{II} = (A_H - \Delta' - 2Z_2) - d_{II} = (A_H - \Delta' - 2Z_2) - d_{II};$$

б) для случая получения изделия с точными внутренними размерами (рис.3,3,б) с учетом припуска на износ пуансона $\Delta' = 0,2 \Delta$:

$$B_{II} = (B_H + \Delta') - d_{II} = (B_H + 0,2\Delta) - d_{II},$$

$$A_M = (B_H + \Delta' + 2Z_2) + d_M = (B_H + 0,2\Delta + 2Z_2) + d_M$$

При $\Delta < 0,1$ мм Δ' можно не учитывать и применять схему, как на рис.4.3). Здесь A_M и B_{II} – размеры матрицы и пуансона; A_H и B_H – номинальные наружные (для случая а) и внутренние (для случая б) размеры скобы; Δ – поле допуска на изготовление изделия, берется по 10 – 11 качеству или по приве-

денным данным; Δ' - припуск на износ матриц и пуансона; d_M и d_{II} - допуск на изготовление соответственно матрицы и пуансона (обычно задаются по 7-9 квалитетам).

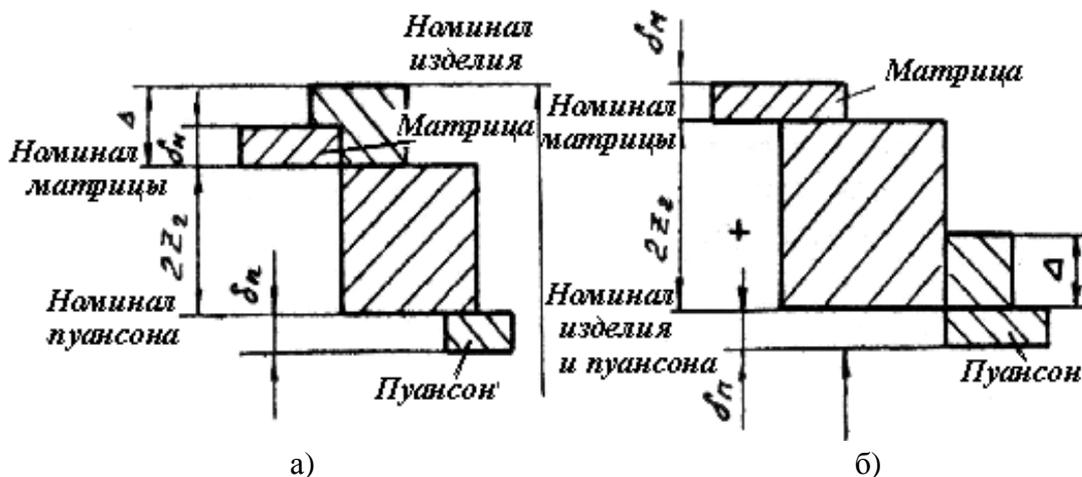


Рис.4.3. Схемы расположения допусков на исполнительные (рабочие) размеры матрицы и пуансона штампа для гибки скобы: а – по наружному, б – по внутреннему размеру

Расчет рабочего угла α_p пуансона и матрицы выполняется с учетом пружинения детали $a_M = a_{II} = a_p = a_d \pm b$. Если пружинение приводит к уменьшению угла a_d , то b берется со знаком "+", при увеличении a_d со знаком "-".

При П-образной гибке для наружного размера детали L_d исполнительный размер определяется для матрицы: $L_M = L_d + d_{II}$, а пуансон подгоняется к матрице с зазором Z . Для внутреннего размера детали Z определяет размер пуансона; $L_{II} = L_d - d_d$, а матрица подгоняется к пуансону с зазором Z . Значения зазоров Z приведены в табл.4.8.

Таблица 4.8

Зазор между пуансоном и матрицей

Операции	Для мягких сталей 08, 10, Ст,1, Ст,2	Для латуни и алюминия
Вытяжка: для 1-й операции	(1,35-1,5) S	(1,3-1,4) S
для последующих	(1,2-1,3) S	(1,0-1,1) S
При гибке	(1,05-1,3) S	(1,0-1,1) S

Расчет штампов для вытяжки. Определение величин усилия при вытяжке по теоретическим формулам, полученным на основе теории пластичности, на практике представляет значительные затруднения. Поэтому при

выполнении курсового проекта необходимо воспользоваться упрощенной методикой расчета по эмпирическим формулам (см. ранее) или в [12,20].

Радиусы закругления матрицы r_M и пуансона r_{II} вытяжных штампов зависят от толщины, вытягиваемого материала, степени деформации, скорости вытяжки, номера вытяжки, высоты изделия и других параметров. Значения r_M , полученные на основании опытных данных, учитывающих перечисленные факторы, приведены в табл.4.9.

Для первой вытяжной операции и более тонкого материала следует брать табличные значения ближе к верхнему пределу, а для последующих вытяжных операций и более толстого материала – ближе к нижнему.

Обычно для последующих операций $r_{II} = (0,7-0,8) r$.

Таблица 4.9

Радиусы закругления матрицы вытяжных штампов

Материал	Значения r_M при толщине материала S		
	до 3 мм	От 3 до 6 мм	от 6 до 21 мм
Сталь	(10-6) S	(6-4) S	(4-2) S
Медь, латунь, алюминий	(8-5) S	(5-3) S	(3-1,5) S

На качество деталей при вытяжке оказывают влияние радиусы закругления пуансонов и матриц. Малые радиусы закругления приводят к увеличению усилия вытяжки, следовательно, к увеличению вероятности разрыва детали, а при больших радиусах возможно образование складок.

При однооперационной вытяжке круглых деталей без утонения радиус закругления пуансона равен радиусу детали. Радиус закругления матрицы R_M определяется:

$$R_M = (4-10) S \text{ – для деталей из пластичной стали;}$$

$$R_M = (3-5) S \text{ – для деталей из латуни и алюминия.}$$

Для всех операций вытяжки, кроме последней, радиус закругления пуансона r_{II} принимают равным радиусу закругления матрицы и меньше его; для последней вытяжной операции радиус закругления пуансона берут по внутреннему радиусу закругления вытягиваемого изделия, но не менее $(3 - 2) S$ для материалов толщиной до 6 мм и не менее $(2 - 1,5) S$ для материалов толщиной от 6 до 20 мм. Допускается постепенное уменьшение радиуса закругления пуансона, начиная со второй операции.

При многооперационной вытяжке размеры матрицы и пуансона рассчитывают с учетом размера принятого зазора и допусков на деталь на последней операции:

для наружного контура детали $L_M = (L - d_D)^{+d_M}$; $L_H = (L - d_D - 2Z_B)_{-d_H}$;

для внутреннего контура $L_M = (L + 0,5d_D + 2Z_B)^{+d_M}$; $L_H = (L + d_D + 2Z_B)_{-d_H}$.

Размеры пуансона и матрицы определяется по следующим формулам:

а) при сопряжении полного изделия по наружному размеру с учетом припуска на износ матрицы $\Delta' = 0,8 \Delta$; $L_M = (L_H - 0,8\Delta)^{+d_M}$,

$$L_{II} = (L_H - 0,8\Delta - 2Z_B)_{-d_{II}};$$

б) при сопряжении полого изделия по внутреннему диаметру с учетом припуска на износ пуансона $\Delta' = 0,2 \Delta$; $L_M = (L_H + 0,3\Delta + 2Z_B)^{+d_M}$;

$$L_{II} = (L_H + 0,2\Delta)_{-d_{II}},$$

где L_{II} и L_M – размеры пуансона и матрицы; L_H – номинал изделия; Δ – поле допуска на изготовление изделия; Z – зазор между матрицей и пуансоном; d_{II} и d_M – допуск на изготовление пуансона и матрицы (обычно по 7 – 9 квалитетам).

Зазор между матрицей и пуансоном выбирается с учетом нормированных колебаний по толщине материала. На основании экспериментальных данных в среднем величины зазоров составляют при вытяжке из мягкой стали для первой операции (1,35 – 1,5) S , для последующих операций (1,2 – 1,3) S ; при вытяжке из алюминия и латуни соответственно (1,3 – 1,4) S и (1,25 – 1,35) S . Калибровочная операция осуществляется при зазорах (1,0 – 1,1) S . Значения одностороннего зазора Z между пуансоном и матрицей приведены табл. 4.8.

Допуски на размеры матрицы L_M и пуансона L_{II} выбираются по 7 – 8-му квалитетам точности при допусках на деталь по 12-му квалитету и по 6 – 9-му квалитетам для деталей 14-го квалитета точности.

4.6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПОНОВКИ И ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПА

В каждом штампе имеются детали общего назначения – плиты, колонки, хвостовики и т.д. и рабочие детали – пуансоны, матрицы, прижимы и др. В пакетных штампах верхняя часть комплектуется из следующих основных деталей: хвостовика, верхней плиты, прокладки, пуансонодержателя, пуансонов, винтов

и штифтов. Нижняя часть обычно состоит из: нижней плиты, матрицы, направляющей плиты, винтов, штифтов, упоров, ловителей, боковых ножей, пружин (последние могут быть в верхней и нижней частях штампа).

В состав блок-штампов помимо этого также входят: съемники, выталкиватели, упорные стержни и штифты, направляющие колонки и втулки, скользящие и стопорные винты.

В приложении в качестве примера приводится сборочный чертеж штампа вырубki-пробивки, в конструкции которого присутствует большинство из перечисленных элементов.

Так как на большинство деталей штампов имеются ГОСТы, то ниже будут рассмотрены главным образом конструктивные особенности рабочих деталей.

4.6.1. Элементы разделительных штампов

Пуансоны классифицируются по форме поперечного сечения; форме режущих кромок; способу крепления. Основные размеры пуансонов приведены в соответствующих таблицах стандарта. В конструкциях штампов встречается большое разнообразие способов крепления пуансонов.

Матрицы разбиваются на группы:

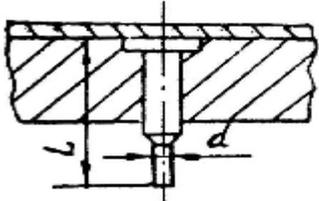
- по внешней форме и по способу закрепления на нижней плите или в матрицедержателе (плитовые (прямоугольные), дисковые (круглые), удерживаемые путём запрессовки, прижимными кольцами, или быстросменные, специальные составные или сварные);

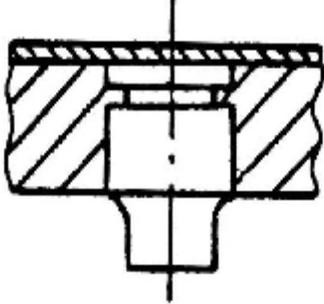
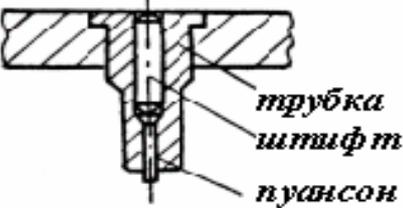
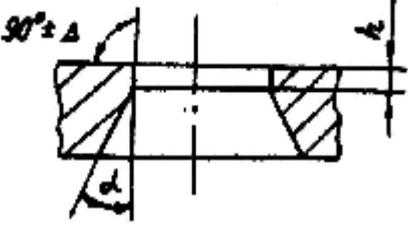
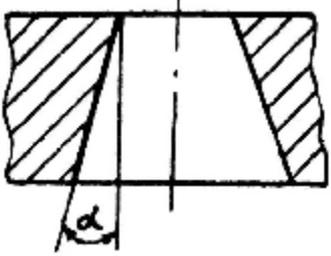
- по профилю рабочего отверстия: (с цилиндрической шейкой, переходящей в конус; с конусом от рабочей плоскости; с двумя цилиндрическими участками; с двумя конусами).

Эскизы наиболее распространенных пуансонов и матриц приведены в табл.4.10.

Таблица 4.10

Эскизы наиболее распространенных конструкций пуансонов и матриц

<p>Пуансон с заплечиком по ГОСТ 16621-71</p>		<p>Для пробивки отверстий диаметром до 5 мм</p>
--	---	---

<p>Пуансон усиленный с буртиком ГОСТ 16625-71</p>		<p>Для пробивки отверстий и вырезки деталей диаметром от 26 до 50 мм</p>
<p>Пуансон сменный, закреплённый в трубке</p>		<p>Для пробивки отверстий диаметром от 0,8 до 12 мм в случае тяжёлых условий работы</p>
<p>Матрица с шейкой</p>		<p>Для вырубki деталей сложной конфигурации. Высота шейки h и допустимое отклонение угла Δ берутся в зависимости от толщины материала, угол $\alpha = 3-5^\circ$</p>
<p>Матрица с конусом</p>		<p>Для вырубki небольших деталей простой конфигурации, α берётся в зависимости от толщины материала</p>

Расчет размеров плитовых матриц и основные размеры втулочных матриц приведены в соответствующих стандартах.

4.6.2. Элементы штампов для гибки

При гибке мелких и средних деталей гибочные матрицы делаются цельными, при гибке крупногабаритных деталей – составными из отдельных секций. Крепление их производится с помощью винтов и штифтов.

Мелкие гибочные пуансоны крепятся в пуансонодержателе, а более крупные – отдельно на верхней плите штампа.

Конструктивные размеры матриц и пуансонов гибочных штампов приведены в [24, 28].

4.6.3. Элементы штампов для вытяжки

Для вытяжных операций важен правильный выбор размеров, радиусов рабочих кромок матриц и пуансона, а также форма-профиль заходной части матрицы и прижима.

При вытяжке мелких деталей матриц делаются втулочными с креплением их в матрицедержателе. Для крупногабаритных деталей матрицы изготавливают составными и монтируют их на обычной плите. При вытяжке с уточнением пуансоны и втулочные матрицы делают быстросменными.

5. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ШТАМПОВ

5.1. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

Сборочный чертёж выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.424-80 и других стандартов ЕСКД [27]. Штамп изображают в сомкнутом состоянии, т.е. в крайнем нижнем положении, как правило, в двух проекциях: главной и "плана низа" – со снятой подвижной верхней частью штампа (в прямой проекционной связи с главным видом). Для пояснения конструкции допускается изображение дополнительных видов, чаще "плана верха", как правило, не в прямой проекционной связи с главным видом с соответствующей надписью над проекцией. На дополнительных видах, разрезах, сечениях допускается изображать штампы в раскрытом состоянии. При этом над изображением следует приводить надпись: "В раскрытом состоянии".

На сборочном чертеже, кроме размеров, установленных ГОСТ 2.109-73 должны быть указаны размер закрытой высоты штампа и размер вылета.

На сборочном чертеже формообразующего штампа на изображении или в технических требованиях следует указывать размер (с предельными отклонениями) зазора между рабочими частями штампа.

Графы основной и дополнительной надписи заполняются по ГОСТ 2.104-68, ГОСТ 2.109-73. При совмещённой или последовательной штамповке указывают вид выполняемых операций по ГОСТ 18970-73, например: "Отрезка и гибка", "Пробивка и отбортовка".

При указании номеров позиций допускается отводить линии-выноски от невидимого контура, если при этом отпадает необходимость выполнение дополнительного изображения. В этом случае линия-выноска должна заканчиваться стрелкой.

На сборочном чертеже штампа допускается не изображать полностью перетяжные ребра, канавки под них, рукава трубопроводов, а также канавки под смазку. При этом изображают их концы и проводят осевые линии.

На первом листе сборочного чертежа штампа в правом верхнем углу помещается таблица. В ней приводят наименование и обозначение штампов, в которых выполняется данная деталь (рис.5.1).

В технических требованиях чертежей штампов, кроме основных требований (модель и номинальное усилие прессы, расчетное усилие операции, размер открытой высоты штампа, размер зазора между рабочими частями с предель-



Рис.5.1. Оформление таблицы на сборочном чертеже штампа

ными отклонениями и др.), рекомендуется приводить следующие указания:

- о необходимости уточнения расчетных размеров рабочих контуров разделительных штампов в связи с проведением опытов по определению конфигурации заготовки и формообразующих штампов, в связи с уточнением углов пружинения штампуемого материала, а также других параметров;
- по уточнению количества и места расположения элементов торможения штампуемого материала в вытяжных штампах;
- о выполнении особых условий по обеспечению надежности работы механизмов штампа (включая элементы привода, управления и др.);
- необходимые параметры прессы (ход ползуна, частота включений и др.);
- о технике безопасности (применение щипцов, способ включения прессы и др.).

На первом листе сборочного чертежа в правом верхнем углу (под таблицей "Комплект штампов") помещают эскиз штампуемой детали после данной операции (справочные данные), а при необходимости, изображение исходной заготовки, переходы штамповки (например, при последовательной вытяжке в ленте), схему раскроя полосы или ленты. Над изображением приводят соответствующие надписи (например, "Деталь после данной операции", "Заготовка" и т.д.), которые подчеркивают сплошной линией.

Допускается эскиз детали после данной операции, эскиз заготовки, схемы раскроя и переходов штамповки выполнять на отдельном (последнем) листе сборочного чертежа.

Штампующую деталь или заготовку, как правило, изображают в штампе в виде «обстановки», т.е. в том положении, в каком она обрабатывается в данном штампе. На изображении наносят только те размеры, которые необходимы для разработки чертежей штампа, включая "базовые", и для фиксации детали.

В разрезах и сечениях штампующую деталь, толщина которой на изображении не более 2 мм, показывают зачернённой, а при толщине свыше 2 мм – заштриховывают участками по три линии. Деталь допускается изображать частично, показывая только участок, который обрабатывается в данном штампе.

Сведения, относящиеся к штампующей детали после данной операции, помещают около её изображения, если оно выполняется на первом листе. Если эскиз детали после данной операции помещён на соседнем листе сборочного чертежа, то указанные сведения помещают на этом листе над основной надписью.

В плане схемы раскроя полосы или ленты следует выделять штриховкой зоны материала, отделяемые от заготовки (отходы, вырубаемая деталь).

Сборочный чертеж и спецификация штампа с детализировками, выполненные в соответствии с ГОСТ 2.424-80 и ГОСТ 22472-87 приведен в приложении.

5.2. ДЕТАЛИРОВКИ

При нанесении размеров на рабочие контуры пуансона, матрицы, пуансон-матрицы и др. одну из них следует считать "основной" рабочей деталью.

Если размеры штампующей детали заданы с предельными отклонениями точнее 9-го качества, то размеры рабочего контура штампа с предельными отклонениями наносят только на "основной" рабочей детали, а на соответствующих контурах сопрягаемой детали наносят номинальные размеры без предельных отклонений. Эти размеры отмечают знаком "*", а в технических требованиях делают соответствующие записи. Например, для случая, когда "основной" рабочей деталью является матрица, на чертеже пуансона, пригоняемого по матрице с зазором, – "* Пригнать по матрице (поз...) с зазором ... на сторону".

При сложном рабочем контуре "основной" рабочей детали штампа и невысокой точности размеров штампующей детали (13 – 16 качества) на изображении "основной" рабочей детали наносят размеры без предельных отклонений. В

этом случае в технических требованиях чертежа записывают: "Неуказанные предельные отклонения размеров $\pm \dots$ или $\pm \dots(-)$ ".

Когда на чертеже "основной" детали невозможно или нецелесообразно дать все размеры, необходимые для изготовления, то в технических требованиях приводят запись: "Рабочий контур изготовить по шаблону (мастер-модели)".

На изображение наносят размеры, координирующие контур относительно осей. В державках, съемниках, выталкивателях с двумя или более отверстиями под пуансоны координаты соответствующих отверстий на чертежах наносят без предельных отклонений. При этом отличают их знаком "*", а в технических требованиях делают запись: "Координаты отверстий под пуансоны согласовать с пуансоном - матрицей (матрицей) (поз...)".

Детали штампа, состоящие из отдельных секций, рассматривают как сборочные единицы. При этом, как правило, не выполняют чертежи на отдельные секции. Допускается выполнять чертежи на отдельные секции в случаях, когда обеспечиваются условия взаимозаменяемости или когда невозможно обработать секционную группу в сборе.

На чертежах деталей координаты отверстий под крепежные детали наносят только в одной из скрепляемых деталей (обычно в закаленной). На других чертежах деталей, скрепляемых совместно у размеров отверстий, ставят звездочку (*), а в технических требованиях делают запись: "По матрице".

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Достанко А.П., Пикуль М.И., Хмыль А.А. Технология производства ЭВМ: Учебник для вузов.- Мн.: Выш. школа, 1994. - 347 с.
2. Ачкасов Н.А., Терган В.С., Козлов В.И. Технология точного приборостроения.- М.: Высш. шк., 1981.- 351 с.
3. Технология конструкционных материалов: Уч. пособие для вузов /Под ред. А.М.Дальского.- М.: Машиностроение, 1990.- 352 с.
4. Еленев С.А. Холодная штамповка.- М.: Высш. шк., 1988.- 271 с.
5. Технология металлов и материаловедение/ Б.В.Кнарзов, Л.Ф.Усова, А.В.Третьяков и др.- М.: Металлургия, 1987.- 800 с.
6. Гаврилов А.Н. Основы технологии приборостроения. Учебник для вузов.- М.: Высш. шк., 1986.- 328 с.
7. Краткий справочник металлиста/Под ред. П.Н.Орлова, Б.А.Скороходова,- М.: Машиностроение, 1986.- 960 с.
8. Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы/ В.Л.Соломахо и др.- Мн.: Выш. шк., 1988.- 272 с.
9. Конструкционные материалы: Справочник/Под общ ред. Б.Н.Арзамасова.- М.: Машиностроение, 1990.- 688 с.
- 10.Золотаревский В.О. Механические свойства металлов: Учебное пособие.- М.: Металлургия, 1983.- 352 с.
- 11.Костин П.П. Физико-механические испытания материалов, сплавов и неметаллических материалов: Учеб. пособие.- М.: Машиностроение, 1990.- 256 с.
- 12.Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке.- М.: Машиностроение, 1979.- 520 с.
- 13.Справочник металлиста. В 5-ти т. Т. 4/Под ред. А.Н.Малова.- М.- Машиностроение, 1978.- 778 с.
- 14.Справочник металлиста. В 5-ти т./ Под ред. А.Г.Рахштадта, В.А.Брострема.- М.- Машиностроение, 1976.
- 15.Технологичность конструкции изделия. Справочник/ Под общ. ред. Ю.Д.Амирова.- М.: Машиностроение, 1990.- 768 с.
- 16.Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т./ Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова.- М.: Машиностроение, 1986.
- 17.Справочник технолога-приборостроителя. В 2-х т./ Под ред. Е.А.Скороходова.- М.: Машиностроение, 1980.
- 18.Максимов Б.Г., Тявловский М.Д. Метод. разработка по курсу МК и ТД РЭС (ЭВС). Ч. 4.- Мн.: МРТИ, 1994.- 45 с.
- 19.Девятов В.В. Малоотходная технология обработки материалов давлением.- М.: Машиностроение, 1987.- 288 с.
- 20.Зубцов М.Е. Листовая штамповка.- М.: Машиностроение, 1967.- 459 с.

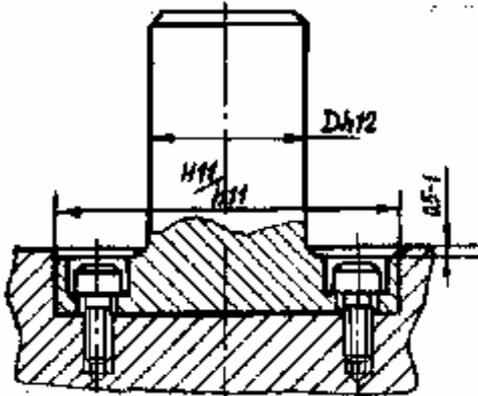
- 21.Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку.– М.: Машиностроение, 1964.– 74 с.
- 22.Руководящие материалы "Выбор технологических процессов и штампов для листовой штамповки деталей приборов".- М.: ВНИТИ приборостроения, 1965.- 132 с.
- 23.Андреев Г.Н., Новиков В.Ю., Схирладзе А.Г. Проектирование технологической оснастки.- М.: Изд. "Станкин", 1997.- 416 с.
- 24.Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки.– М.: Машиностроение, 1972.– 359 с.
- 25.Мещерин В.Т. Листовая штамповка. Атлас схем.– М.: Машиностроение, 1975.–227 с.
- 26.Фойгельман Г.А. Альбом конструкций универсальных штампов блоков и узлов для холодной штамповки. 5-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1985.– 112 с.
- 27.Единая система конструкторской документации: Справочное пособие/ С.С.Борушек и др.- М.: Издательство стандартов, 1989.- 352 с.
- 28.ГОСТ 18752-80 ... ГОСТ 18824-80. Штампы листовой штамповки. Детали и сборочные единицы.– М.: Госстандарт, 1981.– 512 с.
- 29.ГОСТ 13114-75 ... ГОСТ 13116-75. Штампы для холодной штамповки. Плиты штампов. Направляющие колонки и втулки. Блоки штампов.– М.: Госстандарт, 1978, 1979.- 117 с.
- 30.ГОСТ 16621-80 ... ГОСТ 16675-80. Пуансоны, матрицы, державки подкладные, плитки и шпонки разделительных штампов.– М.: Госстандарт, 1980.– 463 с.
- 31.ГОСТ 16715-71 ... ГОСТ 16722-71. Хвостовики для штампов листовой штамповки.– М.: Машиностроение, 1971.– 59 с.
- 32.ГОСТ 3.1701-79. ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Холодная штамповка.
- 33.ГОСТ 13139-74. Блоки штампов для листовой штамповки. Нормы точности.
- 34.ГОСТ 22472-77. Штампы листовой штамповки. Общие технические условия.
- 35.ГОСТ 13110-75. ГОСТ 13126-75. ГОСТ 13130-75. ГОСТ 21173-74. Штампы для листовой штамповки. Плиты, направляющие колонки, втулки и блоки штампов. Конструкция и размеры.
- 36.ГОСТ 17097-71. ГОСТ 17098-71. Блоки с шариковыми направляющими и вкладыши универсально-накладочных штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры.
- 37.ГОСТ 18717-73. ГОСТ 18719-73. Плиты для сменных разделительных штампов листовой штамповки (заготовки). Конструкция и размеры.
- 38.ГОСТ 19842-74. ГОСТ 19846-74. Блоки универсальные и комплектующие детали сменных штампов для листовой штамповки. Конструкция и размеры.

- 39.ГОСТ 18752-80. ГОСТ 18824-80. Штампы листовой штамповки. Детали и сборочные единицы.
- 40.ГОСТ 13114-75. ГОСТ 13116-75. Штампы для холодной штамповки. Плиты штампов. Направляющие колонки и втулки. Блоки штампов.
- 41.ГОСТ 16621-80. ГОСТ 16675-80. Пуансоны, матрицы, державки подкладные, плитки и шпонки разделительных штампов.
- 42.ГОСТ 16715-71. ГОСТ 16722-71. Хвостовики для штампов листовой штамповки.
- 43.ОСТ 4ГО.050.004. Нормативы плановой трудоемкости изготовления штампов для холодной штамповки.
- 44.ОСТ 4ГО.054.072. Штамповка листовых деталей на координатно-револьверных прессах. Технические процессы.
- 45.ОСТ 4ГО.059.000. Штампы для холодной штамповки. Бланк-чертежи разделительных штампов.
- 46.ОСТ 4ГО.059.050. Блоки штампов-автоматов. Конструкция и размеры.
- 47.ОСТ 4ГО.059.176. ОСТ 4ГО.059.189. Детали штампов для листовой штамповки. Конструкция и размеры.
- 48.ОСТ 4ГО.059.165. Приспособления и инструмент для профильного шлифования при изготовлении штампов, пресс-форм и форм для литья под давлением. Руководство по выбору. Ред. 1-72.
- 49.ОСТ 4ГО.059.025. Прессы механические. Типы и основные параметры.– М., 1973.
- 50.ОСТ 4ГО.059.027. Приспособление клещевое с пневматическим приводом для автоматической подачи ленты при холодной штамповке. Конструкция, размеры.– М., 1972.

ПРИЛОЖЕНИЯ

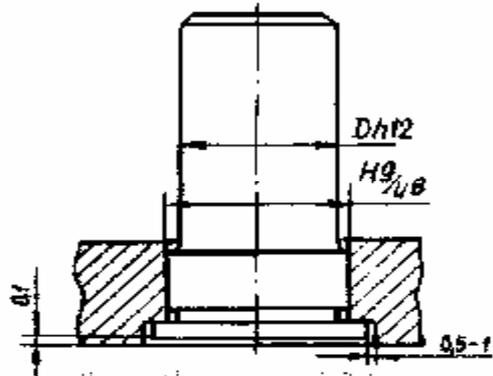
Приложение 1

Основные конструкции хвостовиков штампов

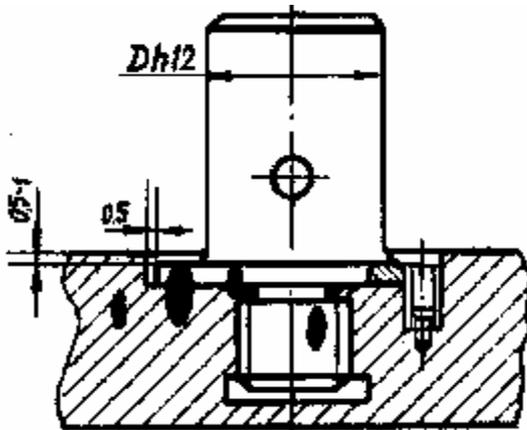


Хвостовик с фланцем

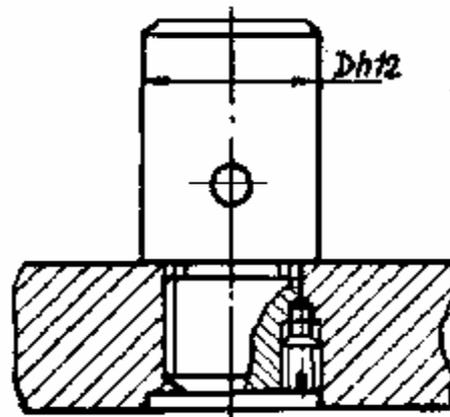
Для всех нормализованных разделительных штампов



Хвостовик с буртиком

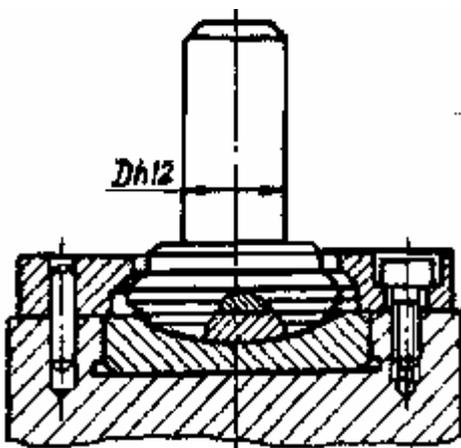


Хвостовик с резьбой и с буртиком

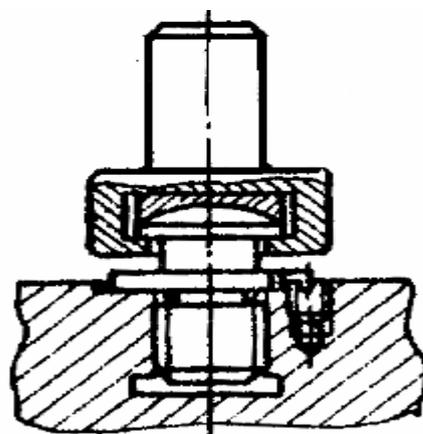


Хвостовик с резьбой без бурта

Хвостовики плавающие для вытяжных и гибочных штампов

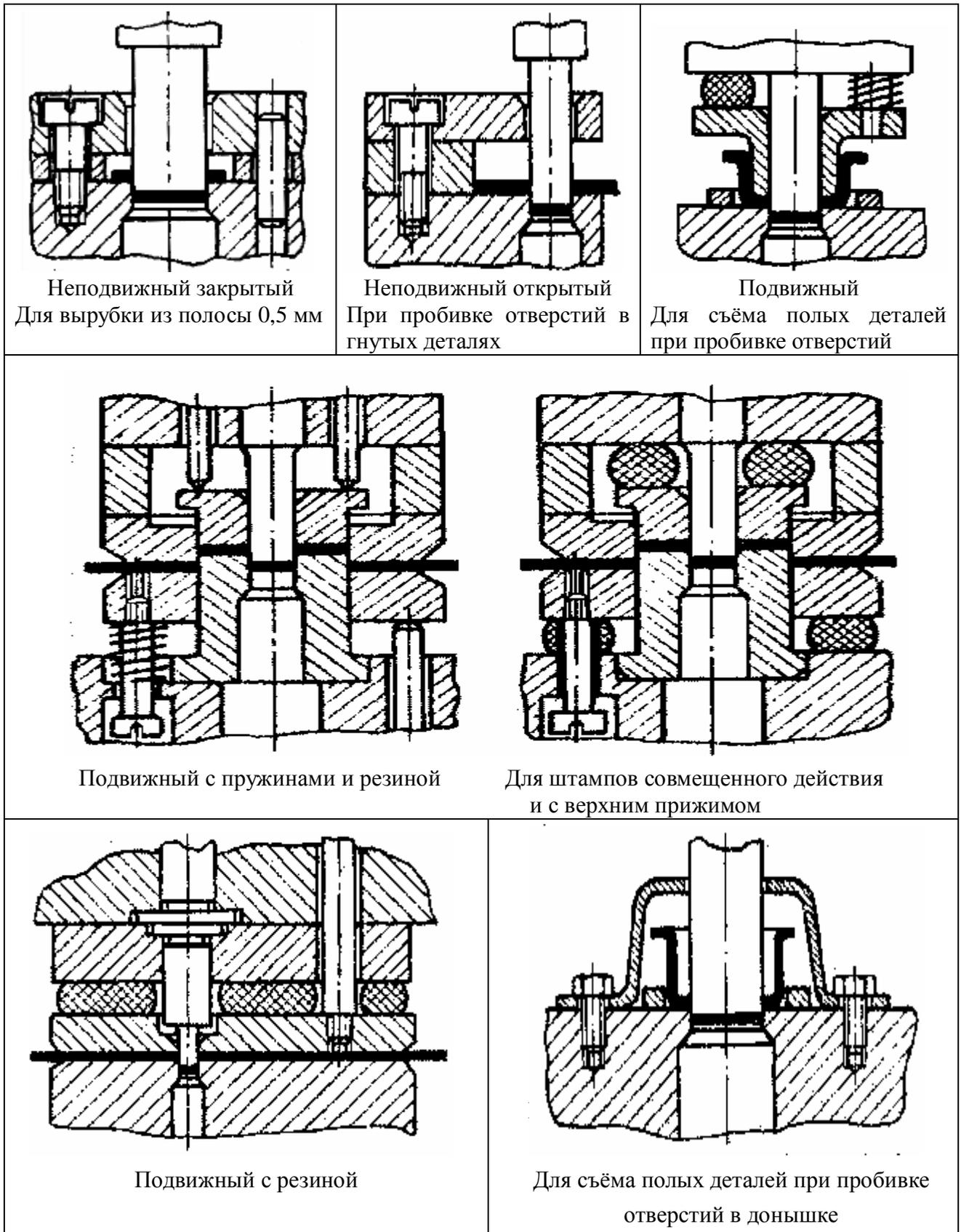


Для тонколистовых материалов до 0,5 мм на вырубных штампах



Для прецизионных штампов

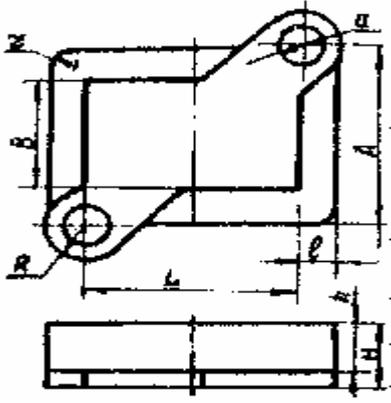
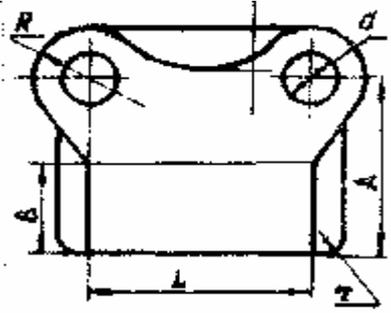
Основные типы съёмников для штампов



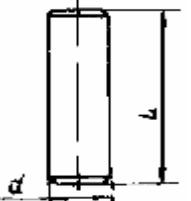
Приложение 4

Конструктивные элементы штампов и их исполнительные размеры

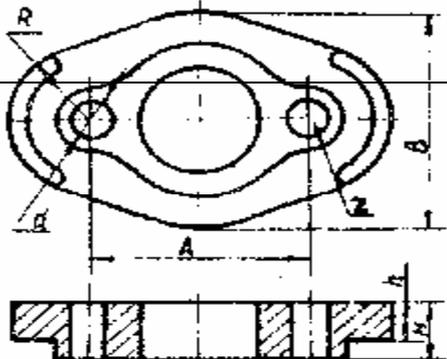
Платы

ГОСТ 13124-75	Обозначения	H	L	B	A	d	l	R
	1004-1001 ... 1004-1035	60- 115	60- 250	50- 125	90- 190	14- 28	18- 32	22- 45
	1004-1001 1004-1035	60 115	60 250	60 250	90 190	14 28	18 32	22 45
ГОСТ 13125-75								

Колонки направляющие

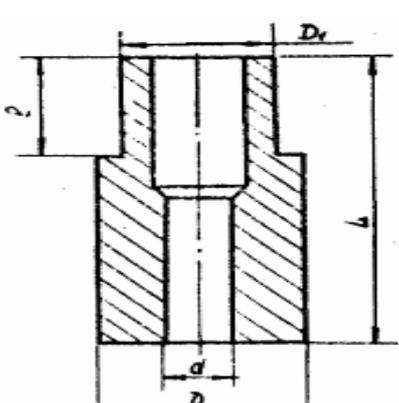
	Обозначения	d	L
	ГОСТ 13118-75	1030-1009...1062	14-28

Плиты

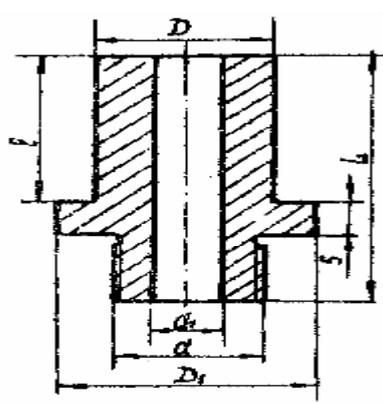
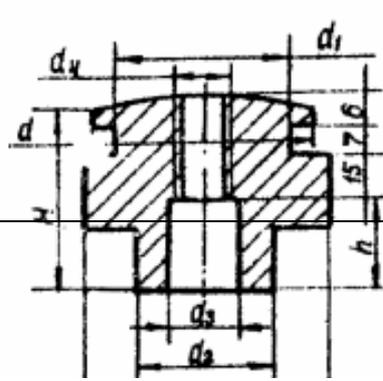
	Обозначения	h	H	D	A	d	B	R	r

1004- 2001... 2055	30- 55	40- 45	40- 220	55- 265	14- 25	70- 250	30- 70	15- 45
--------------------------	-----------	-----------	------------	------------	-----------	------------	-----------	-----------

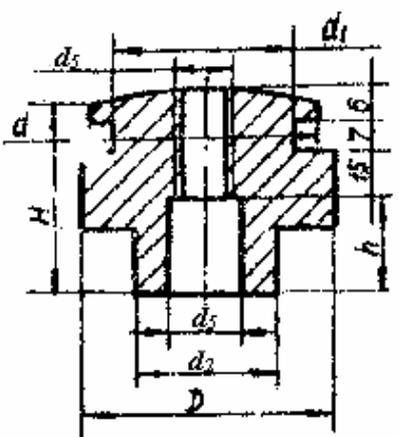
Втулка направляющих колонок

ГОСТ 13122-67 	Обозначения	d	D	D_1	L	l
		1032-1173 ... -1198	14-32	25-50	22- 45	55- 100

Хвостовики

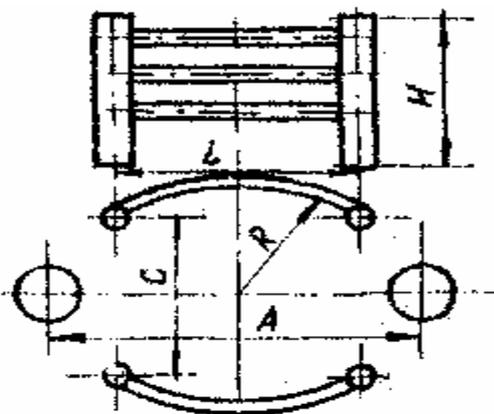
Исполнение 1 	Обозначение		D	D_1	d	d_1	L	l	
	Испол,1	Испол,2							
	1034-1001	-1002	12	35	M24x2	6	45	25	
	-1003	-1004	16			6	43	23	
	-1005	-1006	20			10	85	60	
	-1007	-1008		40	M30x2				
	-1009	-1010	25	35	M24x2	10	65	45	
	-1011	-1012		40	M30x2	10	70	55	
	-1013	-1014			M24x2	10	75		
	-1015	-1016	30		M30x2	10	80		
	-1017	-1018		M36x3	10				
	-1019	-1020	35	45	M30x2	10			
	-1021	-1022			M36x3	10			
Исполнение 2 $d_1=0$ 	-1023	-1024		50	M30x2	10	70	45	
	-1025	-1026		40	M36x3	10	83	58	
	-1027	-1028				13	88		
	-1029	-1030		45	55	M45x3	13	90	60
	-1031	-1032				13	105	75	
	-1033	-1034	50	62		17	125		

	-1035	-1036			M52x3	17	125	90
	-1037	-1038	60	70		17		
	-1039	-1040	75	85		17	115	80

Исполнение 1	Обозначения	D	d	d ₁	d ₃	d ₂	d ₄	d ₅	H	h
	1034-1101		30		16	M24x2	M8	-		28
	-1102	35			-		-	10	40	-
	-1103			24	21	M30x2	M8	-		28
	-1104	40	30		-		-	10		-
	-1105				26	M36x3	M1	-	48	28
	-1106	50			-		0	10		-
	-1107		38	28	32	M45x3	-	-		40
	-1108				-		M1	13	54	-
	-1109	62			42	M52x3	0	-		45
	-1110						-	17	59	-

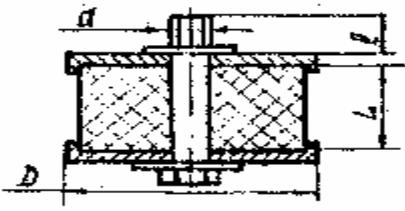
Ограждение

Обозначения	L	B	H	L ₁	B ₁	L ₂
1081-0301	60	50	70	80	60	50
-0302	100		100	120	60	85
-0303	80	60	85	100	70	65
-0304	125		110	145		105
-0305	100	80	100	120	90	85
-0306	160		130	180		140
-0307	125	100	115	145	110	105
-0308	200	125	135	220	135	180
-0309	160	160	130	180		140
-0310	200	200	140	220	170	180
-0311	320	250	190	340	210	290
-0312	400	320	215	420	260	370
Обозначения	A	L	H	C	R	



	1081-	55	50	47	38	31
	0251	78	70	45	48	41
	-0252	92	85	50	48	46
	-0253	115	105	55	58	51
	-0254	150	140	90	70	70
	-0255	175	165	105	80	85
	-0256	210	190	115	90	97
	-0257					
	-0258	235	215	125	105	107
	-0259	260	245	135		115

Буфер

	Обозначения		l	D	L
	1089-0101	M10	15	45	0
	-0102	M16	22	55	
	-0103	M20	28	85	120
	-0104	M24	35	95	150
	-0105	M30	42	115	200
					250

Приложение 5

Машины для резки, листовой штамповки и гибки

Наименование оборудования	Модель	Техническая характеристика			
		Макс, толщина листа, мм	Макс, ширина листа, мм	Макс, длина листа, мм	Частота хода, мин ⁻¹
Ножницы кривошипные для резки листового материала	НД2112Б	1,6	1000	630	100
	НД2114I	2,5	1600	630	65
	НД2116R	4,0	2000	630	65
	НД2118I	6,3	2000	630	65

Приложение 6

Штампы механического действия для холодной листовой штамповки

Наименование оборудования	Модель	Техническая характеристика			
		Номин, усилие, кН	Ход ползуна, мм	Частота хода, мин ⁻¹	Размер стола, мм
Пресс кривошипный простого действия	КД2114А	25	36	250, 200,400	280x180
"	КД2118А	63	50	190,150,250	360x280
"	КД2122Е	160	55		420x280
"	КД2124Е	250	65	160	500x340
"	КД2126Г	400	90	160	630x460
"	КД2128Е	630	100	140	710x410
"	КЕ2130	1000	130	125	950x630
Пресс кривошипный с ЧПУ, автомат	К2128Ф3	630	71	100	900x650
Пресс-автомат для чистовой вырубki	А6826А	400	50	63	800x300
"	А6830А	1000	60	10 - 90 16 - 75	425x425

Приложение 7

Нормативы времени на холодную штамповку

Содержанке действий	Т _{всп} , мин	
Включение прессы или ножниц на рабочий ход	0,01 - 0,026	
Смазка заготовок и матриц по площади 0,1-0,5 м ²	3,15 - 5,60	
Установка полосы в открытые штампы при ширине полосы 50 - 200 мм и при толщине, мм:	Т _в на 100 дет., мин	
0,2	с упором	без упора
0,5	4,1-6,6	4,5-7,3
1,0	3,8-6,1	4,2-6,7
1,5	3,4-5,6	3,8-6,1
2,0	3,3-5,3	3,6-5,8
4,0	3,2-5,1	3,5-5,6
	3,5-5,7	3,8-6,3
Съем деталей со штампа:	Т _{всп} на 100 дет., мин	
свободно	0,82-2,27	
затруднено	1,31-3,64	
Удаление отходов заготовки:		
свободно	0,60-3,90	
затруднено	0,78-5,20	