

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Обработка материалов давлением»

С. Б. Сарело

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к курсовому проекту

для студентов специальности 1-36 20 02

«Упаковочное производство (по направлениям)»

дневной формы обучения и специальности 1-36 01 05

«Машины и технология обработки материалов давлением»

дневной и заочной форм обучения

Гомель 2009

УДК 621.98.043(075.8)
ББК 34.623я73
С20

*Рекомендовано научно-методическим советом
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 4 от 24.03.2009 г.)*

Рецензент: декан машиностр. фак. ГГТУ им. П. О. Сухого канд. техн. наук,
доц. *А. Т. Бельский*

Сарело, С. Б.

С20

Технология листовой штамповки : метод. указания к курсовому проекту для студентов специальности 1-36 20 02 «Упаковочное производство (по направлениям)» днев. формы обучения и специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» днев. и заоч. форм обучения / С. Б. Сарело. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 36 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц; 32 Mb RAM; свободное место на HDD 16 Mb; Windows 98 и выше; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены требования по объему, оформлению и содержанию курсового проекта, а также формулы для технологических и прочностных расчетов основных (рабочих) деталей штампа, даны указания по выбору плит, направляющих узлов и буферных устройств.

Для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» и 1-36 20 02 «Упаковочное производство (по направлениям)».

**УДК 621.98.043(075.8)
ББК 34.623я73**

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2009

Введение

Курсовой проект – это завершающий этап изучения дисциплины «Теория и технология листовой штамповки» специальностей 1-36 01 05 и 1-36 20 02 и выполняется студентами дневной формы обучения в 7-м семестре, заочной – в 9-м семестре.

Целью курсового проекта является закрепление, систематизация, углубление и расширение знаний, а также приобретение практических навыков решения вопросов, связанных с разработкой технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой, конструированием и расчетом штампов для изготовления соответствующих деталей. Выполнение курсового проекта дает возможность студенту проявить способности к инженерному творчеству, способствует ориентации в технической литературе по конструированию и расчету штамповой оснастки.

1. Тематика, содержание и объем курсового проекта.

Тематика курсового проекта должна отвечать учебным задачам и увязываться с требованиями производства. Содержанием курсового проекта является разработка технологического процесса изготовления заданной детали, конструирование необходимой штамповой оснастки и расчет основных деталей штампа с целью повышения производительности, безопасности и улучшения условий труда, а также качества штампуемых деталей. Для разработки технологического процесса и конструкции штампа студенту задается чертеж детали, получаемой холодной листовой штамповкой.

При курсовом проектировании студенту следует ориентироваться на современные технологии изготовления деталей, использовать новые руководящие материалы и учитывать требования производства.

Курсовой проект содержит графическую часть и пояснительную записку.

1.1 Графическая часть

Графическая часть курсового проекта выполняется на листах формата А1 (как правило на 4 листах) и включает:

Сборочный чертеж штампа 1-2 листа (фронтальный разрез и план низа) в сомкнутом состоянии (в крайнем нижнем его положении), как правило, в масштабе 1:1 (при необходимости со встроенными средствами механизации и автоматизации). На отдельных листах заполняют спецификацию деталей штампа по ГОСТ 2.108-68, которые подшиваются в приложение пояснительной записки.

Рабочие чертежи деталей штампа (2-3 листа) (матриц, пуансонов, нижней и верхней плит, пуансоно- и матрицедержателей, планок направляющих, хвостовиков, съемника и др.) выполняются на листах формата А1 с разбивкой его на требуемые форматы (А2, А3, А4). Чертежи следует выполнять по правилам, установленным ГОСТ 2.424-80 и другими стандартами ЕСКД.

Общее количество листов и распределение их по содержанию может быть иным по согласованию с руководителем проекта. На сборочном чертеже штампа должны быть указаны его габаритные размеры, закрытая высота штампа и размеры хвостовика, а в правой верх-

ней части делается эскиз детали и схема раскроя полосы, ленты, листа (или эскиз заготовки).

Рабочие чертежи деталей штампа выполняются с указанием допусков и шероховатости обрабатываемых поверхностей, а также термической или химико-термической обработки.

Чертежи должны иметь основную надпись, в соответствии с ГОСТ 2.104-68.

1.2 Пояснительная записка.

Пояснительная записка оформляется черным цветом, разборчивым почерком, желательно чертежным шрифтом (с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм) или с помощью печатающих устройств ПЭВМ размером 14 пт на одной стороне писчей бумаги формата А4.

Приводимые в записке материалы должны выполняться аккуратно и соответствовать ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам».

Рисунки, схемы и таблицы нумеруются и должны иметь соответствующие надписи. Формулы должны иметь сквозную нумерацию, которая указывается арабскими цифрами в круглых скобках.

Расчеты производятся в международной системе единиц (СИ).

Справочные данные, приводимые в пояснительной записке, должны иметь ссылки на использованную литературу с указанием страниц и номера таблиц. Ссылки на литературу пишутся в виде арабских цифр, заключенных в квадратные скобки или выделенными двумя наклонными чертами, например [3] или /3/. Перечень использованной литературы приводится в конце пояснительной записки, тексты применяемых в расчетах программ приводятся в приложении, при этом в записке на них делаются соответствующие ссылки. В конце записки прилагается и разрабатываемый технологический процесс изготовления заданной детали.

Размеры основных деталей, полученные при расчетах в записке, должны соответствовать проставляемым размерам на чертежах.

Рекомендуется следующий состав пояснительной записки:

1. Титульный лист;
2. Задание на курсовое проектирование;
3. Содержание;
4. Введение;

5. Разработка технологического процесса изготовления детали;
6. Расчет усилий и работы деформации, необходимых для выполнения основных технологических операций. Выбор прессы;
7. Выбор конструкции штампа, описание его работы, расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампов и расчет их на прочность;
8. Мероприятия по технике безопасности;
9. Расчет экономической эффективности;
10. Литература;
11. Приложение.

Указания по выполнению разделов пояснительной записки:

Титульный лист (выполняется по форме, указанной в приложении А);

Задание на курсовое проектирование является основным документом для выполнения курсового проекта. Оно выдается на специальном бланке, подписывается руководителем проекта и утверждается заведующим кафедрой. На бланке следует ставить дату получения задания и свою подпись. Задание подшивается в пояснительной записке после титульного листа;

Содержание включает перечень заголовков разделов и подразделов пояснительной записки с указанием номера страниц;

Во введении излагается роль и значение холодной листовой штамповки, пути ее совершенствования;

Разработка технологического процесса изготовления детали. В этом разделе приводится чертеж детали и разработка технологического процесса ее изготовления. При разработке технологического процесса следует:

- ознакомиться с чертежом штампуемой детали, техническими условиями на нее, с предполагаемым характером производства и вычертить деталь. Выбрать наиболее экономичный вариант технологического процесса изготовления детали. При выборе серийности холодного листоштамповочного производства можно руководствоваться таблицей 1.

**Характеристика серийности холодного
листоштамповочного производства**

Характер производства	Число деталей, тыс. шт. в год		
	Особо крупные и крупные детали (630 ... 2000мм)	Средние детали (250 ... 630мм)	Мелкие (90 ... 250мм) и особо мелкие дета- ли (до 90мм)
Мелкосерийное	до 2	до 5	до 10
Серийное	св. 2 до 20	св. 5 до 50	св. 10 до 100
Крупносерийное	св. 20 до 300	св. 50 до 1000	св. 100 до 5000
Массовое	св. 300	св. 1000	св. 5000

- назначить порядок технологических операций, исходя из технических условий на деталь и требуемой производительности в соответствии с масштабом производства, конструкцией штампа;

- определить размеры и форму заготовки;

- выбрать наиболее выгодный вариант раскроя исходного материала, для чего необходимо по справочной литературе определить ширину перемычек, просчитать ширину полосы, подобрать в соответствии с ГОСТами размеры исходного материала, привести эскиз наиболее экономичной схемы раскроя, рассчитать для нескольких вариантов раскроя коэффициент использования материала (лучше произвести расчет с использованием соответствующих программ на ПЭВМ);

- рассчитать и установить последовательность переходов по операциям, привести эскизы технологических переходов с указанием основных размеров;

- подсчитать потребные усилия и работу деформации для выполнения переходов и операций штамповки;

- определить потребные усилия для проталкивания и съема деталей и отходов, определить центр давления штампа (при сложной конструкции штампа), определить усилие прижима, если он необходим для выполнения технологической операции;

- выбрать конструкцию штампа;

- выбрать потребное оборудование (при выборе прессы необходимо учитывать не только усилие и работу деформации, но и габариты);

ритные размеры проектируемого штампа таким образом, чтобы данный штамп можно было бы закрепить в рабочее (штамповое) пространство прессы).

Разработка технологического процесса изготовления детали является наиболее важным этапом подготовки производства и характеризуется сложностью и большой трудоемкостью исполнения. На данном этапе необходимо минимизировать количество операций штамповки и увеличить их производительность.

В мелкосерийном производстве может оказаться экономически целесообразным разделение технологического процесса на простейшие операции с увеличением их количества, которые выполняют на простых и недорогих штампах.

При повышении требований к геометрической форме плоских деталей, получаемых вырубкой-пробивкой, следует предусматривать их правку в штампе; для деталей с низкой шероховатостью среза – зачистку проводить после вырубки-пробивки или чистовую вырубку-пробивку.

При изготовлении изогнутых деталей с закрытым или полузакрытым контуром целесообразно применять клиновые или шарнирные сложногибочные штампы. При изготовлении изогнутых деталей с отверстиями последовательность операций зависит от точности расположения отверстий относительно базы. При повышенной точности их расположения пробивку отверстий следует выполнять после гибки, при пониженной – перед гибкой. Если отверстия расположены близко к линии изгиба, в процессе гибки может искажаться их форма. В этом случае пробивку отверстий выполняют после гибки.

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

Для пробивки окон в боковых стенках полых деталей применяют клиновые штампы, в которых пробивка всех окон производится за один ход ползуна прессы. При большом количестве окон в таких деталях лучше производить их последовательную пробивку с автоматическим поворотом изделия.

При рассмотрении вопроса о совмещенности операций в штампе следует исходить из того, что штампы последовательного действия обеспечивают большую производительность благодаря возможности работы на более быстрходных прессах и более безопасны по сравне-

нию со штампами совмещенного типа. Однако, штампы совмещенного типа обеспечивают получение более точных размеров деталей, а также применяются для штамповки крупных деталей. При выборе типа комбинированного штампа в крупносерийном и массовом производстве можно воспользоваться указаниями таблицы 2.

Таблица 2

**Выбор типа комбинированного штампа в массовом
и крупносерийном производстве**

Степень точности деталей	Размеры деталей, мм		
	крупные (300-1000)	средние (50-200)	мелкие (до 50)
Повышенная 9-11 квалитеты	совмещенный штамп	совмещенный штамп	совмещенный штамп, реже по- следовательный
Средняя 12-13 квалитеты	совмещенный штамп	последователь- ный реже со- вмещенный штамп	последователь- ный штамп
Пониженная 14-15 квалитеты	совмещенный штамп	последователь- ный штамп	последователь- ный штамп

При штамповке мелких деталей для увеличения производительности и экономии металла следует применять многорядные последовательные штампы, позволяющие за один ход ползуна прессы получать несколько деталей. Применение таких штампов выгодно еще и тем, что их стоимость возрастает меньше, чем рядность штамповки.

При изготовлении полых мелких деталей в крупносерийном и массовом производстве широкое применение нашла многооперационная последовательная вытяжка в листе.

Вопросы определения размеров заготовок в зависимости от вида технологической операции и формы штампуемой детали широко освещены в учебной и справочной литературе [1, 2, 4, 6, 7, 10]. При определении размеров заготовки в пояснительной записке необходимо представить чертеж детали с обозначением элементов в соответствии с принятой расчетной формулой.

После определения размеров заготовки следует выбрать способ раскроя материала. При сопоставлении раскроя полосы (ленты) бóльшие размеры заготовки рекомендуется располагать поперек полосы или ленты, если этому не противоречит условие направления волокон проката (как в случае гибки деталей с малым радиусом). Это способствует увеличению коэффициента использования материала и уменьшает величину шага подачи. При этом надо иметь ввиду, что технологичность конструкции детали, ее удачное расположение на листе, минимально возможная величина перемычек между деталями и максимальное использование отходов для штамповки других деталей повышают коэффициент использования материала.

Данные для определения элементов раскроя, рекомендации по выбору типа раскроя приведены в справочной литературе [6, глава 1], [7, раздел II, глава 2], [10, глава 14].

После определения размеров заготовки и элементов раскроя следует рассчитать коэффициент использования материала по формуле

$$K_u = \frac{nf}{BL}, \quad (1)$$

где n – количество всех деталей (заготовок), штампуемых из листа (ленты);

f - площадь одной детали (заготовки), мм²;

B и L - ширина и длина листа или ленты соответственно, мм.

Если в детали имеются отверстия, то ее площадь равна

$$f = f_k - f_{отв}, \quad (2)$$

где f_k - площадь внешнего контура детали;

$f_{отв}$ - суммарная площадь всех отверстий в детали.

В записке необходимо привести эскиз раскроя листа на полосы при штамповке из полосы или эскиз раскроя ленты (при штамповке из ленты), а также схему раскроя полосы (ленты).

В записке следует отразить несколько вариантов раскроя, сопоставить коэффициенты использования материала и решить вопрос о целесообразности того или иного варианта раскроя с точки зрения экономии материала, производительности труда и имеющегося оборудования в цехе.

2. Расчет усилий и работы деформации, необходимых для выполнения основных технологических операций. Выбор прессы.

2.1 Для разделительных операций.

Технологическое усилие $P(H)$ разделительных операций в штампах с металлическими рабочими деталями, у которых режущие грани пуансона и матрицы параллельны между собой, вычисляют по формуле:

$$P = Ls\sigma_{cp}, \quad (3)$$

где, L - периметр контура (вырубки, пробивки, отрезки), мм

s - толщина штампуемого материала, мм

σ_{cp} - сопротивление штампуемого материала срезу, МПа.

Для повышения качества вырубки (пробивки, отрезки) применяют прижимные устройства. Усилие прижима $P_{прж}$, которое должен обеспечить прижим, Н:

$$P_{прж} = Lsq_{прж}, \quad (4)$$

где $q_{прж}$ - удельное усилие прижима, Н/мм²

s , мм	до 1	1-2	2-3
$q_{прж}$, Н/мм ²	6-10	10-15	15-20

Кроме прижимного устройства штамп может быть оснащен выталкивающим устройством, усилие которого $P_{выт}$ определяется в зависимости от назначения данного устройства. Если оно служит только для выталкивания детали из матрицы, то для гарантии отсутствия заклинивания следует обеспечить $P_{выт} = 0,1P$ (P – технологическое усилие штамповки). Если выталкивающее устройство служит и для прижима заготовки, то значение $P_{выт}$ должен быть равным $P_{прж}$ и его следует определять по формуле (4).

В этом случае суммарное усилие штамповки

$$P_{общ} = P + P_{прж} + P_{выт}, \quad (5)$$

Если эти усилия действуют одновременно, то требуемое усилие прессы вычисляют по формуле

$$P_{\text{пресса}} = 1,25(P + P_{\text{выт}} + P_{\text{прж}}), \quad (6)$$

При проектировании штампов для разделительных операций необходимо рассчитывать значения требуемых усилий: проталкивания $P_{\text{пр}}$ детали (отхода) сквозь матрицу и снятия $P_{\text{сн}}$ отхода (детали) с пуансона. Эти усилия определяют по формулам:

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{пр}}P, \quad (7)$$

$$P_{\text{сн}} = K_{\text{сн}}P, \quad (8)$$

где $K_{\text{пр}}$ и $K_{\text{сн}}$ – соответствующие коэффициенты, выбираемые по таблице 3.

Таблица 3

Коэффициенты усилия снятия $K_{\text{сн}}$ и проталкивания $K_{\text{пр}}$ детали (отхода) после штамповки

Штампуемый материал	$K_{\text{сн}}$	$K_{\text{пр}}$
сталь	0,03 – 0,05	0,02 – 0,06
латунь	0,02 – 0,04	0,02 – 0,05
медь	0,015 – 0,03	0,03 – 0,07
алюминий и его сплавы	0,025 – 0,05	0,03 – 0,06
магниевые сплавы	0,02 – 0,05	0,02 – 0,06

Если проталкивание детали (отхода) осуществляется одновременно с возникновением основного технологического усилия P , то при расчете потребного усилия прессы усилие проталкивания также необходимо учитывать.

При выборе прессы для выполнения заданной операции следует проверить запас энергии, которой он должен располагать, для чего вычисляется работа деформации A (Дж) по формуле:

$$A = P_{\text{ср}}h_n, \quad (9)$$

где $P_{\text{ср}}$ – усредненное усилие штамповки, кН;

h_n – рабочий ход пуансона, мм.

Усредненное усилие P_{cp} для вырубki (пробивки, отрезки) составляет (в процентах от усилия P) для мягкой стали, алюминия, меди при толщине материала 1-2 мм 70...60%; для стали средней твердости – 60...65%, для твердой стали – 50...35%. При увеличении толщины материала значение P_{cp} снижается на 5-10% от указанных, при дальнейшем возрастании толщины (свыше 4мм) еще на 5-10% соответственно.

Рабочий ход h_n пуансона при выполнении разделительных операций в штампах с параллельными режущими ребрами пуансона и матрицы равен толщине материала s .

2.2 Для гибочных операций

При свободной гибке требуемое технологическое усилие $P_{зб}$ (Н) определяют по формуле:

$$P_{зб} = B_2 s K_2 \sigma_s, \quad (10)$$

где B_2 – сумма длин всех линийгиба, которые обеспечиваются за одну операцию, мм;

s – толщина материала, мм;

σ_s – предел прочности штампуемого материала, МПа;

K_2 – коэффициент, определяемый по таблице 4 в зависимости от толщины материала s и внутреннего радиуса гибки r .

Если гибка осуществляется с прижимом, то усилие прижима определяют по формуле:

$$P_{прж} = (0,25...0,30)P_{зб}, \quad (11)$$

и соответственно общее усилие

$$P_{общ} = P_{зб} + P_{прж} \quad (12)$$

Таблица 4.

Значение коэффициента K_2

r/s	K_2	r/s	K_2
св. 0,1 до 0,2	0,70	св. 1,5 до 2,0	0,31
св. 0,2 до 0,25	0,66	св. 2,0 до 3,0	0,25
св. 0,25 до 0,3	0,60	св. 3,0 до 4,0	0,20
св. 0,3 до 0,4	0,56	св. 4,0 до 5,0	0,15
св. 0,4 до 0,5	0,54	св. 5,0 до 6,0	0,13
св. 0,5 до 0,6	0,50	св. 6,0 до 7,0	0,11
св. 0,6 до 0,7	0,48	св. 7,0 до 8,0	0,10
св. 0,7 до 1,0	0,43	св. 8,0 до 9,0	0,09
св. 1,0 до 1,2	0,38	св. 9,0 до 10,0	0,08
св. 1,2 до 1,5	0,34	св. 10	0,08

Если гибка осуществляется с правкой и калибровкой, то усилие $P_{\text{кал}}$ (Н) определяют по формуле:

$$P_{\text{кал}} = qF, \quad (13)$$

где q – удельное усилие правки и калибровки (табл. 5), Н/мм²;

F – площадь проекции поверхности детали, соприкасающейся с пуансоном, на плоскость, перпендикулярную к направлению действия усилия, мм².

Таблица 5.

Удельное усилие правки и калибровки

Штампуемый материал	q , Н/мм ²
сталь 10; 20	80 ... 120
сталь 25; 30	100 ... 150
алюминий	30 ... 60
латунь	60 ... 100

Если выполняется свободная гибка, усилие пресса принимает на 10-15% выше требуемого усилия гибки. При гибке с правкой (калибровкой) усилие пресса выбирают по усилию $P_{\text{кал}}$, поскольку оно значительно больше усилия свободной гибки.

Работу $A_{\text{сб}}$ (Дж) при гибке определяют по формуле:

$$A_{\text{зб}} = \frac{P_{\text{ср}} h}{1000} \approx \frac{P_{\text{max}} h}{2 * 1000}, \quad (14)$$

где $P_{\text{max}} = 1,3P_{\text{зб}}$ – максимальное усилие гибки, Н;

h – величина полного перемещения пуансона в матрицу, мм.

2.3 Для операций вытяжки

Усилие $P_{\text{вт}}(\text{Н})$, необходимое для вытяжки круглой цилиндрической детали без утонения стенок, приближенно определяют по формуле:

$$P_{\text{вт}} = \pi d s K_{\text{вт}} \sigma_{\text{в}}, \quad (15)$$

где d – диаметр детали, вытягиваемой после данной операции (по средней линии), мм;

s – толщина материала, мм;

$K_{\text{вт}}$ – коэффициент, зависящий от коэффициента вытяжки (таблица 6);

$\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности штампуемого материала, МПа.

Таблица 6.

Значение коэффициента $K_{\text{вт}}$

Коэффициент вытяжки, m	$K_{\text{вт}}$
до 0,55	1,0
свыше 0,55 до 0,58	0,93
свыше 0,58 до 0,60	0,86
свыше 0,60 до 0,63	0,79
свыше 0,63 до 0,65	0,72
свыше 0,65 до 0,68	0,66
свыше 0,68 до 0,70	0,60
свыше 0,70 до 0,73	0,55
свыше 0,73 до 0,75	0,50
свыше 0,75 до 0,78	0,45
свыше 0,78 до 0,80	0,40
свыше 0,80	0,37

Усилие $P_{прж}$ прижима фланца (Н):

$$P_{прж} = q_{прж} F_{прж}, \quad (16)$$

где $q_{прж}$ – удельное усилие прижима, определяемое по таблице 7, Н/мм²;

$F_{прж}$ – площадь части заготовки, зажимаемой между матрицей и прижимным кольцом, мм².

Работу деформации $A_{вт}$ (Дж), необходимую для вытяжки, определяют по формуле:

$$A_{вт} = (0,6...0,8) P_{вт} H_в, \quad (17)$$

где $H_в$ – глубина вытяжки или рабочий ход пуансона, на протяжении которого действует $P_{вт}$, мм.

Таблица 7

Удельное усилие прижима при вытяжке

Штампуемый материал	$q_{прж}$, Н/мм ²
Мягкая сталь:	
$s \leq 0,5$ мм	2,5...3,0
$s > 0,5$ мм	2,0...2,5
Каррозионностойкие, высоколегированные и высокомарганцовистые стали	3,0...4,5
Медь	1,0...1,5
Латунь	1,5...2,0
Алюминий и его сплавы	0,8...1,8

Усилия $P_{вт}$ и $P_{прж}$, а также работу $A_{вт}$ при вытяжке некруглых деталей (без утонения материала) вычисляют по формулам 15 – 17. При этом в формулу (15) вместо значения πd подставляют расчетный периметр L сечения полуфабриката после данной операции, определяемый в каждом случае по соответствующим формулам.

Количество переходов при вытяжке определяется в зависимости от общей степени деформации и допустимых значений коэффициентов вытяжки по переходам согласно общепринятой методике, приведенной в [1, 2, 6, 7, 10].

3. Выбор конструкции штампа, описание его работы, расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа и расчет их на прочность.

3.1. Конструирование штампа со средствами механизации, описание его конструкции и работы

В этом разделе следует определить габаритные размеры матрицы, расстояния между крепежными отверстиями, выбрать тип матрицы (цельная, составная), хвостовика, направляющих колонок и втулок, тип направления штампуемого материала (с прижимом, без прижима, с утопающими штифтами и т.д.), определить расстояния между направляющими планками, произвести расчет закрытой высоты штампа и элементов подачи, обеспечивающих шаг подачи материала, дать описание конструкции штампа и средств механизации, автоматизации, работы их при наладке и штамповке, возможных регулировок.

Необходимо иметь в виду, что матрицы со сложным контуром обычно выполняются секционными с целью облегчения их изготовления. Для безззорных штампов и штампов, армированных твердыми сплавами, следует применять шариковые направляющие или притертые друг к другу колонки и втулки, а также «плавающие» хвостовики.

В данном разделе назначаются материалы для изготовления деталей штампа, указывается шероховатость их основных поверхностей.

Вопросы механизации, автоматизации штамповочных операций подробно освещены в работах [1, 7, 9, 14]. При этом необходимо иметь в виду, что при организации производства учитывается не только увеличение производительности труда и экономическая эффективность изготовления деталей, но и охрана труда рабочих. Поэтому механизация, автоматизация штамповочных операций, как наиболее опасных в отношении травматизма, может применяться и при отсутствии экономического эффекта, но при этом, в значительной мере, исключается (или снижается) возможность травмирования штамповщиков.

При штамповочных операциях образуется значительное количество технологических отходов. Для обеспечения нормальных условий выполнения процессов штамповки эти отходы необходимо убирать с

рабочих мест. Создание транспортабельных отходов значительно упрощает эту задачу. С этой целью отходы, образовавшиеся при штамповке из ленты, следует сматывать в рулон (или резать на части), а нетранспортабельные отходы при штамповке из полос необходимо разрезать на части, для чего в конструкции штампа предусматривают специальные элементы (ножи).

3.2. Конструкторский расчет штампов

В данном разделе производится расчет исполнительных размеров и прочности рабочих деталей штампа, выбор материала для их изготовления.

3.2.1. Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа для разделительных операций

При определении исполнительных размеров пуансонов и матриц вырубных и пробивных штампов необходимо рассчитать их номинальные размеры, величину зазора между пуансоном и матрицей и его расположение (за счет размеров какой детали он выполняется), величину и направление допусков на изготовление, обеспечивающих сохранение нормального зазора и требуемую точность.

Матрицу и пуансон можно изготавливать совместно и отдельно. При *совместном* изготовлении одна из рабочих деталей (сопрягаемая) дорабатывается по другой:

- при вырубке – пуансон по матрице (матрица определяет размер штампуемого элемента и является основной);

- при пробивке – матрица по пуансону (пуансон определяет размер отверстия, паза и является основным).

При этом исполнительные размеры *основной* детали определяются по формулам:

- матрицы
$$L_m = (L_n - P_u)^{+\delta_m}, \quad (18)$$

(L_n обеспечивается доработкой по матрице с зазором Z и допуском на зазор ΔZ);

- пуансона
$$L_n = (L_m + P_u)_{-\delta_n}, \quad (19)$$

(L_m обеспечивается доработкой по пуансону с зазором Z и допуском на зазор ΔZ).

В этих формулах L_n – номинальный размер штампуемого элемента детали; P_u – припуск на износ матрицы или пуансона; δ_m и δ_n – соответственно предельное отклонение размера матрицы или пуансона. Значения P_u , δ_m и δ_n можно найти по таблице 13, гл. 2 [6] в зависимости от размера штампуемого элемента и требуемой точности его изготовления. Значение Z и ΔZ находят по таблице 14, гл. 2 [6]

Формулы 18 и 19 применены для случаев, когда при изнашивании рабочих деталей штампа размер L_n штампуемого элемента увеличивается (при вырубке) или уменьшается (при пробивке). Если же изнашивание рабочих деталей не влечет за собой изменение размеров штампуемого элемента, то исполнительные размеры рабочих деталей определяются по формулам:

- при пробивке
$$L_n = L_n \pm 0,5\Delta, \quad (20)$$

а L_m обеспечивается доработкой по пуансону.

- при вырубке
$$L_m = L_n \pm 0,5\Delta, \quad (21)$$

а L_n обеспечивается доработкой по матрице, где Δ – поле допуска на размер штампуемой детали.

Если размеры штампуемого элемента для вырубki заданы в виде $L_n \pm \Delta$, то их следует преобразовать к виду $(L_n + \Delta)_{-2\Delta}$ и далее, рассматривая $L_n + \Delta$ как номинальный размер и 2Δ – как его поле допуска, воспользоваться формулой (18).

Если размер отверстия задан в виде $L_n \pm \Delta$, его следует преобразовать к виду $(L_n - \Delta)^{+2\Delta}$ и далее воспользоваться формулой (19).

При *раздельном* изготовлении пуансона и матрицы, когда они обрабатываются до окончательных размеров без взаимного согласования, их исполнительные размеры рассчитывают по формулам:

- при вырубке сначала определяются размеры матрицы

$$L_m = (L_n - P_u)^{+\delta_m}, \quad (22)$$

а затем пуансона

$$L_n = (L_n - P_u - Z)_{-\delta_n}, \quad (23)$$

- при пробивке сначала определяются размеры пуансона

$$L_n = (L_n + \Pi_u)_{-\delta_n}, \quad (24)$$

а затем матрицы

$$L_m = (L_n + \Pi_u + Z)^{+\delta_m}, \quad (25)$$

Если размер штампуемого элемента при изнашивании рабочих деталей штампа не изменяется, то размер матрицы определяют по формуле:

$$L_m = L_n \pm 0,5\Delta Z, \quad (26)$$

пуансона по формуле:

$$L_n = L_n \pm 0,5\Delta Z, \quad (27)$$

При этом припуск на износ Π_u принимают по табл.13 гл.2 [6], а поля допусков размеров пуансона и матрицы принимают так, чтобы соблюдалось условие

$$\delta_m + \delta_n \leq \Delta Z, \quad (28)$$

где δ_m и δ_n - абсолютные значения полей допусков матрицы и пуансона соответственно.

Исполнительные размеры матрицы и пуансона при односторонней отрезке выбираются конструктивно, а зазор Z_0 между ними принимают равным половине двухстороннего зазора, приведенного в таблице 14, глава 2 [6]. Для обеспечения хорошего качества поверхности среза, а также предотвращения изгиба отрезаемой и исходной заготовок необходимо обеспечить их надежный прижим усилиями:

- для исходной заготовки, определяемой по формуле:

$$Q_1 = 2P \frac{Z_0}{l_1}, \quad (29)$$

- для отрезаемой заготовки – по формуле:

$$Q_2 = 2P \frac{Z_0}{l_2}, \quad (30)$$

где P – усилие отрезки;

Z_0 – зазор между пуансоном и матрицей;
 l_1 – ширина прижима исходной заготовки;
 l_2 – ширина отрезаемой заготовки.

3.2.2. Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа для гибочных операций

Поскольку основными разновидностями гибки являются V- и П-образная, а остальные виды так или иначе повторяют их, то методика расчета размеров деталей для всех случаев гибки основана на методике определения размеров деталей в штампах для V- и П-образной гибки.

При V-образной гибке основным определяющим размером пуансона и матрицы является их рабочий угол

$$\varphi_n = \varphi_m = \varphi_z \pm \Delta\varphi, \quad (31)$$

где φ_n и φ_m – рабочий угол пуансона и матрицы соответственно;
 φ_z – требуемый угол гибки детали;
 $\Delta\varphi$ – угол пружинения.

Предельные отклонения углов φ_n и φ_m принимают равными (0,3...0,5) от соответствующего отклонения угла гибки штампуемой детали, указанного на ее чертеже.

При П-образной гибке методика определения исполнительных размеров матрицы и пуансона зависит от вариантов задания размеров детали.

Если на чертеже детали задан наружный размер $(A_\partial)_{-\Delta}$, то исполнительный размер матрицы

$$A_m = (A_\partial - K_\Delta \Delta)^{+\delta_m}, \quad (32)$$

где A_∂ – номинальный размер детали после гибки;
 K_Δ – коэффициент, определяющий долю допуска и равный $K_\Delta = 0,4 \dots 0,5$;
 Δ – предельное отклонение размера детали;
 δ_m – предельное отклонение на размер A_m , определяемое по формуле

$$\delta_m = 0,8K_\Delta \Delta, \quad (33)$$

Пуансон при этом изготавливают с размером

$$A_n = (A_m - 2Z_{z\delta})_{-\delta_n}, \quad (34)$$

где $Z_{z\delta}$ - односторонний зазор при гибке, равный

$$Z_{z\delta} = s_{\max} + sK_z, \quad (35)$$

где s_{\max} - наибольшая возможная толщина изгибаемого материала, мм;

K_z - коэффициент, определяемый по таблице 8.

Таблица 8.

Значение коэффициента K_z

Длина отгибаемой полки I, мм	Толщина материала s, мм						
	до 1	св. 1 до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 6	св. 6 до 7	св. 7 до 8	св. 8 до 10
до 25	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
св. 25 до 50	0,15	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
св. 50 до 100	0,18	0,15	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07
св. 100	0,20	0,18	0,12	0,11	0,10	0,10	0,08

Предельное отклонение на размер пуансона принимают равным

$$\delta_n = 0,8\delta_m \quad (36)$$

Если на чертеже детали задан внутренний размер $a_\delta^{+\Delta}$, то исполнительный размер пуансона

$$a_n = (a_\delta + K_\Delta \Delta)_{-\delta_n}, \quad (37)$$

где K_Δ и Δ - приведены выше;

$$\delta_n = 0,8K_\Delta \Delta, \quad (38)$$

Размер матрицы

$$a_m = (a_n + 2Z_{z\delta})^{\delta_m}, \quad (39)$$

где $\delta_m = 0,8\delta_n$,

$$(40)$$

Если размеры на чертеже детали даны с двухсторонними предельными отклонениями типа $A_{\partial} \pm \Delta$ или $a_{\partial} \pm \Delta$, то их следует преобразовать к виду $(A_{\partial} + \Delta)_{-2\Delta}$ и $(a_{\partial} - \Delta)^{+2\Delta}$, после чего вести расчет исполнительных размеров матрицы и пуансона, как указано выше.

Поскольку процесс пластической деформации при гибке сопровождается упругой деформацией, то по окончании гибки происходит изменение размеров изделия по сравнению с размерами, определяемыми пуансоном и матрицей. Это изменение размеров называется пружинением и должно учитываться при расчете исполнительных размеров рабочих деталей штампа.

Для аналитического определения угла пружинения $\Delta\varphi$ можно пользоваться формулами:

- при свободной V-образной гибке

$$tg\Delta\varphi_V = 10^{-4} K_V \frac{a_m}{(1 - X_G)s}, \quad (41)$$

- при свободной П-образной гибке

$$tg\Delta\varphi_{II} = 10^{-4} K_n \frac{r'_m + r_n + 1,25s}{(1 - X_G)s}, \quad (42)$$

где K_V и K_n - коэффициенты, характеризующие свойства штампуемого материала

$$K_V = 0.375 \frac{\sigma_T}{E} 10^4, \quad (43)$$

$$K_n = 2K_V, \quad (44)$$

a_m - ширина рабочей полости V-образной матрицы (см. рис. 1), мм;

X_G - коэффициент смещения, определяемый по таблице 3, стр.179-180 [6];

r'_m - радиус закругления ребра матрицы, мм;

r_n - радиус закругления пуансона, мм;

s - толщина штампуемого материала, мм;

σ_T и E - предел текучести и модуль упругости штампуемого материала соответственно, МПа.

Значения коэффициентов K_V и K_n для разных материалов приведены в таблице 12, стр. 204 [6], значение $(1 - X_r)s$ - в таблице 13, стр. 205 [6].

Особого подхода требует расчет пружинения при гибке по большому радиусу ($r/s \geq 10$), т.к. в этом случае угол пружинения весьма велик и требуется корректировка радиуса закругления пуансона.

Поэтому сначала определяют требуемый радиус закругления пуансона

$$r_n = \frac{s}{\frac{s}{r} + 8K_V 10^{-4}}, \quad (45)$$

где r – требуемый радиус гибки детали, мм.

По найденному значению r_n и требуемому значению угла гибки детали φ_2 находят требуемое значение угла φ_n на пуансоне

$$\varphi_n = \varphi_2 - \left[(180^\circ - \varphi_2) \left(\frac{r}{r_n} - 1 \right) \right], \quad (46)$$

При этом угол пружинения

$$\Delta\varphi_V = \varphi_2 - \varphi_n = (180^\circ - \varphi_2) \left(\frac{r}{r_n} - 1 \right), \quad (47)$$

3.2.3. Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа для операций вытяжки

Допуски на изделия при многооперационной вытяжке учитываются только на конечных операциях. Исполнительные размеры рабочих деталей на промежуточных операциях устанавливают в соответствии с расчетными размерами, а на конечных операциях их устанавливают с учетом допусков на изделия. Если допуск на детали задан по наружному размеру $(L_n)_{-\Delta}$, то определяют сначала размер матрицы L_m по формуле:

$$L_{\text{м}} = (L_{\text{н}} - \Delta)^{+\delta_{\text{м}}}, \quad (48)$$

а потом размер пуансона по формуле:

$$L_{\text{п}} = (L_{\text{н}} - \Delta - 2Z_{\text{вм}})_{-\delta_{\text{п}}}, \quad (49)$$

где $L_{\text{н}}$ – номинальный размер детали;

Δ - допуск на размер детали;

$Z_{\text{вм}}$ - односторонний зазор при вытяжке;

$L_{\text{м}}$ и $L_{\text{п}}$ - номинальные размеры матрицы и пуансона;

$\delta_{\text{м}}$ и $\delta_{\text{п}}$ - допуск на размеры матрицы и пуансона.

Если допуск на детали задан по его внутреннему размеру $l_{\text{н}}^{+\Delta}$, то сначала определяют размер пуансона

$$L_{\text{п}} = (l_{\text{н}} + 0,5\Delta)_{-\delta_{\text{п}}}, \quad (50)$$

а потом размер матрицы

$$L_{\text{м}} = (l_{\text{н}} + 0,5\Delta + 2Z_{\text{вм}})^{+\delta_{\text{м}}}, \quad (51)$$

Формулы 48-51 применяют для несложных сечений штампуемых деталей. Если сечение деталей является сложным, исполнительный размер с допуском проставляют на одной (основной) из рабочих деталей, а вторую пригоняют к ней с равномерным зазором $Z_{\text{вм}}$.

Зазор $Z_{\text{вм}}$ (мм) при вытяжке круглых деталей без утонения материала определяют по формулам:

- для стали $Z_{\text{вм}} = s + 0,07\sqrt{10s}$, (52)

- для алюминия $Z_{\text{вм}} = s + 0,02\sqrt{10s}$, (53)

- для других цветных металлов и сплавов $Z_{\text{вм}} = s + 0,04\sqrt{10s}$, (54)

где s – номинальная толщина штампуемого материала, мм.

При вытяжке прямоугольных деталей на прямых участках односторонний зазор между матрицей и пуансоном определяют по формуле

$$Z_{em} = (0,95...1,0)s, \quad (55)$$

а на угловых закруглениях – в зависимости от коэффициента вытяжки m :

m	св. 0,35 до 0,40	св. 0,40 до 0,45	св. 0,45 до 0,50	св. 0,50
$Z_{em}, \text{мм}$	$(1,0 - 1,1)s$	$(1,0 - 1,08)s$	$(1,0 - 1,06)s$	$(1,0 - 1,05)s$

3.2.4. Конструирование и расчет на прочность рабочих деталей штампа для разделительных операций.

Матрица и пуансон определяют работоспособность, надежность и долговечность штампа. Их расчет и конструирование – важнейший этап разработки документации штампа.

МАТРИЦА. Форма матрицы определяется формой и размерами штампуемой детали. Размеры прямоугольной матрицы ориентировочно определяют исходя из размеров ее рабочей зоны по табл. 17, с.75 [6], а затем эти размеры уточняют с учетом требуемых величин перемычек между отверстиями, конкретного размещения рабочей зоны и отверстий и т. д.

ДИАМЕТРЫ ВИНТОВ И ШТИФТОВ выбирают ориентировочно по табл. 18, с.77 [6]. Число винтов определяют из условия, что расстояние между двумя ближайшими винтами не должно превышать 90 мм, хотя в отдельных случаях возможны некоторые отклонения.

Число штифтов определяют из условия, что каждый самостоятельный элемент штампа, который должен быть неподвижным относительно матрицы и сама матрица (или каждая ее отдельная часть) должны фиксироваться двумя штифтами.

Соответствующие зависимости для определения координат отверстий под элементы крепления приведены в табл.19, с.77 и табл. 20, с.78 [6], при этом размеры и размещение отверстий уточняются конструктивно исходя из конкретных форм и размеров рабочей зоны матрицы.

При конструировании матриц других штампов (простого, совмещенного действия и т.д.) можно также пользоваться данными таблиц 17–20, с.75–78 [6].

Толщину матрицы H_m (мм) определяют по следующей эмпирической формуле

$$H_m = s + K_m \sqrt{a_p + b_p} + 7, \quad (56)$$

где s – толщина штампуемого материала, мм;

a_p и b_p – размеры рабочей зоны матрицы, мм;

K_m – коэффициент, принимаемый в зависимости от временного сопротивления штампуемого материала σ_s

σ_s , МПа	до 120	св. 120 до 200	св. 200 до 300	св. 300 до 500	св. 500 до 1000	св. 1000
K_m	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5 – 2,0

Достаточность толщина матрицы H_m (мм) дополнительно проверяют по следующей эмпирической формуле

$$H_m = \sqrt[3]{100P} \quad (57)$$

где P – требуемое технологическое усилие штамповки, кН.

После этого принимают больше значение H_m , полученных по формулам (56, 57) и округляют до ближайшего большего из следующего ряда чисел: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80.

Наружный диаметр матрицы круглой формы принимают в зависимости от диаметра окружности ее рабочей зоны d_m и уточняют в зависимости от размещения отверстий, формы штампуемого элемента и др.

Толщину матрицы круглой формы можно определить по формуле

$$H_m = s + K_m \sqrt{1,57d_m} + 7, \quad (58)$$

где s и K_m – как в формуле 56;

d_m – диаметр рабочей зоны матрицы, мм.

Проверку матрицы на прочность выполняют по формуле

$$[\sigma_p] \geq \frac{0,4P}{F}, \quad (59)$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на разрыв (для сталей У8А, У10А в закаленном состоянии $[\sigma_p] = 250 \text{ МПа}$);

P – технологическое усилие, Н;

F – площадь опасного сечения, мм².

Форму рабочих и провальных отверстий в матрицах для пробивки и вырубки, а так же чистоту обработки их поверхностей принимают по таблице 22, с.81 [6].

В случае, если рабочий контур матрицы имеет сложную форму или матрица содержит элементы (щели, отверстия) весьма малых размеров, ее следуют изготавливать секционной – составной из отдельных секций. Секции матрицы необходимо устанавливать в незакаленную обойму (матрицедержатель) по посадке H7/n6. Каждую секцию фиксируют двумя штифтами (см. таблицу 23, с.84-86 [6]).

Для пробивки (вырубки) круглых контуров рекомендуется использовать стандартизированные вставные матрицы, закрепленные в матрицедержателе штампа.

Основные виды вставных матриц показаны на рис. 10. с.87 [6], а основные размеры матриц с круглым отверстием приведены в табл. 24, с. 88–92 [6].

Пуансоны для пробивки круглых отверстий и чистота обработки их поверхностей приведены на рис.11, с. 94 [6], а их основные размеры – в табл. 25, с. 96–97 [6].

Пуансоны больших размеров и сложных форм, как и матрицы, могут изготавливаться сборными из отдельных секций, посаженных в обойму или прикрепленных к верхней плите штампа. При этом размеры и расположение отверстий под винты и штифты определяют как и для матриц.

Пуансоны следует проверить на смятие опорной поверхностью головки пуансона поверхности плиты и на сжатие и продольный изгиб самого пуансона в наименьшем сечении. При этом напряжение смятия $\sigma_{см}$ (МПа) определяют по формуле

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F_{нов}}, \quad (60)$$

где P - технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, Н;
 $F_{нов}$ - площадь опорной поверхности головки пуансона, мм².

Если $\sigma_{см} > 100 \text{ МПа}$, то пуансон следует упирать в стальную закаленную подкладную плитку из стали 45 (HRC₃ 42–46).

Проверку на сжатие осуществляют с учетом продольного изгиба в следующей последовательности.

В начале определяется коэффициент φ понижения допускаемого напряжения сжатия $\sigma_{сж}$, зависящий от условий гибкости пуансона и учитывающий возможную потерю устойчивости пуансона (его продольный изгиб). Для пуансонов круглого сечения этот коэффициент зависит от параметра:

$$\mu = 2,8 \frac{h_n}{d_n}, \quad (61)$$

где h_n - длина рабочей части пуансона

d_n - диаметр (по наименьшему сечению) рабочей части пуансона.

μ	до 4	св. 4 до 8	св. 8 до 12	св. 12 до 16	св. 16 до 23	св. 23 до 30
φ	1,0	0,8	0,75	0,72	0,65	0.60

Для пуансонов некруглого сечения μ определяется по формуле

$$\mu = \frac{0,7 h_n \sqrt{F_{раб}}}{\sqrt{J}}, \quad (62)$$

где $F_{раб}$ – площадь поперечного сечения рабочей части пуансона, мм²;

J – минимальный осевой момент инерции поперечного сечения рабочей части пуансона, мм⁴.

Далее определяют площадь F_k (мм²) контакта рабочего торца пуансона со штампуемым материалом. Если диаметр пробиваемого отверстия соизмерим с толщиной штампуемого материала, то $F_k \approx F_{раб}$. Если же диаметр отверстия больше толщины материала, площадь F_k следует принимать равной площади кольцевого пояса шириной a_k контакта пуансона с заготовкой.

Ширина a_k кольцевого пояса зависит от отношения d_n/s , величины зазора и наличия нижнего прижима. Значение a_k при пробивке без прижима принимают по таблице 9.

При достаточном удельном усилии нижнего прижима контакт пуансона с заготовкой может быть по всей поверхности торца пуансона.

Площадь кольцевого пояса

$$F_k = \pi a_k (d_n - a_k), \quad (63)$$

Таблица 9

Данные для определения ширины кольцевого пояса a_k контакта пуансона и материала при пробивке отверстий без прижима.

$\frac{d_n}{s}$	a_k / d_n при относительном зазоре Z/s			
	0,2...0,15	0,15...0,05	0,05...0,01	0,01...0,001
св. 0,8 до 1,2	0,35	0,40	0,45	0,50
св. 1,2 до 2,0	0,30	0,35	0,40	0,45
св. 2,0 до 5,0	0,25	0,30	0,35	0,40
св. 5,0 до 10	0,20	0,25	0,30	0,35
св. 10 до 20	0,15	0,20	0,25	0,30
св. 20	0,10	0,15	0,20	0,25

Напряжение сжатия $\sigma_{сж}$ (МПа) вычисляется по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{\varphi F_k} \leq [\sigma_{сж}], \quad (64)$$

где P – технологическое усилие, воспринимаемое проверяемым пуансоном, Н.

Допускаемое напряжение на сжатие $[\sigma_{сж}]$ для сталей У8А, У10А и т.п. после закалки и отпуска принимают 1600МПа, для Х12М – 1900 МПа.

При конструировании направляющих и фиксирующих элементов штампа (съемник, шаговые ножи, планки направляющие, упоры, прижимы, фиксаторы ловители, выталкивающие устройства) следует воспользоваться формулами и рекомендациями, приведенными на с.113-141, [6] или другой справочной литературы [4, 7, 10].

3.2.5 Конструирование и расчет на прочность рабочих деталей штампа для гибочных операций.

При V – образной гибке (рис.1) радиус закругления пуансона r_n принимают равным радиусу закругления r штампуемой детали; радиус закругления матрицы

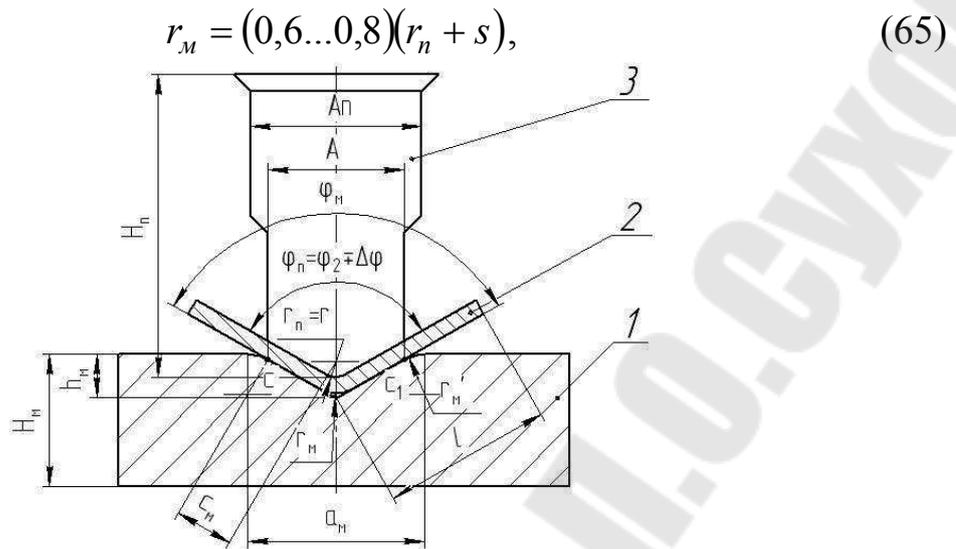


Рис.1. Схема штампа для V-образной гибки.
1-матрица; 2-штампующая деталь; 3-пуансон.

Радиус закругления на ребре матрицы r'_m принимают ориентировочно из зависимости

$$r'_m = (1 \dots 2)s, \quad (66)$$

s , мм	до 0,5	св. 0,5 до 1,0	св. 1,0 до 2,0	св. 2,0 до 4,0	св. 4,0 до 6,0	св. 6,0 до 10
r'_m , мм (не менее)	1	2	3	4	5	6

Если длина полки детали $l \leq 50$ мм, то глубину рабочей части матрицы h_m и ее толщину H_m берут по таблице 10, после чего построением или аналитически находят ширину a_m .

Если длина полки детали $l > 50$ мм, то размеры матрицы можно ориентировочно принять из зависимости

$$a_m = (15 \dots 20)s, \quad (67)$$

после чего построением рабочего профиля матрицы, исходя из значений c_m , взятых из таблицы 11, найденное значение a_m уточняется.

Таблица 10

**Размеры рабочих деталей штампа для V-образной гибки
при длине полки детали $l \leq 50$ мм**

Толщина материала s , мм	h_m , мм	H_m , мм	Толщина материала s , мм	h_m , мм	H_m , мм
до 0,5	2	12	св. 4 до 5	18	43...48
св. 0,5 до 1	4	19	св. 5 до 6	22	47...52
св. 1 до 2	7	22...27	св. 6 до 7	25	50...56
св. 2 до 3	10	32...37	св. 7 до 10	30...36	60...76
св. 3 до 4	15	35...40			

Таблица 11

**Длина s_m наклонной части рабочего профиля матрицы при
V-образной гибки при длине полки детали $l > 50$ мм**

Толщина материала s , мм	Длина полки l , мм			
	св. 50 до 75	св. 75 до 100	св. 100 до 150	св. 150 до 200
до 1	18...25	25...30	30...35	35...40
св. 1 до 2	20...25	25...30	30...35	35...45
св. 2 до 4	25...30	30...35	35...40	40...50
св. 4 до 6	30...35	35...40	40...45	45...50
св. 6 до 10	35...40	40...45	45...50	50...60

Ширину рабочей части пуансона A принимают равной расстоянию между точками касания штампуемой детали и матрицы $A = CC_1$

Ширину пуансона A_n для крепления его в пуансонодержателе принимают равной

$$A_n = A + (5...10), \text{ мм} \quad (68)$$

Длину пуансона определяют по формуле:

$$H_n = h_m + H_{nn} + (20...25), \text{ мм}, \quad (69)$$

где H_{nn} – толщина пуансонодержателя, принимаемая равной

$$H_{nn} = (0,3...0,5)A_n \quad (70)$$

При П – образной гибке (рис. 2) радиус закругления r'_m и глубина матрицы h'_m принимают:

- в первом случае (рис.2а) – при неполном опускании полок детали в матрицу – по таблице 10 с.200–201 [6],

- во втором случае (рис.2б) – при полном опускании полки детали в полость матрицы – по таблице 11 с.200 [6].

При этом в первом случае общая толщина матрицы

$$H_m = r'_m + h'_m + h''_m, \quad (71)$$

где h''_m – определяют конструктивно в зависимости от размера матрицы A_m , причем должно быть $h''_m \geq 0,1A_m$.

Во втором случае

$$H_m = r'_m + h'_m, \quad (72)$$

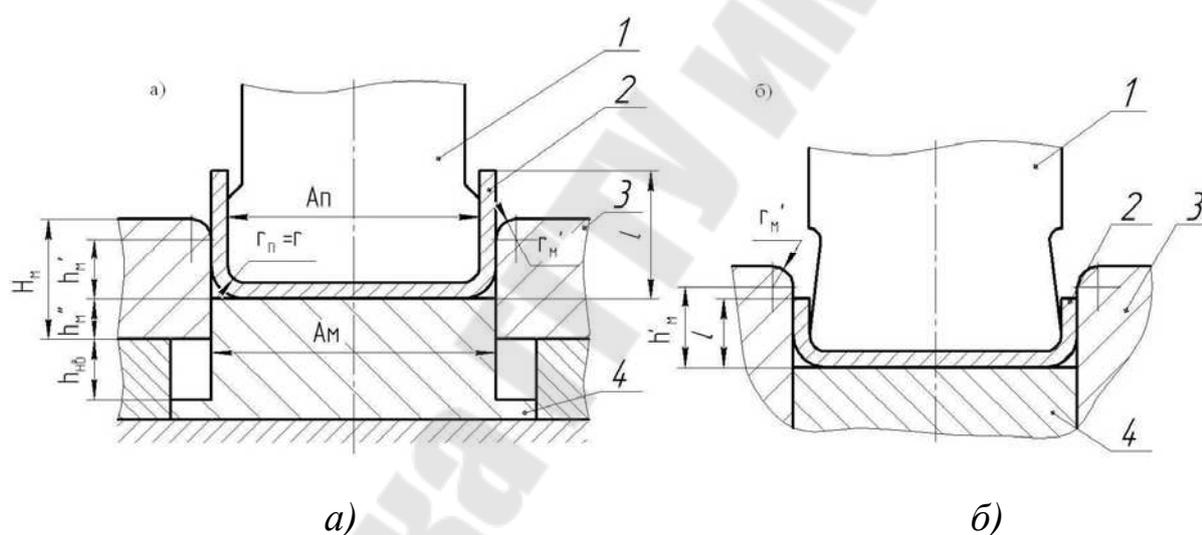


Рис.2. Схема штампа для П-образной гибки.

1-пуансон; 2-штампруемая деталь; 3-матрица; 4-выталкиватель.

Ход нижнего выталкивателя определяют по формуле

$$h_{нв} = r'_m + h'_m + 0,2s, \text{ мм} \quad (73)$$

Длину (высоту) пуансона для обоих случаев гибки принимают из соотношения

$$H_n \geq l + H_{nh} + (20...25), \text{ мм} \quad (74)$$

где H_{nn} – толщина пуансонодержателя, $H_{nn} = (0,3 \dots 0,5)A_n$;

l – длина отгибаемой полки, мм.

Конструктивное оформление и шероховатость обработки поверхностей гибочных штампов показана:

- при V-образной гибке – рис.5, с. 194 [6];

- при П-образной гибке – рис.6, с 196–197 [6].

Расчет на прочность рабочих деталей гибочных штампов выполняется как и для штампов разделительных операций.

3.2.6. Конструирование и расчет на прочность рабочих деталей штампа для операций вытяжки.

Наиболее ответственными частями рабочих элементов вытяжного штампа являются их поверхности, непосредственно соприкасающиеся во время вытяжки со штампуемым материалом: закругления, переходные фаски, перетяжные пороги и др. От их правильного оформления во многом зависит качество операции вытяжки.

Конструктивное оформление ряда рабочих элементов и шероховатость поверхностей показана на рис.19, с.288-289 [6].

Радиус закругления рабочего ребра матрицы для данной операции r_{mn} (мм) в общем случае можно определить по формуле

$$r_{mn} = 0,05[50 + (d_{n-1} - d_n)]\sqrt{s}, \quad (75)$$

где d_{n-1} и d_n - диаметры полуфабрикатов до и после данной операции.

Для первой операции вытяжки вместо слагаемого $(d_{n-1} - d_n)$ необходимо подставить $(D_3 - d_1)$, а при вытяжке прямоугольных коробок $(B_{n-1} - B_n)$. Однако, необходимо иметь в виду, что увеличенный радиус r_m может привести к складкообразованию, а уменьшенный – к разрыву штампуемого материала. Поэтому необходимо придерживаться следующих рекомендаций: при вытяжке деталей из материала толщиной $s < 3\text{мм}$ из низкоуглеродистой стали $r_m = (6 \dots 10)s$, из алюминия, его сплавов и латуни $r_m = (5 \dots 8)s$. При $s = 3 \dots 6\text{мм}$ указанные значения r_m уменьшаются до $(4 \dots 6)s$ и $(3 \dots 5)s$, а при $s \geq 6,0\text{мм}$ - до $(2 \dots 4)s$ и $(1,5 \dots 3)s$.

Радиус закругления торца пуансона r_n на последней операции, если позволяют условия вытяжки, принимают равным радиусу детали r_d . В противном случае, если $r_d \geq 2s$ при $s \leq 6\text{мм}$ и $r_d \leq 1,5s$ при $s > 6\text{мм}$, вводится операция калибровки. Если вытяжку осуществляют за две-три операции, следует назначать $r_n = (0,8 \dots 1,0)r_m$ на соответствующей операции, постепенно уменьшая его до r_d . При многооперационной вытяжке значение r_n на каждой операции следует назначать, исходя из диаметров полуфабрикатов после данной операции d_{n-1} и после следующей за ней операции d_n .

При вытяжке с утонением принимают:

- при $s = 0,5 \dots 2,0\text{мм}$ - $r_m = (1,3 \dots 1,5)s$, $r_n = (1,2 \dots 1,8)s$;

- при $s = 2 \dots 6\text{мм}$ - $r_m = (1,25 \dots 1,5)s$, $r_n = (0,5 \dots 0,1)s$.

При вытяжке в ленте радиусы закруглений пуансона r_n и матрицы r_m принимают одинаковыми по таблице 12.

Другие рекомендации по оформлению рабочих элементов вытяжных штампов смотрите на с.290-295 [6].

Расчет на прочность рабочих деталей вытяжных штампов выполняется как и для штампов разделительных операций.

Таблица 12

Радиусы закруглений пуансона r_n и матрицы r_m при последовательной вытяжке в ленте ($r_n = r_m$)

Операция	$100s / D_3$		
	Св. 0,5 до 1,0	св. 1,0 до 2,0	св. 2,0
Первая	$(5 \dots 6)s$	$(4 \dots 5)s$	$(3 \dots 4)s$
Последующие	$(0,7 \dots 0,8)r_{n-1}$	$(0,65 \dots 0,7)r_{n-1}$	$(0,6 \dots 0,7)r_{n-1}$

4. Расчеты общего характера, выполняемые при конструировании штампа

4.1. Определение координат центра давления штампа

В штампах для вырубки (пробивки), содержащих несколько пуансонов, определение центра давления является обязательным. В штампах для гибки, вытяжке и других формоизменяющих операций центр давления обычно не определяют, так как конструкции таких штампов, как правило, содержат только один пуансон, ось которого является линией действия равнодействующей всех сил.

Определению координат центра давления штампа предшествует определение координат центра давления отдельных штампуемых элементов.

В общем случае координаты центра давления штампа можно определить аналитически по формулам:

$$x_c = \frac{P_1x_1 + P_2x_2 + \dots + P_nx_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (76)$$

$$y_c = \frac{P_1y_1 + P_2y_2 + \dots + P_ny_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (77)$$

где P_1, P_2, \dots, P_n - усилия штамповки отдельных элементов;

x_1, x_2, \dots, x_n и y_1, y_2, \dots, y_n - координаты центров давления штампуемых элементов.

Примечание: на кафедре «Обработка материалов давлением» имеется программа для определения центра давления штампа.

4.2. Выбор и расчет размеров плит штампа и его направляющих узлов.

Размеры в плане нижней и верхней плит определяются конструктивно, исходя из размеров пакета. Габаритные размеры нижней плиты должны обеспечивать возможность крепления нижней части штампа: плита должна выступать за пределы пакета на размер, достаточный для установки направляющих узлов и крепежных болтов или прихватов. Если верхняя часть штампа крепится к ползуну прессы с помощью хвостовика, то верхняя плита по своей конфигурации и размерам, если это допускается условиями размещения направляющих узлов, может соответствовать верхней части пакета. Если это невозможно или штамп крепится без хвостовика, то размер в плане верхней плиты не должен превышать соответствующих размеров нижней плиты.

Толщину верхней и нижней плит следует определять соответствующим расчетом на прочность и жесткость. Однако ввиду большого числа факторов, влияющих на условия нагружения плит, точный расчет их выполнить практически невозможно.

Расчет нижней плиты рекомендуется выполнять с учетом следующих допущений:

1. Форма и размеры отверстия (если оно имеется) в нижней плите строго соответствуют форме и размерам отверстия в матрице или другой детали, непосредственно примыкающей к плите;
2. Указанное отверстие в плите строго эквидистантно отверстию в подштамповой плите прессы, полную нагрузку воспринимает только нижняя плита.

В этом случае толщину нижней плиты H_{nl} (мм) можно определить по формуле

$$H_{nl} = 2.5 \sqrt{\frac{W_D}{A - d_{оме}}}, \quad (78)$$

где A – ширина нижней плиты в опасном сечении, мм;
 $d_{оме}$ – диаметр провального отверстия в нижней плите штампа, мм;

W_D – момент сопротивления сечения нижней плиты в направлении отверстия в подштамповой плите $D_{пл}$, определяемой по формуле

$$W_D \cong 0,25 \frac{PD_{пл}}{[\sigma_u]}, \text{ мм}^3, \quad (79)$$

где P – полное расчетное усилие, действующее на нижнюю плиту, Н;

$D_{пл}$ – диаметр отверстия в подштамповой плите прессы, мм;

$[\sigma_u]$ – допускаемое напряжение на изгиб материала нижней плиты, МПа.

При этом расчет следует провести по нескольким наиболее опасным сечениям и принять наибольшее значение $H_{пл}$.

Толщину верхней плиты рекомендуется принимать не более 0,6...0,8 от толщины нижней плиты.

Размеры направляющих узлов можно выбирать исходя из габаритных размеров нижней плиты штампа и действующего на него усилия P . При этом, если конструктивно определено, что в штампе следует принять два диагонально расположенных направляющих узла, то минимальный размер направляющей колонки d_{nn} (мм) определяют по формуле

$$d_{nn} = 0,5 \sqrt{F_{пл} + 70^8 P}, \quad (80)$$

где $F_{пл}$ – площадь опорной поверхности нижней плиты, см²;

P – полное расчетное усилие, действующее на нижнюю плиту, кН.

При заднем расположении двух направляющих узлов диаметр колонок d_{nn} необходимо увеличить до следующего стандартного значения (например, расчетом по формуле (80) получено $d_{nn} = 22$ мм, то в данном случае следует взять колонку $d_{nn} = 25$ мм).

При установлении трех (четырех) направляющих узлов расчетный диаметр колонки необходимо уменьшить до следующего стандартного значения.

Если выбран стандартный штамповый блок, то уже этим блоком определен диаметр d_{nn} .

4.3. Расчет резиновых и полиуретановых буферных устройств

Буферные устройства применяют в штампах для разделительных и формоизменяющих операций, где они служат для обеспечения необходимого усилия прижима или выталкивания детали.

Расчет резинового буферного устройства выполняют в следующей последовательности.

По трем основным заданным параметрам – усилиям прижима(выталкивания) в начале P_1 и в конце P_2 операции и требуемому рабочему ходу $h_{\text{бф}}$ буфера определяют величину Δ_1 требуемого предварительного сжатия буфера

$$\Delta_1 = \frac{h_{\text{бф}}}{\frac{P_2}{P_1} - 1} \quad (81)$$

При разделительных операциях значение $h_{\text{бф}}$ принимают на (0,5...1) мм больше толщины штампуемого материала s . При формоизменяющих операциях значение $h_{\text{бф}}$ определяется требуемой глубиной вытяжки, шириной отгибаемой полки и другими условиями.

Требуемые усилия P_1 и P_2 определяют исходя из характеристики выполняемой штамповочной операции. В начале определяют необходимое номинальное значение этого усилия, а затем его допускаемые предельные значения – наименьшее P_1 и наибольшее P_2 .

Наибольшее допустимое (полное) сжатие резинового буфера

$$\Delta_2 = \psi H_{\text{бф}}, \quad (82)$$

где $\psi = 0.3$ при относительном сжатии буфера на 30% (при этом сжатии буфер не подвергается интенсивному износу и работает стабильно в течение длительного времени, а усилие буфера в каждый данный момент возрастает пропорционально величине его сжатия)

$H_{\text{бф}}$ - высота буфера в свободном состоянии.

Полное сжатие буфера можно определить по формуле

$$\Delta_2 = \Delta_1 + h_{\text{бф}} = h_{\text{бф}} \frac{P_2}{P_2 - P_1} \quad (83)$$

Требуемую полезную площадь буфера $F_{\text{бф}}$ (мм²) определяют из условия, что развиваемое резиной удельное давление прижима при $\psi = 0,3$ составляет (при твердости резины 62 по Шору А) примерно 1,7 Н/мм².

Следовательно
$$F_{\text{бф}} = \frac{P_2 \eta}{1,7}, \quad (84)$$

где P_2 - усилие прижима (выталкивания) в конце операции, Н;
 η - коэффициент, принимаемый в зависимости от твердости резины (таблица 13).

Таблица 13

Значения коэффициента η

Твердость резины по Шору А	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
Значение коэф. η	1,55	1,44	1,34	1,24	1,15	1,07	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76

В случае, когда буфер сжимается не на 30 % ($\psi \neq 0.3$), возникающее усилие

$$P_{\text{бф}} = \frac{5,7 F_{\text{бф}} \Delta_{\text{бф}}}{\eta H_{\text{бф}}}, \quad (85)$$

где $\frac{\Delta_{\text{бф}}}{H_{\text{бф}}} = \psi$.

По найденному значению $F_{\text{бф}}$ определяют его размеры в плане.

На практике, при конструировании штампа часто необходимо выполнять обратный расчет – имея размеры буфера, определяемые конструкцией и размерами штампа определить усилие, которое им

может быть обеспечено. В этом случае по значению $F_{\text{бф}}$, по формуле (85) находят усилие $P_{\text{бф}}$, развиваемые буфером при любом его сжатии $\Delta_{\text{бф}} \leq \Delta_2$

При выборе буфера необходимо соблюдать условие

$$H_{\text{бф}} \leq 0,3D_{\text{бф}} \quad (86)$$

где $D_{\text{бф}}$ - наружный диаметр буфера в свободном его состоянии.

При необходимости получения большей высоты буфер следует составлять из отдельных частей с металлическими прокладками толщиной 2-3мм.

Расчет полиуретановых буферов аналогичен расчету резиновых буферов. Однако усилие, обеспечиваемое полиуретановым буфером, в среднем достигает 4Н/мм^2 (при твердости 82 по шору А), следовательно для полиуретанового буфера

$$F_{\text{бф}} = \frac{P_2 \eta'}{4}, \quad (87)$$

где η' - коэффициент, принимаемый по таблице 14, а формула (85) преобразуется к виду

$$P_{\text{бф}} = \frac{13,3 \Delta_{\text{бф}} F_{\text{бф}}}{\eta' H_{\text{бф}}} \quad (88)$$

Таблица 14

Значения коэффициента η'

Твердость полиуретана по Шору А	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Значение коэф. η'	1,23	1,19	1,15	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,93	0,89	0,85

Расчет пружинных буферных устройств можно провести по [1, 4].

4.4. Расчет закрытой высоты штампа

Штамп следует проектировать в его нижнем рабочем положении. В этом положении наилучшим образом увязывается взаимодействие рабочих, прижимающих и удаляющих деталей штампа.

Высота штампа в нижнем рабочем положении называется его закрытой высотой и должна быть увязана с закрытой высотой пресса.

Закрытой высотой пресса называется расстояние от верхней плоскости стола пресса до нижней плоскости ползуна в его нижнем положении при максимальном ходе и наименьшей длине шатуна.

Закрытая высота пресса определяет максимальную закрытую высоту штампа, который может быть установлен на данном прессе.

Закрытая высота штампа H_3 (в нижнем рабочем положении) должна находиться между наибольшей закрытой высотой пресса H и наименьшей закрытой высотой пресса H_1

обычно берут $H - 5\text{мм} \leq H_3 \leq H_1 + 10\text{мм}$

Обычно штампы проектируют ближе к наибольшей закрытой высоте пресса, учитывая желательность работы при укороченном (свинченном) шатуне, а также уменьшение высоты штампа вследствие последующих перешлифовок.

В случае, если закрытая высота штампа H_3 будет меньше наименьшей закрытой высоты пресса H_1 (т.е. $H_3 < H_1$), необходимо применение промежуточных подкладных плит или специальных обработанных брусков.

5. Мероприятия по технике безопасности

Наряду с описанием общих мероприятий по охране труда и технике безопасности, проводимых в цехах листовой штамповки, необходимо отметить то конкретное, что предусматривает разработанная в проекте конструкция штампа в этом направлении.

Наиболее радикальными средствами по охране труда являются: создание безопасных конструкций штампов, автоматизация и механизация процессов штамповки, применение подвижных ограждений на прессах. Не следует проектировать фотоэлементную защиту, т.к. практика показала, что эта система часто выходит из строя и не обеспечивает надежной защиты от травматизма.

Важнейшим условием выполнения правил по технике безопасности является четкое проведение системы организационно-технических мероприятий по охране труда и технике безопасности, которую и следует описать в данном разделе.

6. Расчет экономической эффективности

Оценка экономической эффективности применения разработанного в проекте штампа с применением средств механизации и автоматизации заключается в сопоставлении единовременных затрат на изготовление более сложной технологической оснастки с ожидаемой экономией на производственной заработной плате, расходе штампуемого материала и цеховых расходах. В качестве показателей экономической эффективности применения разработанного штампа в данном разделе определяется технологическая себестоимость изготовления детали при штамповке в комбинированном штампе и в простых однооперационных штампах, а также срок окупаемости затрат, представляющий отношение величины единовременных дополненных затрат к суммарной величине годовой экономии на текущих затратах производства.

Технологическую себестоимость изготовления детали определяют по формуле:

$$K = \frac{Wm + V}{N} + \frac{t(1 + 0.01H)}{T} + M, \quad (89)$$

где K - технологическая себестоимость детали, у.е.;

W - ориентировочная планово-расчетная цеховая стоимость типовых штампов (приложение Б, табл. Б.1–Б.3);

m - число штампов, необходимое для изготовления заданной партии деталей, шт.;

$$m = \frac{N}{C}, \quad (90)$$

где C - стойкость штампа (приложение Б, табл. Б.4)

V - стоимость автоматической подачи (приложение Б, табл. Б.5)

N - годовая программа выпуска штампуемых деталей, шт.;

T - производительность в смену, шт. (приложение Б, табл. Б.5).

t - средняя заработная плата рабочего по данной операции за 1 день, у.е. (тарифная часовая ставка для рабочих машиностроитель-

ной промышленности, работающих по третьему разряду, составляет 0,413 у.е.);

H - цеховые накладные расходы за один день, у.е. (принимаются в процентном отношении к заработной плате производственных рабочих. По данным Минского тракторного завода цеховые накладные расходы составляют 500% заработной платы производственных рабочих);

M - стоимость материала, определяемая по норме расхода на основании карты раскроя и прейскуранта оптовых цен на материалы, у.е.

Себестоимость изготовления детали, на каждый переход которой требуется отдельный штамп, подсчитывается по аналогичной формуле:

$$K = \frac{W_1 m_1 + W_2 m_2 + \dots + W_n m_n}{N} + \frac{t(n + 0.01H)}{T} + M, \quad (91)$$

где n - количество переходов (штампов).

Срок окупаемости затрат на средства автоматизации подсчитывается по формуле:

$$O = \frac{Z_0}{N \mathcal{E}_3 (1 + 0.01Hk)}, \quad (92)$$

где O - срок окупаемости затрат в годах;

N - годовая программа выпуска штампуемых деталей, шт.;

Z_0 - дополнительные затраты на автоматизацию, принимаемые равными стоимости автоматической подачи, у.е. (приложение Б табл. Б.5);

\mathcal{E}_3 - экономия на производственной заработной плате на одну штампуемую деталь, определяемая разностью расценок до и после автоматизации.

При выполнении курсового проекта расценки можно определить как частное от деления средней заработной платы рабочего на производительность;

H - установленный процент цеховых накладных расходов;

k - коэффициент, учитывающий отсутствие экономии по некоторым статьям накладных цеховых расходов при наличии экономии на производственной заработной плате.

При постоянной годовой программе выпуска изделий коэффициент $k \approx 0.2 \dots 0.5$.

Литература

1. Зубцов М.Е. Листовая штамповка. - Л.: Машиностроение, 1980. -430 с: ил.
2. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки. - М: Машиностроение, 1989. - 304 с: ил.
3. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. - М.: Машиностроение, 1977. - 277 с: ил.
4. Короткевич В.Г. Проектирование инструмента для пластического деформирования: Учебник. - Мн.: Высшая школа, 2000. - 384 с: ил.
5. Скворцов Г.Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. (Конструкция и расчет). - М.: Машиностроение, 1972.-395 с.: ил.
6. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка /Под общ. ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.: ил.
7. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. - Л.: Машиностроение, 1979. - 520 с: ил.
8. Мещерин В.Т. Листовая штамповка (атлас схем). - М.: Машиностроение, 1975. - 266 с: ил.
9. Дурандин М.М., Рымзин Н.Л., Шихов Н.А. Штампы для холодной штамповки мелких деталей (альбом конструкций и схем). - М.: Машиностроение, 1978. - 107 с: ил.
10. Ковка и штамповка: Справочник. В 4 т. /Ред. совет: Е.И. Семенов и др. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 1. - 568 с; 1987. - Т. 4. - 544 с: ил.
11. Григорьев Л.Л. Автоматизированное проектирование в холодной листовой штамповке. - Л.: Машиностроение, 1984. - 280 с.
12. Теория и технология листовой штамповки: Практическое пособие для студ. заоч. отделения специальности 36 01 05 «Машины и технология обработки материалов давлением» /Авт.-сост. В.Г. Короткевич.– Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2004. – 36 с.
13. ГОСТ 2.424-80. Правила выполнения чертежей штампов. - М.: Изд-во стандартов, 1980.-21 с: ил.
14. Обработка металлов давлением: Термины и определения: ГОСТ 15830-84, ГОСТ 18970-84. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 25 с: ил.

15. Устройства автоматические для подачи рулонного материала, встраиваемые в штампы листовой штамповки: Основные и присоединительные размеры: ГОСТ 21141-84 – ГОСТ 21147-84, ГОСТ 26390-84, ГОСТ 26391-84. - М.: Изд-во стандартов, 1985. - 31 с: ил.

16. Штампы для листовой штамповки. Плиты, направляющие колонки, втулки и блоки штампов: Конструкция и размеры: ГОСТ 13110-75 - ГОСТ 13126-75, ГОСТ 13130-75, ГОСТ 21175-75. - М.: Изд-во стандартов, 1980. -187 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени П. О. СУХОГО»**

Кафедра «Обработка материалов давлением»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту по дисциплине
«Теория и технология листовой штамповки»
Тема проекта : «.....»

Выполнил(а) студент(ка)
группы Д-41
Хxxxxxxxxxxxx Х.Х.

Руководитель проекта
Хxxxxxxxxxxxx Х.Х.

Члены комиссии:
Хxxxxxxxxxxxx Х.Х.
Хxxxxxxxxxxxx Х.Х.

Оценка _____

Дата

Гомель 2009

Приложение Б

Таблица Б.1

Ориентировочная планово-расчетная цеховая стоимость типовых штампов в автомобильной промышленности

Типы штампов	Стоимость в у.е. в зависимости от размера и массы штампов			
	Небольшие (40–70) кг	Средние (150–200) кг	Крупные (400–500) кг	Весьма крупные (3000–5000) кг
Вырубные простые	65–80	155–190	330–400	1900–2300
Вырубные сложной формы	90–110	210–250	400–450	2000–2500
Отрезные фасонные	70–90	175–210	420–500	2500–3000
Пробивные простые	50–60	125–150	280–300	1900–2300
Пробивные клиновые	80–100	180–220	430–520	2500–3000
Совмещенные для вырубки и пробивки	100–120	240–290	450–520	2100–2600
Последовательные для отрезки и пробивки	70–85	150–190	350–400	2000–2500
Последовательные для отрезки и гибки	85–100	190–230	430–500	2500–3000
Последовательные для многопозиционной вытяжки и формовки	150–190	340–420	660–750	3000–4000
Гибочные с прижимом	70–90	175–210	350–440	2000–2500
Вытяжные простые	65–80	140–180	330–400	2000–2600
Вытяжные прямоугольные	80–95	170–210	400–500	2500–3300
Вытяжные сложные для прессов двойного действия				4000–5000
Обрезные штампы (фасонные)	130–160	300–370	580–650	3200–3800
Совмещенные для фасонной обрезки и пробивки	145–175	340–400	650–750	3500–4000
Совмещенные для вырубки и вытяжки	95–110	180–220	430–550	2500–3200
Штампы для калибровки	90–110	220–270	490–550	3000–3500

Продолжение приложения Б

Примечания к таблице Б.1:

1. Размеры штампов оцениваются суммарной габаритной величиной – суммой полупериметра нижней плиты и закрытой высоты штампа, или по габаритным размерам матрицы (табл. Б.2).
 2. Стоимость штампов промежуточных размеров может быть найдена методом интерполяции или по стоимости, отнесенной к 1 кг веса штампа данного типа и размера.
 3. Стоимость штампов подсчитана для штампов на стандартных (нормализованных) блоках с литыми чугунными плитами.
- Применение стального проката дает удешевление от 3 до 6%, а применение стального литья – такое же удорожание штампов.
4. Особо крупные штампы массой от 10 до 15 т и стоимостью от 5000 до 10 000 у.е. в таблицу не включены.
 5. Отпускная заводская стоимость штампов выше приведенной плановой цеховой стоимости на величину общезаводских накладных расходов, коммерческих расходов и планового процента накоплений. Для приближенных расчетов отпускную стоимость можно определить умножением приведенных в данной таблице величин на коэффициент, равный 1,75 – 1,85.

Таблица Б.2

Группировка штампов по величине

Обозначение группы	Группа штампов	Приблизительная масса в кг	Габаритная величина (L+B+H) в мм	Размеры матриц в мм
I	Мелкие	10–30	250–400	60X50
II	Небольшие	40–70	500–600	140X94
III	Средние	150–200	900–1000	250X174
IV	Крупные	400–500	1400–1600	420X300
V	Весьма крупные	3000–5000	4500–5000	Литые или секционные

Примечания:

1. Габаритная величина представляет собой сумму полупериметра нижней плиты L + B и закрытой высоты штампа H.
2. Размеры и вес штампов подсчитаны для штампов на стандартных (нормализованных) блоках с направляющими колонками.

Продолжение приложения Б

Таблица Б.3

Ориентировочная плано-расчетная цеховая стоимость типовых штампов радиотехнической и приборостроительной промышленности в у.е.

Типы штампов	Стоимость в у.е. в зависимости от размеров и массы штампов			
	Мелкие (10–30 кг)	Небольшие (40–70 кг)	Средние (150–200 кг)	Крупные (400–500 кг)
Вырубные простой формы	40–50	60–70	120–160	200–260
Вырубные сложной формы	60–75	80–100	200–260	350–420
Вырубные весьма сложной формы	120–150	180–220	350–420	500–570
Пробивные простые	25–30	40–50	90–120	150–200
Пробивные многопуансонные (20–100 отверстий)	60–75	80–120	180–450	360–800
Совмещенные вырубные простые	150–180	210–260	180–250	300–400
Совмещенные сложной формы	240–300	320–400	420–500	600–750
Совмещенные весьма сложной формы	80–150	160–240	600–700	800–1000
Совмещенные для вырубки и вытяжки	50–60	70–90	260–320	500–600
Последовательные простой формы	90–110	125–160	160–200	250–300
Последовательные сложной формы	180–250	260–340	300–350	450–550
Последовательные весьма сложной формы	100–140	150–180	440–600	600–900
Последовательные многопозиционные вытяжные и гибочные			200–350	
Гибочные простые с прижимом,,.	20–30	30–50	60–100	100–200
Гибочные клиновые	90–150	160–260	300–400	420–600
Вытяжные без прижима	20–30	30–40	65–100	110–160
Вытяжные с прижимом	50–70	70–100	120–220	250–350

Продолжение приложения Б

Таблица Б.4

Ориентировочная стойкость рабочих частей штампов до полного износа

Тип штампа	Толщина материала в мм	Стойкость в тыс. ударов в зависимости от материала рабочих частей	
		углеродистая сталь (У8А, У10А)	легированная сталь (Х12М, Х12Ф1)
Вырубной (с направляющими колонками)	0,25–0,5	700–1000	1100–1400
	1,0	500–700	700–1000
	1,5	350–550	550–800
	2,0	250–450	400–680
	3,0	250–400	400–600
	6,0	150–300	250–450
Пробивной	До 4	150–250	250–400
Гибочный простой	До 3	900–1100	1400–1700
Гибочный сложный	До 3	450–600	700–900
Вытяжной простой	До 3	1200–1600	1800–2400
Формовочный	До 3	250–400	400–600
Чеканочный	—	100–150	150–250

Примечание: Наименьшие значения стойкости относятся к штамповке более твердых материалов (сталь 40, 50), а наибольшие – к штамповке более мягких материалов (стали 10, 20, Ст. 2).

Продолжение приложения Б

Таблица Б.5

Ориентировочная стоимость типовых устройств для автоматизации подачи заготовок

Тип автоматической подачи	Ориентировочная стоимость в у.е.	Увеличение производительности пресса во сколько раз	
		Увеличение производительности пресса	Увеличение производительности труда рабочего
Валковая двусторонняя	300–500	2–3	4–6
Валковая односторонняя	200–300	2–3	4–6
Клещевая двусторонняя	200–300	2–2,5	4–5
Клещевая односторонняя	50–80	3–4	6–8
Клино-роликовая	150–200	2–3	4–6
Клино-ножевая	100–120	2–3	4–6
Крючковая	20–50	2–2,5	4–5
Револьверная	200–300	3–4	3–4
Шиберная (магазинная)	150–200	4–5	8–10
Механическая рука для подачи мелких изделий	500–800	3–4	6–8
Механическая рука для удаления крупных изделий	1000–1500	–	2–3
Установка для подачи полос	1500–2000	2–3	4–6

Примечание. При изменении типа штампа и уменьшении количества операций производительность труда рабочего увеличивается еще в несколько раз, в зависимости от числа сокращенных операций.

Содержание

Введение.....	3
1. Тематика, содержание и объем курсового проекта.....	4
1.1 Графическая часть.....	4
1.2 Пояснительная записка.....	5
2. Расчет усилий и работы деформации, необходимых для выполнения основных технологических операций. Выбор прессы.....	11
2.1 Для разделительных операций.....	11
2.2 Для гибочных операций.....	13
2.3 Для операций вытяжки.....	15
3. Выбор конструкции штампа, описание его работы, расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа и расчет их на прочность.....	17
3.1. Конструирование штампа со средствами механизации, описание его конструкции и работы.....	17
3.2. Конструкторский расчет штампов.....	18
3.2.1. Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа для разделительных операций.....	18
3.2.2. Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа для гибочных операций.....	21
3.2.3. Расчет исполнительных размеров рабочих деталей штампа для операций вытяжки.....	24
3.2.4. Конструирование и расчет на прочность рабочих деталей штампа для разделительных операций.....	26
3.2.5. Конструирование и расчет на прочность рабочих деталей штампа для гибочных операций.....	30
3.2.6. Конструирование и расчет на прочность рабочих деталей штампа для операций вытяжки.....	34
4. Расчеты общего характера, выполняемые при конструировании штампа.....	36
4.1. Определение координат центра давления штампа.....	36
4.2. Выбор и расчет размеров плит штампа и его направляющих узлов.....	37
4.3. Расчет резиновых и полиуретановых буферных устройств.....	39
4.4. Расчет закрытой высоты штампа.....	42
5. Мероприятия по технике безопасности.....	42
6. Расчет экономической эффективности.....	43
Литература.....	45
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	47

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

Сарело Станислав Брониславович

ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

**Методические указания
к курсовому проекту**

для студентов специальности 1-36 20 02

«Упаковочное производство (по направлениям)»

дневной формы обучения и специальности 1-36 01 05

**«Машины и технология обработки материалов давлением»
дневной и заочной форм обучения**

Подписано в печать 14.10.09.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,1.

Изд. № 203.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Отпечатано на цифровом дуплекаторе
с макета оригинала авторского для внутреннего использования.

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

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.