

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции  
и ордена Трудового Красного Знамени  
высшее техническое училище им. Н. Э. Баумана

---

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для курсового проектирования по курсу  
«ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭВА»

Раздел: Проектирование операций холодной  
листовой штамповки

Данные методические указания издаются в соответствии с учебным планом.

Рассмотрены и одобрены кафедрой П-8 2.03.82г., методической комиссией факультета П и учебно-методическим управлением.

Рецензент к.т.н. доц. Богатирев Э.Г.



Московское высшее техническое училище  
имени Н.Э. Баумана

Авторы:

В.Г. Ковалев, Е.В. Кротова, Ю.И. Нестеров, В.В. Холевин

## 1. Порядок проектирования технологического процесса

Разработка технологических процессов — это 1) анализ технологичности деталей, полученных холодной листовой штамповкой; 2) определение формы и размеров заготовки, раскрой, выбор исходной заготовки; 3) построение и обоснование выбора оптимального технологического процесса; 4) расчет технологических параметров; 5) проектирование штампа; 6) выбор оборудования и определение его загрузки; 7) определение численности производственных рабочих.

## 2. Анализ технологичности деталей, полученных холодной листовой штамповкой

Анализ технологичности — установление возможности изготовления элементов конструкции детали той или иной операцией листовой холодной штамповкой на основе предъявляемых к детали технологических требований. Если невозможно получить элементы детали листовой штамповкой, изменяют конструкцию для изготовления ее штамповкой, если невозможно изменить конструкцию, используют другой метод ее изготовления [ I, II ].

## 3. Форма, размеры и выбор исходной заготовки, раскрой материала

Форма и размеры заготовки. Форму заготовки во всех случаях определяет форма детали. Для деталей, получаемых г и б ж о й, длину развертки определяют суммированием длины прямоугольных участков по чертежу, длину заготовки для криволинейных участков — с учетом нейтрального радиуса деформаций.

Длина развертки равна (рис. 1)

$$L_p = \sum_{i=1}^{i=n} l + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{r \alpha^0}{180^0} R_i, \quad (1)$$

где  $\sum_{i=1}^{i=n} l$  — сумма прямолинейных участков, мм;  $\alpha$  — угол гибки, градусы;  $R_i$  — нейтральный радиус деформации, мм

$$R_i = r_i + \alpha S. \quad (2)$$

Здесь  $r_i$  — радиус пунсона, мм;

$\alpha$  — коэффициент, определяющий смещение нейтрального слоя деформации (табл. I).

Если в чертеже детали задано одностороннее расположение поля допуска (рис. 2а), то для определения длины развертки расчет

проводят по серединам полей допусков (рис. 26)

$$d = (d - \frac{\Delta}{2}) \pm \frac{\Delta}{2} ; 2b = (b - \frac{\Delta}{2}) \pm \frac{\Delta}{2} . \quad (3)$$

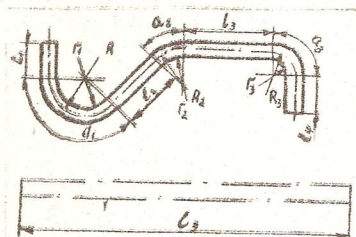


Рис. 1

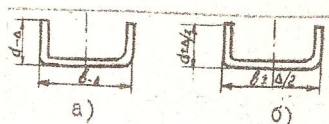


Рис. 2

Размер развертки уточняют в случае гибки двух и более углов, в этом случае несколько удлиняется часть заготовки, лежащая между углами.

Таблица I

Значения коэффициента  $\alpha$

$z/S$	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0
$\alpha$	0,32	0,36	0,38	0,400	0,42
$z/S$	1,5	3,0	5,0	7,0	9,0
$\alpha$	0,44	0,46	0,48	0,49	0,50

Размеры заготовки для вытяжки полых тел вращения. Толщину стенки детали в среднем считают неизменной, поэтому площадь заготовки равна площади детали  $F_{заг} \approx F_{дет}$ , где  $F_{дет}$  - площадь детали с учетом припуска на обрезку.

Вследствие неоднородности механических свойств металла вдоль и поперек направления проката верхние кромки деталей (рис. 3а), а также края фланцев у деталей с фланцем (рис. 3б) после вытяжки получают соответственно неровными и некруглыми. Поэтому при расчете размеров заготовок необходимо учитывать припуск на обрезку неровных (некруглых) кромок.

Площадь характерных элементов поверхности детали определяют по формулам

$$f_1 = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2); f_2 = \frac{\pi}{4} r_1 (\pi d_1 - 4r_1); f_3 = \pi d_2 H; \quad (4)$$

$$f_4 = \frac{\pi}{2} r (\pi d_3 + 4r); f_5 = \frac{\pi}{4} d_3^2. \quad (\text{Рис. 3в}).$$

Следовательно,

$$F_{\text{дет}} = \sum F = f_1 + f_2 + f_3 + \dots \quad (5)$$

Диаметр заготовки круглой детали

$$D_3 = 1,13 \sqrt{F_3}. \quad (6)$$

Для других операций определение формы и размеров заготовок можно найти в [5, 6, II, I2, I3].

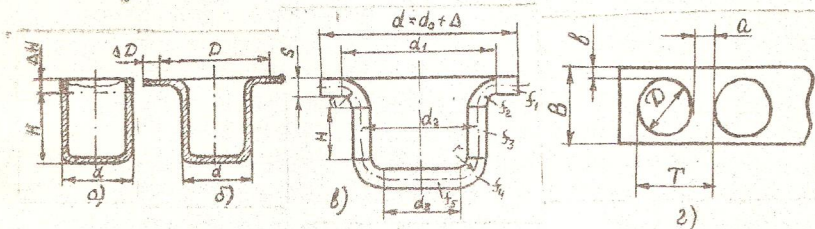


Рис. 3

Раскрой полосы или ленты при штамповке-вырубке деталей II... III качества точности, выполняют с перемычками. Для экономии материала применяют различные схемы расположения деталей: прямое, однородное, многорядное. При комбинированной последовательной штамповке в ленте для более точного фиксирования заготовки по шагу и ширине на каждой из последовательных позиций применяют особый раскрой (обычно с повышенным расходом материала). При этом ширину ленты выбирают больше необходимой на величину, равную припуску для среза шаговым ножом [5, II]. Когда число переходов невелико и нужно обеспечить только точность шага подачи, срез металла для шагового ножа располагают в отходе для экономии металла.

При вырубке заготовок, подвергаемых гибке в двух направлениях с малыми радиусами гибки, линии гибки следует располагать под углом  $45^\circ$  к направлению прокатки.

Ширина штампуемой полосы (ленты) без бокового упора в штампе равна (см. рис. 3г)

$$b = D + 2(\delta + \Delta_{\text{ш}}) + \mathcal{L}, \quad (7)$$

где  $D$  - поперечный размер детали;  $\delta$  - ширина боковой перемычки;  $\Delta$  - допуск на ширину, зависящий от толщины, ширины и применяемого для резки оборудования, равный 0,4...1,1 мм при толщине 0,1...3 мм и ширине 10...300 мм при резке на гильотинных ножницах, а при резке на многодисковых ножницах примерно в четыре раза меньший [12, 13];  $\varepsilon$  - зазор между полосой (лентой) и направляющей, равный 0,5...1,5 мм при однорядном раскрое и ширине 10...300 мм [5].

Шаг подачи (см. рис. 3г)

$$T = D + \alpha, \quad (8)$$

где  $\alpha$  - перемычка между деталями, равная  $\alpha = 3,7 - \sqrt{6,51 - S(S-0,4)}$  при  $S \leq 1,5$  мм,  $\alpha = 0,57 + 0,64$  при  $S > 1,5$  мм; для картона, гетинакса, стеклотекстолита и других материалов перемычку увеличивают в два раза; при вырубке сложных деталей некруглой формы она на 20...30% больше рассчитанной по данным условиям. Ширину боковой перемычки принимают равной  $(1...1,3)\alpha$ .

Для вытяжки ширину полосы (ленты) и шаг подачи можно принимать на один-два мм меньше, чем рассчитанные по приведенным формулам (7), (8), так как после операций вытяжки следует подрезка торца или обрезка фланца.

Нужную ширину полосы (ленты) получают резкой листа (рулона) на полосе (ленте).

Раскрой листа (ленты) ведут с получением целого числа полос, длина которых кратна шагу подачи. Предпочтительным является продольный раскрой, увеличивающий производительность труда за счет меньшего количества заправок полос в штамп. Для уменьшения отхода по некратности длины полосы иногда выполняют раскрой поперек листа или комбинировано (частично вдоль, частично поперек его). При раскрое ленты следует предусматривать у краев припуск два-три мм для удаления смятых при транспортировке торцов ленты.

Для получения наибольшего коэффициента использования материала следует выбирать подходящие исходные размеры листа и ленты, которые приведены в ГОСТах на листы и ленты; для стали - ГОСТ 380-71, 1050-74, 11268-65, 5632-72, 1435-74, 3836-73, 802-58, 9925-61; прецизионных сплавов - ГОСТ 10994-74, 10533-63, 4784-74; магниевых сплавов - ГОСТ 190118-74; меди - ГОСТ 859-66; латуни - ГОСТ 5527-70; бронзы - ГОСТ 493-54, 5017-74; титановых сплавов - ГОСТ 190013-71; текстолита - ГОСТ 5-72; стеклотекстолита - ГОСТ 12652-74; гетинакса - ГОСТ 2718-74; картона -

ГОСТ 2824-60, 2850-58; миканита коллекторного - ГОСТ 2196-60; слюды - ГОСТ 7134-64 и др.

Рациональным считается раскрой, для которого получают наибольший коэффициент использования материала

$$\delta = \frac{n \cdot F_d}{B \cdot L} \quad (9)$$

где  $n$  - число деталей в полосе или ленте;  $F_d$  - площадь детали, мм<sup>2</sup>;  $B, L$  - ширина и длина полосы, ленты или листа, мм.

#### 4. Основы построения и выбора оптимального варианта технологического процесса холодной штамповки

[II, 9, 4]

На основании чертежа заданной детали оценивают технологичность деталей, устанавливают вид, количество, последовательность и совмещенность операций холодной штамповки. Вид операций определяют в основном геометрической формой, конфигурацией и точностью штампуемых деталей, состоянием их поверхности, наличием вырезов или отверстий и т.п. Количество и последовательность операций определяют конфигурацией и сочетанием конструктивных элементов детали, требуемой точностью и необходимостью соблюдения баз обработки [II, 9]. Степень совмещения операций определяют экономическим обоснованием технологического процесса (ТП).

Многообразие конфигураций деталей, различные технологические требования и экономические предпосылки позволяют установить следующие общие принципы и технологические рекомендации: 1) минимальное количество операций для увеличения их производительности. Исключение - штамповка в мелкосерийном производстве и возрастание сложности штампа; 2) при штамповке большого количества близко расположенных отверстий в плоских деталях целесообразно пробивать отверстия рядами; на цилиндрической поверхности предпочтительно это осуществлять на простом штампе рядами вдоль образующей за несколько ходов прессы с автоматическим поворотом заготовок; 3) последовательность операций зависит от точности; 4) количество последовательных операций вытяжки зависит от относительной глубины детали, способа вытяжки и определяют по формуле (21); 5) после вытяжки обрезают деталь; 6) при повышенных требованиях к точности формы детали предусматривают правку в штампах; 7) высокую чистоту среза по всей толщине детали получают зачисткой или чистой вырубкой; 8) при изготовлении полых деталей с фланцем, но без дна осуществляют отбортовку перед вытяжкой

Для получения высокой стенки борта выполняют вытяжку с последующей пробивкой и отбортовкой дна или отбортовку с утонением стенок; 9) для изготовления полых или гнутых деталей с острым углом в месте закругления после вытяжки или гибки применяют калибровку.

Наиболее сложный вопрос при разработке технологического процесса – выбор степени совмещенности операций, т.е. целесообразность применения сложных и дорогостоящих комбинированных штампов, выполняющих одновременно несколько операций, а также использование однооперационных, более дешевых штампов.

В некоторых случаях возможно несколько вариантов изготовления детали. Оптимальный вариант – вариант, обеспечивающий наименьшую себестоимость (см. раздел II).

Иногда возникают затруднения при выборе типа комбинированного штампа (совмещенного или последовательного). Эти штампы имеют свои преимущества и недостатки, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Преимущества и недостатки штампов совмещенного и последовательного действия

Показатель	Характеристика штампа	
	совмещенного типа	последовательного типа
I	2	3
Качество вырубленных деталей	Повышенная и средняя точность (8...13 качество)	Средняя и пониженная точность (12...15 качество)
Наибольший размер детали и толщина	Свыше 3000 мм при толщине до 5 мм	При вытяжке до 250 мм с толщиной до 3 мм; при гибке и разделительных операциях до 500 мм с толщиной до 10 мм
Производительность штамповки	Меньшая производительность процесса вследствие выбрасывания деталей на поверхность штампа и необходимости их удаления	Повышенная производительность благодаря автоматической передаче заготовок с операции на операцию и автоматическому удалению
Работа на быстросходных прессах-автоматах	Не рекомендуется	Возможна при 400 ходах в минуту
Безопасность работы	Небезопасна вследствие введения рук в рабочую зону,	Широко применяется для плоских, гнутых, вытянутых деталей



I	2	3
Трудоемкость и стоимость изготовления штампов	нужны приспособления для безопасной работы Для вырубки деталей сложной конфигурации меньше, чем стоимость последовательных штампов	небольшого штампа Для вырубки деталей простой конфигурации меньше, чем стоимость совмещенных штампов

В табл. 3 приведены указания по выбору штампов в зависимости от точности и габаритных размеров деталей.

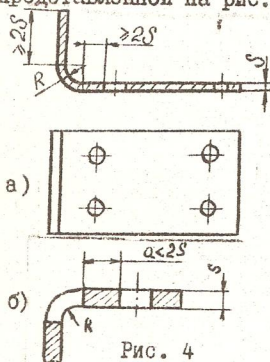
Таблица 3

## Выбор типа комбинированного штампа

Квалитет точности	Размеры деталей, мм		
	крупные (300...1000)	средние (50...200)	мелкие (до 50)
Повышенная (8...II)	Совмещенный	Совмещенный	Совмещенный, иногда последовательный с калибровкой
Средняя (I2...I3)	Совмещенная	Совмещенный или последовательный	Последовательный
Пониженная (I4...I5)	Совмещенный	Последовательный	Последовательный

В мелкосерийном производстве [ 3 ] деталей приборов со значительной экономической эффективностью групповые и другие технологические процессы для геометрически родственных деталей применяют: 1) штамповку на универсальных штампах; 2) поэлементную штамповку; 3) штамповку на координатно-револьверных прессах; 4) штамповку на универсально-сборных штампах; 5) штамповку полиуретаном. Способы, указанные в пп. 1, 4, 5, позволяют комплексно штамповать деталь, а способы, указанные в пп. 2, 3, — получать деталь последовательно, т.е. по отдельным элементам. Основные рекомендации по установлению вида, количества и последовательности операций аналогичны принципам для серийного производства. При последовательной штамповке деталей по элементам сохраняют устойчивую технологическую базу до окончательного выполнения всех элементов детали.

Примеры разработки технологического процесса для детали, представленной на рис. 4:

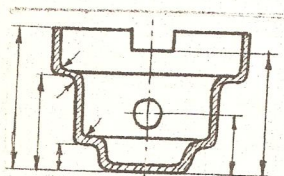


первый вариант - резка листа или ленты на полосы или ленты (шириной, равной длине развертки детали на плоскость); отрезка заготовки; пробивка отверстий, гибка;

второй вариант - резка листа или ленты на полосы или ленты; комбинированная операция - отрезка заготовки с одновременной пробивкой четырех отверстий в комбинированном штампе и гибка;

третий вариант - резка листа или ленты на полосы или ленты; комбинированная операция - отрезка заготовки с пробивкой четырех отверстий и гибка.

Для детали, представленной на рис. 5:



первый вариант - резка листа или ленты на полосы или ленты, вырубка заготовки, первая, вторая и другие вытяжки; обрезка торца; пробивка круглого отверстия; вырезка торцевого паза;

второй вариант - резка листа или ленты на полосы или ленты; комбинированная операция - вырубка заготовки, первая и вторая вытяжки; завершающие операции проводят аналогично первому варианту;

третий вариант - резка листа или ленты на полосы или ленты; комбинированная операция - вырубка заготовки и первая вытяжка; вторая и другие вытяжки; комбинированная операция - пробивка отверстия и вырезка торцевого паза.

## 5. Расчет технологических параметров операций

Вырубка и пробивка [5. 3. II]. Зазор  $\varepsilon$  между матрицей и пуансоном при вырубке и пробивке (рис. 6).

Исполнительные размеры матриц и пуансонов при вырубке и пробивке круглых элементов на межцентровые расстояния и расстояния, не меняющиеся при износе штампов, представлены в табл. 4.

Рис. 6

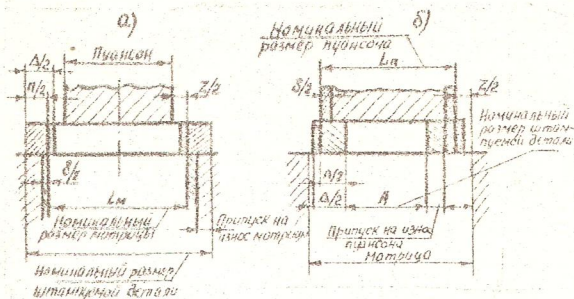


Таблица 4

Исполнительные размеры матриц и пуансонов

Размеры	Вырубка (см. рис. 6а)	Пробивка (см. рис. 6б)	Межцентровые расстояния при допуске на размер А
$D_M$	$(D - \Gamma)^{+\sigma_M}$	$(D - \Gamma)^{-\sigma_M}$	$A^{+\Delta}$
$d_M$	$(D - \Gamma - Z)^{-\sigma_M}$	$(D - \Gamma - Z)^{-\sigma_M}$	$A_{- \Delta}$
			$A_{\pm \Delta}$

$$A_M = A_{\Gamma} = \begin{cases} D + 0,5\Delta \\ D - 0,5\Delta \\ D \pm 0,5\Delta \end{cases}$$

Здесь  $D$  – размер детали;  $Z$  – минимальный зазор между матрицей и пуансоном, равный  $0,05 S$ ;  $\Gamma$  – припуск на износ, ориентировочно равный  $0,8$  допуску на диаметр детали;  $\sigma_M$ ,  $\sigma_{\Gamma}$  – допуски соответственно на матрицу и пуансон  $\approx \frac{1}{Z}$  допуску на размер детали.

При штамповке деталей сложной конфигурации наружный контур или отверстие следует при расчете исполнительных размеров подразделять на элементы, размеры которых определяют по схеме вырубки или пробивки (см. [5, I, 3]).

Расчетное усилие вырубки (пробивки) с учетом проталкивания приближенно определяют по формуле

$$P \approx \tau_{cp} \cdot L \cdot S, \quad (10)$$

где  $\tau_{cp}$  – сопротивление срезу, МПа (табл. 5);  $L$  – периметр вырубаемого (пробиваемого) контура, мм;  $S$  – толщина материала, мм.

Работа резания при вырубке (пробивке)

$$A = \frac{x \cdot D \cdot S}{1000}, \quad (11)$$

$\alpha$  - коэффициент, равный 0,5...0,6.

Таблица 5  
Основные механические свойства штампуемых материалов

Материал	Марка	№ стандарта	Предел прочности при растяжении $\sigma_s$ , МПа	Сопротивление срезу $\tau_{ср}$ , МПа	Относительное удлинение $\alpha$ , %
1	2	3	4	5	6
Сталь тонколистовая, качественная, углеродистая, конструкционная	08 кп	ГОСТ 9045-70	280...330	220...300	26...30
	08...Юкп		280...340	220...340	24...27
	15кп	35...50	320...450	260...360	23...26
	20		280...400	220...240	
	30		450...600	360...480	19...21
45		550...700	440...560	13...15	
Лента стальная низкоуглеродистая холодной прокатки	М	ГОСТ 503-71	350...450	170...300	20
	ПН		350...500	70...100	10
	Н		420...600	40	4
Лента стальная холоднокатаная из конструкционной стали	15	ГОСТ 19904-74	450...800	360...640	3
	20		500...850	400...680	2
	25		550...900	440...720	2
	45		770...1050	560...840	1,5
Лента стальная холоднокатаная из конструкционной стали	15	ГОСТ 19904-74	320...500	260...400	22
	20		320...550	260...440	20
	30		400...600	320...480	16
	40, 45		450...700	360...560	15
Лента стальная, термобработанная	всех марок	ГОСТ 2614-65	1300...1600	1040...1280	4
			1610...1900	1200...1450	3
			свыше 1900	свыше 1500	2
Ленты медные, общего назначения	М1, М2	ГОСТ 1173-70	210	170	30
	М3				
	М2, М3		300	240	3
Листы и	Л68		240		42

Продолжение табл. 5

I	2	3	4	5	6
	Л63	ГОСТ 931-70	300		38
полосы	ЛС59-1		350		25
латун- ные	ЛС59-1 Л68		370 440		18 10
Ленты	Л68 Л63	ГОСТ 2208-70	300 300	240 240	40 35
латунные общего	ЛС59-1 Л68 Л63		350 350 380	280 280 300	20 25 20
назначе- ния	Л68		400	320	15
Полосы и ленты из бериллие- вой бронзы	Бр. Б2 Бр. Б2 Бр. Б25 Бр. Б2, 5	ГОСТ 1789-60	300...600 660 400...600 700	240...480 530 320...480 560	30 3 25 1,5
Полосы и ленты из оловянно- фосфор- ной и оловянно- цинковой бронзы	Бр. ОФ 6,5-0,15 Бр. ОЦ4-3	ГОСТ 1761-70	300 500...580 600...700		38 3...5 1...2
Ленты и листы алюмини- евые обычного и повы- шенного качества	А0, А1-1 А2, А3-А5 А0, А, АД1 А2, А3, А5	ГОСТ 13726-68	70 12...150	55 100...120	23...30 3...6
Гетинакс				80...120	
Текстолит				90...140	
Стеклотек- столит фольгиро- ванный				120...150	
Стекло- текстолит				130...150	
Стеклово- локниты				100...110	
Фольгиро- ванный гетинакс				110...130	

Особенности штамповки гетинакса и текстолита. Гетинакс и текстолит штампуют с подогревом и без него. Предельная толщина заготовок, штампуемых без подогрева: гетинакса всех марок при вырубке деталей простой формы - 1,5 мм; сложной формы - 1 мм; при пробивке отверстий диаметром до 5 мм - 1,5 мм; для текстолита всех марок при вырубке деталей простой формы - 2 мм; сложной формы - 1,5 мм и при пробивке отверстий диаметром до 5 мм - 2 мм. При толщине материала, превышающей указанную, необходимо предварительно подогревать заготовки. Температура подогрева гетинакса марок В, Вж, Д и текстолита всех марок - (80...90)°С, гетинакса марок Аа, Бв, Вв, Гв, Дв - (110...120)°С; время подогрева всех материалов - 5...8 мин на 1 мм толщины.

Расчет размеров матриц и пуансонов. При вырубке без подогрева размеры матрицы и пуансона подсчитывают по формулам табл. 4, где припуск П на износ принимают равным допуску на деталь.

При пробивке без подогрева размеры пуансона и матрицы определяют по формуле

$$\alpha_{\text{П}}^{\text{ср}} = \left( \alpha + \frac{\Delta}{2} + \ell \right)_{\text{ср}} ; \quad \alpha_{\text{М}} = (\alpha_{\text{П}} + Z)^{-\text{ср}} \quad (12)$$

где  $\alpha$  - номинальный размер отверстия, мм;  $\Delta$  - допуск на соответствующий размер детали, мм;  $\ell$  - средняя величина естественной усадки при пробивке отверстий без подогрева (табл. 6).

Таблица 6

Величина усадки при пробивке гетинакса и текстолита без подогрева, мм

Толщина материала	Гетинакс	Текстолит
до 0,5	0,02	0,025
св. 0,5 до 1,0	0,22...0,04	0,025...0,050
св. 1,0 до 1,5	0,04...0,06	0,050...0,080
св. 1,5 до 2,0	0,06...0,08	0,080...0,100
св. 2,0 до 3,0		0,100...0,150

Параметры вырубке заготовок печатных плат. В производстве используют операции вырубке контура заготовки печатной платы и пробивке отверстий печатных плат. При вырубке и пробивке для уменьшения расслоения и улучшения качества поверхности среза предусматривают давление прижима не менее, чем (150...250) МПа на площадке шириной 2...3 толщины материала по периметру резки.

Минимально допустимое расстояние между отверстиями - 1,5...2 мм. Штамповку печатных плат осуществляют обычно без подогрева, а печатные проводники находят<sup>ся</sup> со стороны матрицы. Штамповку выполняют на прессах с числом ходов не более, чем 90...120 в минуту.

Пробивку без прижима выполняют при пробивке отверстий не-большого диаметра (до 2...3 мм) незакрепленным пуансоном. Наименьший диаметр отверстия в этом случае 1,3...1,4 мм, а наименьшее расстояние между расположенными отверстиями - 2,5 мм.

Гибка. Зазор между пуансоном и матрицей принимают равным толщине материала с учетом максимального положительного отклонения по толщине  $Z = S$ .

Исполнительные размеры матрицы  $b_M$  и пуансона  $b_H$  для гибки П-образных деталей определяют по формулам:

при задании наружного размера  $b_H$

$$b_M = b_H + \sigma_H,$$

$$b_H = (b_M - 2S) - \sigma_H;$$

при задании внутреннего размера  $b_B$

$$b_M = (b_B + 2S) + \sigma_M, \quad (13)$$

$$b_H = b_B - \sigma_M,$$

где  $\sigma_M$ ,  $\sigma_H$  - допуски на матрицу и пуансон (обычно по 9...10 квалитету точности).

Усилие гибки с калибровкой

$$P = K_r \sigma_B \cdot B \cdot S, \quad (14)$$

где  $B$  - ширина детали, мм;  $S$  - толщина детали, мм;  $\sigma_B$  - предел прочности металла заготовки, МПа (см. табл. 5);  $K_r$  - коэффициент, зависящий от схемы гибки, принимают для одноугловой гибки равным 0,2, а для двуугловой одновременной гибки - 0,6.

При гибке с прижимом для определения общего усилия к усилию гибки прибавляют усилие  $P_{np}$ , вычисляемое по формуле

$$P_{np} = (0,25 \dots 0,30) P, \quad (15)$$

$P$  - усилие гибки.

Гибка без калибровки (свободная гибка) не обеспечивает правильной геометрической формы детали и точных угловых размеров. Поэтому она всегда сопровождается приложением дополнительного усилия, необходимого для калибровки.

$$P_K = q \cdot F, \quad (16)$$

$F$  - проекция площади соприкосновения цуансона с деталью на направление, перпендикулярное ходу цуансона,  $m^2$ ;  $q$  - давление калибровки (табл. 7)

При определении калибровки крупногабаритных деталей необходимо учитывать, что калибровки подвергают только площадь близ линии гибки шириной  $10 S$ .

Таблица 7  
Рекомендуемое давление калибровки

Металлы	Алюминий	Латунь	Сталь 10, 20	Сталь 25, 35	Титановый сплав ВТ1	Титановый сплав ВТ5
Давление, МПа	30...60	60...100	80...120	100...150	150...210	160...230

Примечание: меньшие значения относятся к материалам толщиной 2...3 мм, большие - к материалам толщиной 6...8 мм; для толщины 1 мм и менее удельные усилия, приведенные для толщины 2...3 мм, уменьшают в два раза.

Углы пружинения при гибке. После снятия усилия гибки угол гибки в результате снятия упругой деформации изменяется на величину угла пружинения.

Угол пружинения зависит от механических свойств, толщины металла, радиуса гибки, формы деталей и способа гибки. Среднее значение углов пружинения при гибке V-образных деталей определяют по формуле

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \frac{l}{(1-x)S} \cdot \frac{\sigma_T}{E}, \quad (17)$$

где  $l$  - расстояние между опорами матрицы, мм;  $x$  - коэффициент, определяемый по табл. I;  $\sigma_T$  - предел текучести металла, МПа;  $E$  - модуль упругости первого рода, МПа;  $\beta$  - угол пружинения, градусы.

При гибке V-образных деталей с подчеканкой табличные значения углов пружинения следует умножить на 0,75...0,80. Средние значения пружинения при гибке П-образных деталей определяют по формуле

$$\operatorname{tg} \beta = 0,75 \frac{l_1}{(1-k)S} \cdot \frac{\sigma_T}{E}, \quad (18)$$

$l_1$  - плечо гибки, равное  $\chi_M + \chi_n - 1,25 S$ , мм;  $\chi_M$  - радиус матрицы, мм;  $\chi_n$  - радиус цуансона, мм.



Вытяжка полых тел вращения без фланца (рис. 7а,б). Коэффициент вытяжки - отношение среднего диаметра полого изделия к диаметру заготовки; для первой вытяжки

$$m_1 = \frac{d_1}{D_3}, \quad (19)$$

для последующих операций - это отношение среднего диаметра полого изделия к предыдущему

$$m_2 = \frac{d_2}{d_1}; m_3 = \frac{d_3}{d_2} \dots m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}. \quad (20)$$

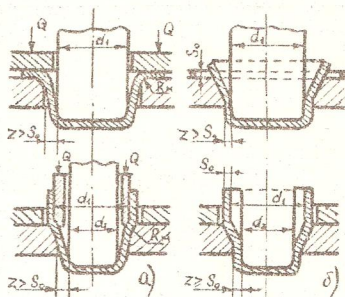


Рис. 7

Коэффициент вытяжки выбирают по табл. 8.

Таблица 8

Коэффициенты многооперационной вытяжки деталей без фланца

Наименование материала	Коэффициент вытяжки	
	1-я операция	2-я и последующие операции
Сталь 08-10	0,50...0,53	0,72...0,74
Латунь Л62	0,50...0,53	0,73...0,76
Сплав АМ <sub>ц</sub> А-М	0,52...0,55	0,75...0,77
Сплав Д16А-М	0,53...0,56	0,76...0,78
Сплав В95А-Т	0,70...0,72	0,85...0,88
Сталь 12Х13	0,56...0,58	0,75...0,78
Сталь 12Х18Н9Т	0,52...0,55	0,78...0,81
Сталь 30ХГСА	0,62...0,70	0,80...0,85
Жесть белая	0,58...0,65	0,85...0,90
Цинк	0,65...0,70	0,85...0,90
Кожа (нагретая в масле до 200°C)	0,40...0,45	
Титановый сплав ВТ1 без подогрева	0,57...0,61	0,80...0,85
Титановый сплав ВТ1 с подогревом	0,40...0,44	0,70...0,72
Титановый сплав ВТ5 без подогрева	0,63...0,65	0,80...0,85

Примечание: для материалов с отношением  $S/D_3 \cdot 100 < 1$  при-

нимают большие коэффициенты; для материалов с отношением

$$S/d_3 \cdot 100 > 1 \text{ - меньше.}$$

Число операций вытяжки определяют принятыми коэффициентами вытяжки по формуле

$$n \approx 1 + \frac{\epsilon_n \cdot m_1}{\epsilon_n \cdot m_2}, \quad (21)$$

где  $n$  - общее количество операций вытяжки;  $m_1 = \frac{d_n}{D}$  - суммарный коэффициент вытяжки;  $m_2$  - коэффициент вытяжки на второй и последующих операциях.

При вытяжке из плоской заготовки прижим нужен тогда, когда

$$D_3 - d_1 \geq 22S, \quad (22)$$

где  $D_3$  - диаметр заготовки;  $d_1$  - диаметр первой вытяжки;  $S$  - толщина металла, для второй и последующих вытяжек определяют по относительной толщине металла.

$$\epsilon = \frac{S}{d_{n-1}} \cdot 100. \quad (23)$$

Если  $\epsilon < 1,25$  - вытяжка с прижимом; если  $\epsilon > 1,5$  - вытяжка без прижима; при  $\epsilon = 1,25 \dots 1,5$  - вытяжка с прижимом или без него.

Зазор между матрицей и пуансоном при вытяжке определяют, учитывая утолщение края заготовки. Величина зазора зависит от коэффициента вытяжки. При вытяжке круглых деталей значения рекомендуемых зазоров приведены в табл. 9.

Расчет исполнительных размеров инструмента с учетом допуска и направления зазора выполняют только на последнем этапе. Для промежуточных операций это не имеет значения.

Исполнительные размеры пуансонов и матриц на последнем этапе операции рассчитывают по формулам:

$$\text{при допусках на наружный размер детали (рис. 7а)} \\ \varnothing_{M}^{\text{исп}} = (\varnothing - \Delta)^{+\varnothing_M}, \quad \varnothing_{N}^{\text{исп}} = (\varnothing - \Delta - 2Z)_{-\varnothing_N}; \quad (24)$$

при допусках на внутренний размер детали (рис. 7б)

$$\varnothing_{M}^{\text{исп}} = (\varnothing + 0,5\Delta)_{-\varnothing_M}, \quad \varnothing_{N}^{\text{исп}} = (\varnothing + 0,5\Delta + 2Z). \quad (25)$$

здесь  $\varnothing_M^{\text{исп}}$ ,  $\varnothing_N^{\text{исп}}$  - исполнительные размеры матрицы и пуансона, мм;  $\varnothing$ ,  $\varnothing$ ,  $\Delta$  - наружный и внутренний размеры детали и допуск, мм;  $Z$  - зазор между матрицей и пуансоном, мм;  $\varnothing_M^{\text{исп}}$ ,  $\varnothing_N^{\text{исп}}$  -

допуски на изготовление матрицы и пуансона (по 6...8 качеству точности при точности детали по II...I3 качеству; по 8...I0 качеству точности - при I4...I6 качестве точности детали).

Усилия вытяжки круглых деталей определяют по формуле

$$P = \sigma_p \cdot \pi \cdot d \cdot S, \quad (26)$$

где  $d$ ,  $S$  - диаметр и толщина металла детали;  $\sigma_p$  - предел прочности металла (см. табл. 5).

Усилия прижима

$$Q = q \cdot F, \quad (27)$$

$q$  - давление прижима, МПа (см. табл. I0);  $F$  - площадь прижима.

Общее усилие равно сумме усилия вытяжки и прижима

$$P_z = P + Q, \quad (28)$$

Таблица 9

Зазоры при вытяжке круглых деталей

Коэффициент вытяжки	Односторонний зазор
до 0,65	(I...I,2) $S$
св. 0,65 до 0,75	(I...I,I) $S$
св. 0,75 до 0,85	(I...I,05) $S$
св. 0,85 до 0,90	

Таблица I0

Давление прижима для различных металлов

Металл	МН/м <sup>2</sup> (кг/мм <sup>2</sup> )
Сталь малоуглеродистая $S < 0,5$ мм	2,5...3 (0,25...0,30)
Сталь малоуглеродистая $S > 0,5$ мм	2...2,5 (0,20...0,25)
Сталь 30ХГСА	2,5...3 (0,25...0,30)
Нержавеющие, высоколегированные, высокомарганцовистые стали	3...4,5 (0,30...0,45)
Медь	I...I,5 (0,10...0,15)
Латунь	I,5...2 (0,15...0,20)
Алюминий	0,8...I,2 (0,08...0,12)
Дюралюминий отожженный	I,2...I,8 (0,12...0,18)
Бронза	2...2,5 (0,20...0,25)
Жесть белая	2,5...3 (0,25...0,30)
Титановые сплавы	2,5...3,4 (0,25...0,34)

Технологические расчеты вытяжки цилиндрических деталей с фланцем имеют ряд отличий. При вытяжке деталей с широким фланцем соблюдают следующие правила:

1) вытягивают заготовку до заданного по чертежу диаметра фланца при допускаемых коэффициентах вытяжки, при этом вытягивают столько металла в матрицу, сколько необходимо для образования окончательно вытянутой части изделия и металла обратно посаженного на плоскость фланца в последующих операциях;

2) перераспределяют ранее вытянутый в матрицу металл, увеличивая диаметр вытяжки без деформирования фланца.

Обычный коэффициент вытяжки  $m = \frac{d}{D_3}$  не дает правильного представления об общей степени деформации, так как фланец после первой вытяжки не деформируется. Для этого случая используют условный коэффициент первой вытяжки  $m_y$

$$m_y = \frac{d}{D_y} = \frac{1}{\sqrt{1 + 4 \frac{h}{d}}} \quad (29)$$

Таблица II  
Оптимальная величина условных коэффициентов первой вытяжки деталей с фланцем

Отношение $D_{\text{фл}}/D$	Условный коэффициент вытяжки $m_y$ при $S/D \cdot 100$				
	2...1,5	1,5...1,0	1,0...0,5	0,5...0,2	0,2...0,06
до 1,1	0,46...0,50	0,50...0,53	0,53...0,56	0,56...0,58	0,58...0,60
1,5	0,52...0,56	0,56...0,58	0,58...0,67	0,60...0,62	0,62...0,64
2,0	0,58...0,62	0,62...0,64	0,64...0,66	0,66...0,68	0,68...0,70
2,5	0,65...0,68	0,68...0,70	0,70...0,73	0,73...0,75	0,75...0,78
2,8	0,70...0,74	0,74...0,78	0,78...0,80	0,80...0,82	0,82...0,85

В табл. II приведены оптимальные значения условных коэффициентов первой вытяжки деталей. Если условный коэффициент для данной детали находится в заданных по таблице пределах (и более), то деталь можно вытянуть в одну операцию; при меньших величинах коэффициента вытяжки ее проводят в несколько операций.

При многооперационной вытяжке деталей с фланцем необходимо соблюдать следующее условие: при первой вытяжке ее коэффициент

должен быть несколько больше, чем предельно допустимый, указанный в табл. II. Дальнейшие операции вытяжки деталей с широким фланцем — уменьшение цилиндра без изменения наружного размера фланца.

Количество последующих операций определяют необходимостью уменьшения диаметра после первой вытяжки  $d_1$  в требуемый диаметр детали  $d_n$  в соответствии с допустимым коэффициентом повторной вытяжки  $m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$ , принимаемым равным коэффициентам вытяжки цилиндрических деталей без фланца (табл. 8). По коэффициентам вытяжки определяют диаметры переходов. Для предупреждения принудительного разрыва детали на переходах подсчитывают высоту каждого перехода из условия постоянства поверхности:

для первой вытяжки

$$h_1 = \frac{D^2 - d_1^2}{4d_1} + 0,86 r_1; \quad (30)$$

для  $n$ -й вытяжки

$$h_n = \frac{D^2 - d_n^2}{4d_n} + 0,86 r_n; \quad (31)$$

где  $h_1 \dots h_n$  — полная высота детали от дна фланца;  $r_1 \dots r_n$  — радиус закругления у дна фланца.

Для различных радиусов закругления у дна  $r_d$  и у фланца  $r_{\phi}$  формулы для определения высоты по переходам имеют вид

$$h_1 = \frac{D^2 - d_1^2}{4d_1} - (r_{1\phi} + r_{1d}) \left( 0,14 \frac{r_{1\phi} - r_{1d}}{d_1} - 0,43 \right); \quad (32)$$

$$h_n = \frac{D^2 - d_n^2}{4d_n} - (r_{n\phi} + r_{nd}) \left( 0,14 \frac{r_{n\phi} - r_{nd}}{d_n} - 0,43 \right). \quad (33)$$

Для других операций листовой штамповки расчет основных технологических параметров приведен в [II, I2, I3, 5, 6, 3].

## 6. Проектирование штампа

При проектировании штампов необходимы следующие исходные данные: чертеж штампуемой детали; технологический маршрут изготовления детали и выбранная технологическая схема штампа (см.

раздел 4); объем выпуска; техническая характеристика оборудования (пресса, ножницы).

Этапы проектирования штампа. Первый этап — выбор типа штампа, который проводится на основе анализа: конфигурации и размеров детали, точности ее размеров, формы исходного материала, выбранного (наличного оборудования), возможностей инструментально-го цеха, количества одновременно штампуемых деталей, экономических факторов и т.д. Типы штампов представлены в [II, с. 502... 504, 509...517], [5, с. 28...58], [I, с.50...54, 67...70, 105... 107, 124...125], [6, с.167...231], [13].

После выбора типа штампа определяют направляющие устройства (направляющие ленты или полосы, колонки или плиты), типы упоров, прижима, съемника и других деталей штампа [II, с.518...572, 609...627], [5, с.155...178], [I, с.135...209], [13, с.199... 258], [6, с.232...263]. Отметим, что шариковые направляющие колонок и втулок рекомендуются для вырубных штампов в условиях массового производства при рабочих деталях из твердых сплавов. Для вырубных штампов рекомендуют симметричное или диагональное расположение колонок.

Второй этап — вычерчивание раскроя и штампованной детали.

Третий этап — расчеты усилия штамповки, определение центра давления. Ось хвостовика штампа необходимо располагать в центре давления штампа для предотвращения понижения стойкости рабочих частей за счет смещения пуансона и образования несимметричности зазора. Координаты центра давления (точка E) при несимметричном контуре детали (рис. 8) или многопуансонных штампах определяют по формуле

$$x_0 = \frac{u_1 x_1 + u_2 x_2 + \dots}{u_1 + u_2 + \dots}; \quad y_0 = \frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \dots}{u_1 + u_2 + \dots} \quad (84)$$

где  $u_1, u_2, \dots$  — периметры соответствующих участков контура вырубаемых (пробивных) деталей;  $x_1, x_2, \dots$  — расстояние от геометрического центра соответствующих участков до оси  $y$ ;  $y_1, y_2, \dots$  — расстояние от геометрического центра соответствующих участков до оси  $x$ .

Четвертый этап — определение закрытой высоты штампа [I], [5], [6], [II], [13].

Пятый этап — подбор конструкции деталей штампа.

Шестой этап — вычерчивание сборочного чертежа штампа.

Правила выполнения чертежей штампов изложены в ЕСКД-ГОСТ 424-74. На отдельные конструктивные элементы штампов (направляющие линейки, ловители и другие), а также на их взаимное расположение в рабочем положении штампа даны стандарты: "Граники листовой штамповки". Ч.1.ГОСТ 18732-73...18785-73; Ч.П.ГОСТ 18786-73...18824-73, а также "Пласти штампов, направляющие колонки и втулки. Блокв". ГОСТ 13110-67...13130-67.

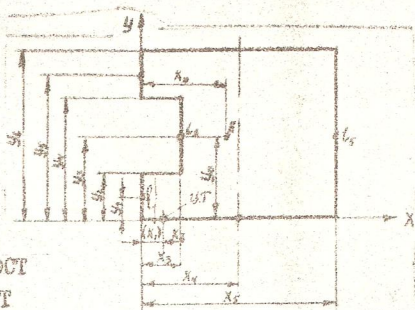


Рис. 8

### 7. Выбор прессы

Штампы проектируют для установки на определенный пресс, учитывая силовые и геометрические характеристики. К характеристикам прессы относятся (рис. 9):

$P$  - номинальное усилие, МН;  $h$  - ход ползуна прессы с регулирующим ходом;  $h_{\text{ном}}$  - наибольший и  $h_{\text{ном.м}}$  - наименьший рабочие ходы прессы, мм;  $n$  - число ходов ползуна в минуту;  $M$  - величина регулировки длины ползуна прессы;  $H$  - наибольшая закрытая высота прессы (наибольшее расстояние между столом и ползуном прессы в его нижнем положении при наибольшем ходе и наименьшей длине шатуна);  $H_1 = H - M$  - наименьшая закрытая высота прессы (наименьшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении), мм;  $H_p$  - расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при отрегулированном ходе ползуна, мм;  $C$  - расстояние от оси ползуна до станины, мм;  $B \times L$  - размеры стола, мм;

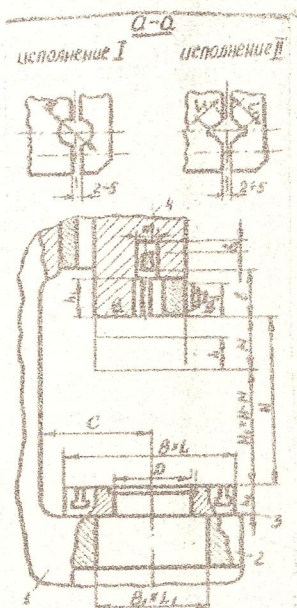


Рис. 9

$D$  - диаметр отверстия в подшипниковой плите, мм;  $h_2$  - толщина подштамповой плиты, мм;  $B, \alpha, L$  - размеры отверстия в столе пресса, мм;  $\delta$  - расстояние от выталкивающей планки до нижней поверхности ползуна, мм;  $\delta_1$  - ход выталкивателя, мм.

Спроектированный штамп должен соответствовать параметрам выбранного пресса:

требуемое усилие штамповки должно быть равным или меньше наименьшего усилия пресса;

величина хода ползуна должна быть достаточной для установки заготовки, удаления готового изделия и выполнения штамповочной операции;

закрытая высота штампа  $H_{шт}$  должна удовлетворять условию

$$H - 5 \geq H_{шт} \geq H_1 + 10; \quad (35)$$

габариты штампа должны соответствовать размерам стола; размеры отверстия в столе должны обеспечивать удаление детали или отходов при работе "напровал";

размеры хвостовика штампа должны строго соответствовать размерам отверстия в ползуне пресса, а высота хвостовика должна быть меньше на 3...6 мм размера  $h_1$ ;

высота выталкивающего штока должна быть больше размера  $h_2$  на 3 мм.

Необходимое усилие подсчитывают по формулам для выполняемой операции. Для вытяжки при выборе пресса, кроме определения усилия, проверяют пресс по мощности в такой последовательности: определяют среднее усилие вытяжки

$$P_{ср} = (0,6 \dots 0,8) P; \quad (36)$$

определяют работу вытяжки

$$A = \frac{P_{ср} \cdot h}{1000}; \quad (37)$$

где  $h$  - глубина вытяжки, мм;

$P$  - усилие вытяжки.

Диаграмма работы вытяжки должна вписываться в диаграмму "сила - ход" пресса.

В табл. 12 представлены технические характеристики механических прессов простого действия с номинальным усилием от 5 до 500 кН (схему присоединительных размеров см. на рис. 9 [13]).



## 8. Норма времени и выработки

Для определения себестоимости необходимо знать штучно-калькуляционное время, учитывающее подготовительно-заключительное время

$$T_k = T_{шм} + \frac{T_{пз}}{m}, \quad (38)$$

где  $m$  - количество штампуемых в партии деталей;  $T_{шм}$  - штучное время, определяемое в зависимости от условий работы по формулам:

Способ штамповки	Расчетная формула
С ручной подачей полосы (ленты)	$T_{шм} = (t_0 + \frac{t_1 + t_3}{x} + t_4 + t_2 + t_5)(1 + \kappa) \quad (39)$
С ручной подачей штучных заготовок	$T_{шм} = (t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_4)(1 + \kappa) \quad (40)$
С автоподачей ленты (полосы)	$T_{шм} = (\frac{T_3}{x} + \frac{1}{n_2})(1 + \kappa) \quad (41)$
С автоподачей штучных заготовок	$T_{шм} = \frac{1}{n} (1 + \kappa) \quad (42)$

Здесь  $t_0$  - основное (технологическое) время: при автоматической работе пресса равное  $\frac{1}{n}$ , при работе отдельными ходами -

$\frac{\kappa}{n}$ ;  $n$  - число ходов пресса в мин;  $\kappa$  - коэффициент, при автоматической работе  $\kappa = 1$ , при фрикционной муфте  $\kappa = 1,05$ ;  
 $t_1$  - время на прием "взять заготовку и установить ее в штамп";  
 $t_2$  - время на прием "снять деталь из штампа";  $t_3$  - время на прием "удалить отход";  $t_4$  - время на включение пресса ( $t_4 = 0,015 \dots 0,025$  мин);  $t_5$  - время на прием "подать полосу до упора";  $\frac{T_3}{x}$  - время заправки полосы (ленты) в автоподачу и подачу ее до упора в штампе;  $x$  - количество деталей, штампуемых из полосы (ленты). Время на выполнение отдельных рабочих приемов берут по нормативам, изложенным в [10]. При многооперационной

последовательной штамповке в полосе для большей точности следует учитывать число предварительных ходов пресса до получения первой детали на каждую полосу.

Таблица 12

Технические характеристики прессов простого действия  
усилием от 5 до 500 кН

Наименование пресса	Модель пресса	Номинальное усилие, кН		Ход ползуна, мм		Регулировка длины штуны, мм	Закрытая высота $H_{з\text{т}}$ , мм	Ушко хвостов ползуна в мм.	Ход верхнего выталкивателя, мм	Диаметр отверстия под выталкиватель, мм	Угол наклона станины град
		$P$	$T$	нач.	кон.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Пресс кривошипный настольный с передвижной головкой	С10	0,5	15 пост		-	18	175	500 300 60	нет	нет	-
Пресс кривошипный	К100А	25	4	40	25	4 40	161 125	220	5	9	-
Пресс кривошипный, наклоняемый	661	30	40		30	40	129	110	15	10	30
Пресс кривошипный с неподвижным столом	ПК5	50	15	-	45	15 45	85 70	83	нет	нет	-
Пресс кривошипный, наклоняемый	К230А	63	20	50	30	20 50	135 120	170	10	11	30
Пресс кривошипный, наклоняемый	К230Б	63	25	85	30	25 85	150 120	90	10	11	45
- " - " -	КА231А	100	3	45	35	3 45	166 145	150 300	8	12	35
Пресс кривошипный одностоечный, наклоняемый	КА232	160	10	55	45	10 55	202 180	120	15	14	35
- " - " -	КН120	200	8	88	40	8 88	240 200	120	18	14	20
- " - " -	К25	250	55		55	55	105	105	нет	нет	30
Пресс кривошипный	К30	300	10	80	65	10 80	215 180	140	25	14	-
- " - " -	ЭР35	350	10	70	65	10 70	220 190	100	нет	нет	-

Продолжение табл. 12

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Пресс кривошипный, наклоняемый	KA234	400	8	80	65	8 80	300 265	90 185	20	20	30
Пресс кривошипный одностоечный с неподвижным столом	KII5A KII5B	500	20	80	70	20 80	240 210	75... 90	25	20	-

$T_{пз}$  - время на получение штамповщиком задания, инструктажа его мастером, ознакомление с работой, оформление наряда и сдачи деталей (обычно равное 3 мин); для наладчиков штампа - время установки, регулировки, съема штампа (табл. 13).

Таблица 13

Время установки, регулирования и съема штампа с направляющими колонками

Содержание работы	Усилие прессы, кН	Габариты штампа, мм	Время в минутах при числе крепежных болтов		
			2	4	6
Установка, регулировка, проба	300	350x200x100	2,9	3,1	3,7
	800	200x100 x50	3,1	3,5	3,5
	800	500x400x 50	3,8	4,2	4,7
	1200	350x200x100	3,5	3,9	4,3
	1200	300x400x200	4,1	4,6	5,0
	1200	750x400x350	6,5	6,9	7,3
Съем штампа	300	350x200x100	0,9	1,1	1,3
	800	200x100x 50	1,2	1,4	1,8
	800	500x400x 50	1,4	1,7	2,1
	1200	350x200x100	2,0	2,4	2,7
	1200	300x400x200	2,3	2,8	3,2
	1200	750x400x350	3,5	4,2	4,5

Норма выработки

$$H = \frac{60}{T_k} \quad (43)$$

### 9. Определение количества и загрузки оборудования

Количество единиц оборудования рассчитывают по формуле

$$n = \frac{T_1 + T_2}{\varphi_0} \quad (44)$$

где  $T_1$  - загрузка оборудования на годовую программу (в часах),

равная произведению штучного времени на годовую программу;  $T_2$  - суммарное время на переналадку штампов, определяемое на основе данных табл. I3;  $\varphi_0$  - годовой фонд времени (табл. I4).

Среднюю загрузженность единицы оборудования на технологической линии изготовления детали определяют по формуле

$$n = \frac{T_1 + T_2}{\varphi_0 A}, \quad (45)$$

$A$  - число единиц оборудования на линии согласно технологическому процессу.

Таблица I4

Действительный годовой фонд времени оборудования и рабочих мест

Наименование	Количество рабочих смен в сутки	Номинальный годовой фонд времени, ч	Потери на ремонт в % от номинального фонда	Действительный годовой фонд времени, ч
Оборудование	1	2070	2	2030
	2	4140	3	4015
	3	6210	4	5060
Рабочие места	1	2070	-	2070
	2	4140	-	4140
	3	6210	-	6210

#### 10. Расчет численности производственных рабочих

Количество производственных рабочих определяют расчетом трудоемкости детали, учитывая годовую программу выпуска. Деление годовой трудоемкости по изготовлению данной детали на годовой фонд времени для одного рабочего (см. табл. I4) данной профессии дает искомое число рабочих по профессиям (резчики, прессовщики и т.д.).

При укрупненных расчетах на стадии проектного задания число производственных рабочих определяют по суммарной загрузке оборудования

$$D = \frac{T \cdot K_p}{\varphi_p}, \quad (46)$$

где  $\varphi_p$  - расчетный годовой фонд времени рабочего, ч (см. табл. I4);  $T$  - годовая загрузка оборудования, станко-ч;  $K_p$  - коэффициент "плотности работы", т.е. отношение числа рабочих,

обслуживающих оборудование цеха, к числу единиц производственно-го оборудования, равный:  
прессы с открытой станиной ...  $K_p = 1$ ;

прессы-автоматы для работы из рулона ...  $K_p = \frac{1}{3}$ ;

двухстоечные прессы без автоматизации ...  $K_p = 2,3$ ;

двухстоечные прессы с частичной автоматизацией ...  $K_p = 1$ ;

двухстоечные прессы с полной автоматизацией ...  $K_p = \frac{1}{4}$ ;

## II. Расчет технологической себестоимости штампованных деталей

Исходные данные для расчета технологической себестоимости и выбора оптимального технологического процесса (кроме чертежа детали) – варианты технологических процессов (см. раздел 4), пронормированные по всем операциям с расчетом расхода металла, указанием оборудования и оснастки; годовой объем выпуска; данные об оборудовании и оснастке; сведения о стоимости и стойкости штампов.

Технологическую себестоимость одной детали-операции определяют как сумму затрат

$$C = (M + C_{зр} + C_n + C_{шт} + C_{з.о}) K, \quad (47)$$

$M$  – стоимость материала, используемого на одну деталь, за вычетом стоимости отходов;  $C_{зр}$  – зарплата основных рабочих, включая дополнительную и начисления;  $C_n$  – зарплата наладчиков штампов, включая дополнительную и начисления, приходящиеся на одну деталь-операцию;  $C_{шт}$  – затраты на амортизацию, ремонт и содержание штампов, приходящиеся на одну деталь-операцию;  $C_{з.о}$  – расходы на амортизацию, эксплуатацию и ремонт оборудования и содержание вспомогательных рабочих, приходящиеся на одну деталь-операцию;  $K$  – коэффициент, учитывающий цеховые расходы при штамповке на прессах с усилием до 500 кН,  $K=1,08...1,1$ .

Стоимость материала определяют по формуле

$$M = C_M q_M - C_0 q_0, \quad (48)$$

$C_M, C_0$  – стоимость металла и отходов (табл. 15, 16);  $q_M, q_0$  – норма расхода металла на одну деталь и масса отходов на одну деталь.

Таблица 15

## Стоимость материала

Наименование материала	Толщина, мм	Марка	ГОСТ, сортament	Стоимость килограмма, руб
Сталь тонколистовая углеродистая общего назначения	0,5...3,9	БСт0, БСт1кп БСт2кп, БСт3кп, БСт4кп	16523-70 16523-70 16523-70	0,12
Ленты из алюминиевых сплавов, закаленные		Д1 Д16	11070-64 11070-64	1,00 1,00
Ленты латунные холоднокатанные		ЛС59-1 Л62		0,90
Электротехническая сталь	0,2...0,5	333, 342, 344	802-58	0,27 0,68
Сталь конструкционная горяче- и холоднокатанная тонколистовая	0,5...3,9	08кп, 10кп 15кп, 20кп	16523-70	0,16...0,11 0,16...0,11
Текстолит	-	ПТ	5-52	3,40
Текстолит электротехнический	0,5...29	А Б В	2910-54	3,50...3,00 4,70...3,40 9,10...8,70
Стеклотекстолит	-	СТ СКМ-1 КАСТ	2910-54	9,00 21,20 9,35
Гетинакс	-	АВ ВВ ГВ А Б Г	2718-58	1,20 0,90 1,25 0,75 1,08 0,63

Таблица 16

## Стоимость утилизированных отходов

Отходы материала	Цена за 1 кг, руб	
	1	2
Прокат стали		0,05
Прокат латуни		0,47
Прокат меди		0,59

I	2
Прокат бронзы ОЖ	0,71
Прокат цинка	0,31
Прокат бериллиевой бронзы	1,62

Зарплата основных производственных рабочих

$$C_{ЭР} = T_k \cdot Q_4 \cdot n \cdot K_{ПН} \left(1 + \frac{\rho}{100}\right), \quad (49)$$

где  $T_k = T_{шт} + T_{ПЗ}$  - штучно-калькуляционное время;  $T_{шт}$  - штучное время;  $T_{ПЗ}$  - подготовительно-заключительное время для наладчиков и штамповщиков, равное 3 мин;  $Q_4$  - часовая тарифная ставка рабочего соответствующего разряда (табл. 17);  $\rho = 1,5\%$  - коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату и начисления;  $N$  - количество деталей в партии;  $K_{ПН}$  - коэффициент, учитывающий переработку норм, принимаемый в пределах 1,0...1,25.

Таблица 17

Часовая тарифная ставка рабочих-штамповщиков на приборостроительных заводах

Условия труда	Система оплаты труда	Часовая ставка по разрядам, коп./ч					
		I	II	III	IV	V	VI
Нормальные Вредные	Сдельная Сдельная	Для рабочих станочников					
		41,5 43,6	43,0 46,0	47,9 50,3	55,0 57,8	63,8 67,0	74,2 77,9
Нормальные Тяжелые и вредные для здоровья	Сдельная Сдельная	Для остальных					
		35,8 38,7	37,8 41,5	41,4 47,3	47,4 54,3	55,0 63,1	64,0 73,4

Зарплата наладчиков штампов

$$C_H = \frac{\alpha_n T_{ПЗ} \cdot \rho \cdot n}{N}, \quad (50)$$

где  $\alpha_n$  - часовая тарифная ставка установщика штампа;  $T_{ПЗ}$  - длительность установки штампа, равная 3 мин;  $\rho$  - число партий (повторений), год;  $N$  - годовая программа выпуска;  $n = 1,15$  - коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату и начисления.

Затраты на амортизацию, ремонт и содержание штампов.

$$C_{шт} = \frac{P_{шт} K - C_n}{N}, \quad (51)$$

$P_{шт}$  — стоимость специального штампа (табл. 18);  $K$  — коэффициент, учитывающий затраты на ремонт и эксплуатацию штампа, равный 1,1...1,2;  $C_n$  — стоимость металлолома при списании штампа;  $N_1$  — количество деталей, получаемых до полного износа штампа или до срока погашения стоимости (2...3 года).

Расходы по содержанию и эксплуатации прессового оборудования на основе данных по цеховой себестоимости [II] и работе прессов приведены в табл. 19. Данные, не указанные в табл. 19, можно найти в [9].

Таблица 18

Стоимость типовых штампов радиотехнической и приборостроительной промышленности в рублях

Тип штампа	Размер и масса штампа			
	мелкие (0,1...0,3кН)	небольшие (0,4...0,7кН)	средние (1,5...2кН)	крупные (4...5 кН)
I	2	3	4	5
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 многоотверстийные (20...100 отверстий)	-	-	180...450	360...800
Совмещенные вырубные простые	60...75	80...100	180...250	300...400
Совмещенные сложной формы	150...300	210...260	420...500	600...750
Совмещенные весьма сложной формы	240...300	320...400	600...700	800...1000



I	2	3	4	5
Совмещенные для выручки и вытяжки	80...150	160...240	260...320	500...600
Последовательные простой формы	50...60	70...90	160...200	250...300
Последовательные сложной формы	90...110	125...160	300...350	450...550
Последовательные весьма сложной формы	180...250	260...340	440...600	600...900
Последовательные многопозиционные вытяжные и гибочные	100...140	150...180	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

Примечание: стоимость указана для штампов, смонтированных на стандартных блоках при индивидуальном их изготовлении; при изготовлении штампов сериями с дублерами стоимость снижается на 20...25%.

Таблица 19

Нормативные данные по цеховой себестоимости одного часа работы некоторых типов прессов (без стоимости штампов)

Тип и модель <del>пресса</del> <sup>пресса</sup>	Цеховая себестоимость одного часа работы пресса, коп./ч
I	2
Однокривошипный одностоечный КПЗ с усилием 250 кН	126...141

1	2
Однокривошипный одностоечный КГ24А с усилием 400 кН	153...181
Двухстоечный наклоняемый КА237 с усилием 400 кН	153...178
Однокривошипный закрытого типа КА254 с усилием 2500кН	330...394
Однокривошипный двойного действия К47Г с усилием 100 кН	203...234
Многопозиционный автомат А82Г с усилием 200 кН	147...157
Пресс-автомат с нижним приводом с усилием 250 кН	164...178
Пресс-автомат с нижним приводом А845 с усилием 1000 кН	224...251

## Литература

1. Амикин В.М., Лукашин Ю.С. Справочник конструктора штампов для холодной штамповки. - М.: Машгиз, 1960.
2. Богданов В.М. Холодная штамповка деталей по элементам в мелкосерийном производстве. - М.: Машгиз, 1963.
3. Вайнтрауб Д.А., Клешинов Ю.М. Холодная штамповка в мелкосерийном производстве: Справочное пособие. - Л.: Машиностроение, 1975.
4. Григорьев Л.Л. Рациональные варианты холодной штамповки. Техничко-экономические критерии. - Л.: Машиностроение, 1975.
5. Корсаков В.Д. Справочник мастера по штампам. - Л.: Машиностроение, 1972.
6. Кухтаров В.И. Холодная штамповка. - М.: Машгиз, 1962.
7. Малов А.И. Технологии холодной штамповки. - М.: Машиностроение, 1969.
8. Методика расчета экономической эффективности новой техники в машиностроении. - Л.: Машиностроение, 1967.
9. Мозыкавич И.Я. и др. Система универсальных-сборочных штампов для листовой штамповки. - М.: Машиностроение, 1977.
10. Общемашиностроительные нормы времени на холодную штамповку, высадку, обрезку, резку. - М.: Машиностроение, 1968.
11. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. - Л.: Машиностроение, 1971.
12. Справочник технолога-приборостроителя./Под ред. Сивратченко П.В. Т.1. - М.: Машиностроение, 1960.

13. Технологическая оснастка для холодной штамповки, прессования пластмасс и литья под давлением: Каталог-справочник. - М.: МСНП-НИИМАШ, 1967. Ч.1.

14. Ходырев В.А. Применение полиуретана в листостамповочном производстве. - Пермь: Пермское книжное издательство, 1973.

## Оглавление

I. Порядок проектирования технологического процесса .....	3
2. Анализ технологичности деталей, полученных холодной листовой штамповкой .....	3
3. Форма, размеры и выбор исходной заготовки, раскрой материала .....	3
4. Основы построения и выбора оптимального варианта технологического процесса холодной штамповки [II, 9, 4] .....	7
5. Расчет технологических параметров операций.....	10
6. Проектирование штампа .....	21
7. Выбор прессы .....	23
8. Норма времени и выработки .....	25
9. Определение количества и загрузки оборудования.....	27
10. Расчет численности производственных рабочих.....	28
II. Расчет технологической себестоимости штампованных деталей .....	29
Литература .....	34

bitch

fuck  
you

Редактор И. И. Кистанов

Корректор И. И. Филимонова

Заказ 1454 Объем 2,25 п. л. (2,25 уч.-изд. л.)

Тираж 600 экз.

Бесплатно. Подписано к печати 11.09.84 г.

Илан 1984г., № 42

Типография МВТУ. 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская, 5.