

ОВОДЯЩИЕ
ТЕХНИЧЕСКИЕ
МАТЕРИАЛЫ

РТМ

0 Xll



ВЫРЕЗКА И ПРОБИВКА ДЕТАЛЕЙ
ИЗ ЛИСТА ПОЛИУРЕТАНОМ

РТМ-1516—75

НИАТ—105

100 г / 0Xll
28.07.77

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
НИАТ

РУКОВОДЯЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
РТМ-1516—75

ВЫРЕЗКА И ПРОБИВКА ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТА ПОЛИУРЕТАНОМ

1977

1

Разработали: Е.В. Дзядель, Ю.М. Мазянин, В.И. Скобляков (руководитель работы) (НИАТ); Е.М. Баликова, В.А. Киселев, канд. техн. наук А.Д. Комаров (руководитель работы), В.В.Шалавин, канд.техн.наук В.Д.Щеголеватых (КуАИ)

Начальник сектора В.А. Великанов (НИАТ), канд. техн. наук Н.Т. Тихонов (КуАИ)

Начальник отдела В.И. Бунин (НИАТ)

Проректор по НИР канд. техн. наук А.Ф. Бочкарев

Н И А Т	Руководящие технические материалы	РТМ-1516
	Вырезка и пробивка деталей из листа полиуретаном	Взамен

Настоящие руководящие технические материалы служат основой при проектировании технологических процессов и конструировании оснастки для вырезки деталей из листового материала с одновременной пробивкой в них отверстий и пазов полиуретаном при давлении до 1000 кгс/см².

РТМ предназначены для конструкторов и технологов по холодной листовой штамповке.

Штамповкой полиуретаном могут выполняться следующие операции:

- вырезка по контуру деталей простых и сложных форм;
- пробивка отверстий и пазов различной конфигурации;
- вырезка по контуру с одновременной пробивкой отверстий и пазов, формовкой рифтов, пуклевок, чеканкой и формовкой надписей.

Вырезка-пробивка полиуретаном применима для изготовления деталей из:

- алюминиевых сплавов, меди, латуни (σ_b не более 25 кгс/мм²) толщиной до 2,5-3,0 мм;
- алюминиевых сплавов, углеродистых сталей, бронзы (σ_b от 25 до 50 кгс/мм²) толщиной до 0,8-1,0 мм;
- нержавеющей сталей толщиной до 0,5 мм;
- титановых сплавов толщиной до 0,3-0,4 мм.

Для титановых сплавов и алюминиевого сплава Д16АТ вырезку-пробивку полиуретаном рекомендуется применять как пред-

Внесен НИАТ, КуАИ	Утвержден 25 сентября 1975г.	Срок введения 1977г.
-------------------	------------------------------	----------------------

варительную операцию с последующей обработкой кромок.

Применение полиуретана для вырезки деталей экономически целесообразно в опытном и мелкосерийном производстве.

В условиях крупносерийного производства применение процесса ограничивается из-за повышения расхода материала при вырезке из индивидуальных заготовок.

1. ВЫРЕЗКА ДЕТАЛИ ИЗ ЛИСТА И ПРОБИВКА ОТВЕРСТИЙ ПОЛИУРЕТАНОМ

1.1. Сущность процесса

1.1.1. Полиуретан – синтетический каучук, полученный на основе сложных полиэфиров и простых форполимеров и отличающийся природой сшивающих агентов и физико – механическими показателями: твердостью, прочностью, эластичностью и модулем упругости [1, 2].

Он обладает высокой прочностью – до 500–600 кгс/см², превышающей прочность резины в 5–8 раз, высокой эластичностью (в 1,5–2 раза выше, чем эластичность резины), незначительным остаточным удлинением и высоким сопротивлением раздиру, надрывам и трещинам.

Полиуретан обладает высокой бензо- и маслостойкостью, что особенно важно при штамповке на гидравлических прессах.

При температуре до 50° С полиуретан не меняет своих физико-механических свойств в течение длительного промежутка времени.

В табл. I приведены марки и физико – механические свойства полиуретанов и резины, применяемых для различных процессов штамповки [3].

1.1.2. Схема процесса вырезки деталей из листа полиуретаном показана на рис. I.

Таблица I

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИУРЕТАНОВ И РЕЗИНЫ

Показатели	Марка полиуретана					Марка резины	
	СКУ-6	СКУ-7Л	СКУ-ПФЛ	СКУ-МДИ	Эстелан, Этелан	3826	56
Плотность, г/см ³	1,21	1,25	1,20	-	-	1,35	1,41
Модуль при 100%, кг/см ²	-	-	-	30-60	-	-	-
Модуль при 300%, кг/см ²	40	95-100	300	-	-	-	-
Прочность на разрыв, кгс/см ²	400	500-600	500-600	400-600	250-300	80	100
Относительное удлинение, %	450	500-550	400-450	400-600	500-600	300	450
Остаточное удлинение, %	0-2	2	6-10	-	0-2	28	20
Сопротивление раздиру, кгс/см ²	30	60	90-100	60-120	-	-	-
Твердость, ТМ-2	60	80-86	90-95	60-85	55-70	65-75	45-60
Эластичность по отскоку, %	30	37	35	-	-	-	-
Сопротивление истиранию, см/квт-ч	50	50	50	-	-	-	-

ПРИМЕЧАНИЕ. Полиуретаны выпускаются по ТУ 84-404-73.

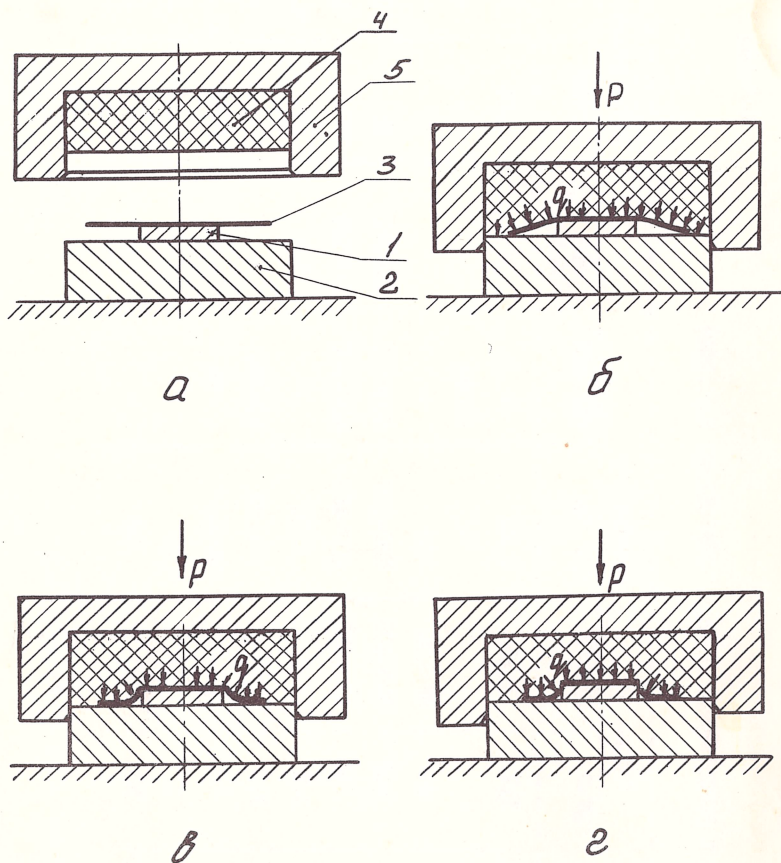


Рис.1. Схема процесса вырезки детали полиуретаном:

- 1 - вырезной шаблон; 2 - подштамповая плита;
3 - заготовка; 4 - полиуретан; 5 - контейнер.

✓
Вырезной шаблон 1 (см. рис. 1, а), выполняющий роль пуансона, устанавливается на подштамповую плиту 2. На шаблон укладывается заготовка 3, размеры которой больше размеров контура шаблона на величину припуска под зажим заготовки. Под давлением полиуретана 4, заключенного в контейнер 5, происходит вырезка детали.

В процессе вырезки в материале заготовки возникает сложное напряженно-деформированное состояние: изгиб, растяжение, срез. Определяющей является деформация среза.

В начальной стадии процесса полиуретан изгибает припуск по режущей кромке вырезного шаблона (см. рис. 1, б). При дальнейшем увеличении давления полиуретана происходит защемление края припуска между полиуретаном и подштамповой плитой (см. рис. 1, в). При недостаточного давлении происходит разделение металла по режущей кромке вырезного шаблона (см. рис. 1, г).

Отверстия диаметром $d \leq 3t$ и узкие пазы шириной $b \leq 2t$ пробиваются одновременно по всему контуру (рис. 2, а).

При пробивке отверстий диаметром $3t < d < 15t$ и пазов шириной $2t < b < 15t$ вначале отход надрезается на отдельном участке контура (рис. 2, б). Частично надрезанный отход отгибается и защемляется между полиуретаном и подштамповой плитой. По оставшейся части контура пробивка отверстия осуществляется так же, как вырезка по наружному контуру.

При пробивке отверстий диаметром $d \geq 15t$ и пазов шириной $b \geq 15t$ вначале материал вытягивается, и центральная часть отхода прижимается полиуретаном к подштамповой плите (рис. 2, в). При дальнейшем увеличении давления происходит одновременное отделение отхода по всему контуру детали.

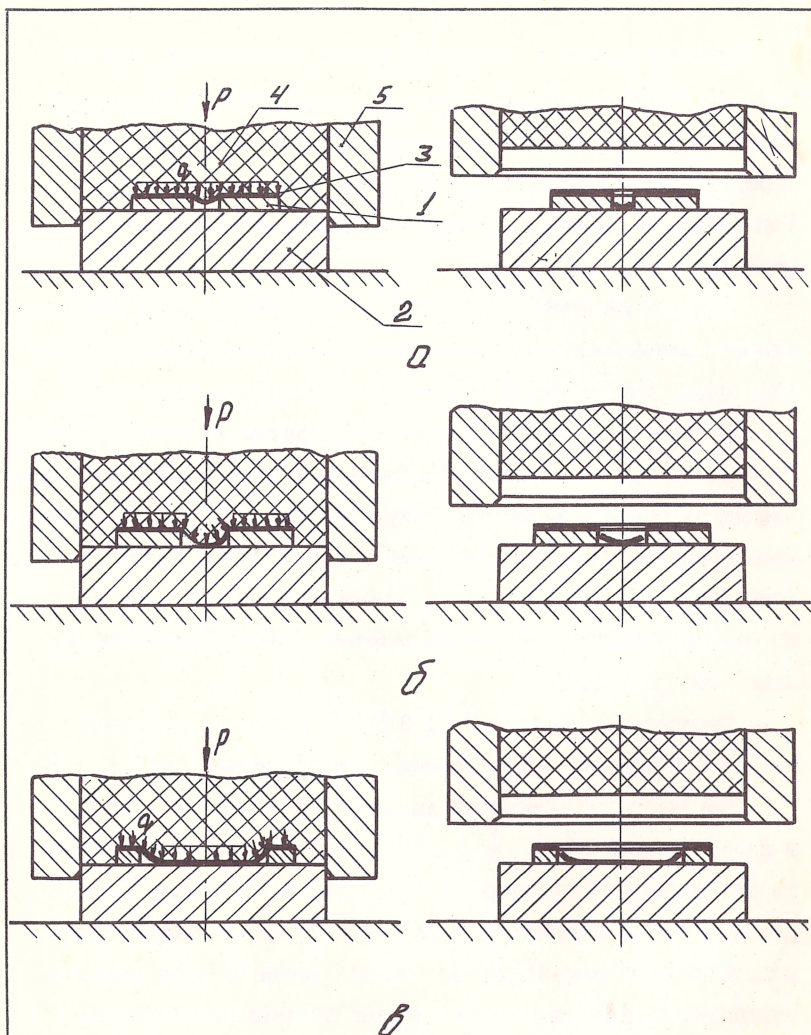


Рис.2. Схема процесса пробивки отверстий полиуретаном:

- 1 - вырезной шаблон; 2 - подштамповая плита;
3 - заготовка; 4 - полиуретан; 5 - контейнер.

Процесс вырезки может осуществляться и по схеме, когда контейнер с полиуретановой подушкой устанавливается на плите пресса, а подштамповая плита находится сверху. В этом случае заготовка укладывается на полиуретановую подушку, а вырезной шаблон устанавливается на заготовке.

Преимущество данной схемы состоит в том, что требуется меньше времени на установку заготовки по отношению к вырезному шаблону.

Недостатком схемы является неудобство съема детали и отходов при штамповке в контейнерах большого диаметра.

1.2. Технологические возможности процесса

1.2.1. Вырезкой-пробивкой полиуретаном возможно получить детали любой конфигурации (табл.2).

Значения минимально допустимых размеров элементов профиля детали (рис.3) в зависимости от пластических свойств материала приведены в табл.3 [4].

Значения минимально допустимых размеров пробиваемых отверстий круглой и квадратной форм (см.рис.3, в, г) для различных материалов и толщин при давлении полиуретана до 1000 кгс/см² приведены в табл. 4 и 5.

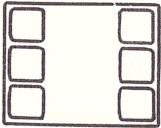
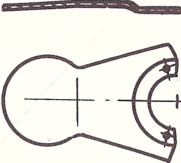
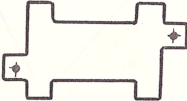
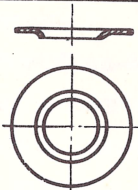
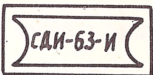
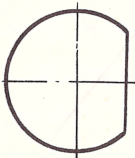
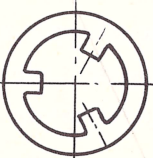
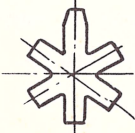
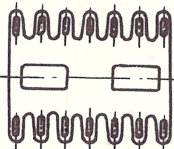
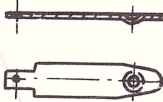
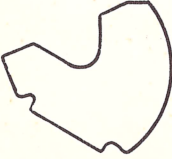
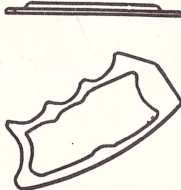
Полиуретаном можно пробивать отверстия с размерами, меньшими, чем размеры, приведенные в табл.4 и 5, но в этом случае для создания высоких давлений требуются дорогостоящие многослойные контейнеры и стойкость полиуретана значительно снижается.

Отверстия и пазы прямоугольной формы (см.рис. 3, а, д) могут быть получены, если их размеры больше следующих значений:

— для материалов с пределом прочности $\sigma_b \leq 25 \text{ кгс/мм}^2$

$$b \geq t;$$

ТАБЛИЦА 2
ТИПОВЫЕ ДЕТАЛИ, ВЫРЕЗАЕМЫЕ ПОЛИУРЕТАНОМ

Вырезка по контуру	Вырезка по контуру с одновременной пробивкой отверстий и пазов	Вырезка по контуру с одновременной пробивкой отверстий, гибкой пилочкой и формовкой рисунков и гравировок	Вырезка по контуру с одновременной чеканкой или формовкой надписей
			
			
			
			
			

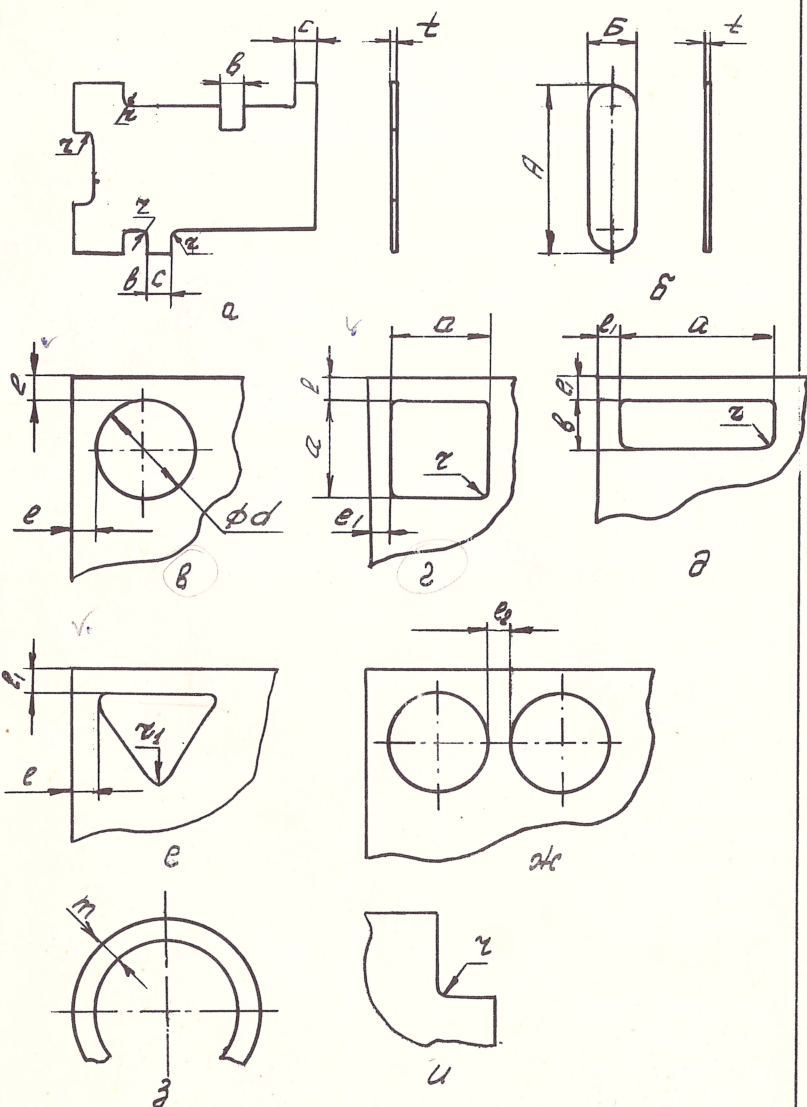


Рис. 3. Минимально допустимые размеры элементов штампуемых деталей.

МИНИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ ПРОФИЛЯ ДЕТАЛИ В ЗА-
ВИСИМОСТИ ОТ ТОЛЩИНЫ ЗАГОТОВКИ

Таблица 3

Элемент формы штампующей дета- ли	Номер рисун- ка	Обозна- чение	Материал заготовки	
			Пластичный Д16АМ, АМЦМ, М1, М2, М3, ст. 3, сталь 10, 12Х18Н10Т и др.	Малопластичн. Д16АТ, 0Т4, 0Т4-1 и др.
Ширина детали	Рис. 3, б	Б	5t	3t
Ширина участка контура детали	Рис. 3, а	С	(3-4)t	2t
Расстояние от края отверстия круглой или тре- угольной формы до наружного контура	Рис. 3, в, е	е [✓]	4t	3t
Расстояние от края отверстия или паза прямоу- гольной формы до наружного конту- ра	Рис. 3, г, д	е [✓] 1	(5-6)t	4t
Расстояние между отверстиями, раз- меры которых рав- ны или отличаются друг от друга на незначи- тельную величину	Рис. 3, ж	е [✓] 2	(4-5)t	(3-4)t

Продолжение таблицы 3

Элемент формы штампующей де- тали	Номер рисун- ка	Обозна- чение	Материал заготовки	
			Пластичный	Малопластич.
			Д16АМ, АМгМ, М1, М2, М3, ст. 3, сталь 10, 12Х18Н10Т и др.	Д16АТ, ОТ4, ОТ4-1 и др.
Ширина кольца	Рис. 3, з	m	(4÷5) t	(4÷5) t
Радиус скругле- ния в углах квад- ратных и прямо- угольных отверс- тий и в местах переходов элемен- тов контура де- тали	Рис. 3, а, г, д, и	z	(0,5÷1,0) t	(0,5÷1,0) t
Радиус скругле- ния в углах от- верстий треу- гольной формы	Рис. 3, е	z ₁	(1,0÷1,5) t	(1,0÷1,5) t

- для материалов с пределом прочности $\sigma_b > 25 \text{ кгс/мм}^2$

$$b \geq (1,5 \div 2,0) t$$

где b - ширина отверстия или паза, мм.

1.3. Параметры процесса

1.3.1. Параметрами процесса вырезки- пробивки полиуре-
таном являются:

- высота вырезного шаблона ;
- необходимое давление полиуретана ;
- припуск материала;
- точность вырезаемых деталей.

1.3.2. От высоты вырезного шаблона (рис. 4) зависят ве-
личина припуска материала, качество детали, величина необо-
димого давления вырезки.

МИНИМАЛЬНЫЕ ДИАМЕТРЫ ОТВЕРСТИЙ,
ПРОБИВАЕМЫХ ПОЛИУРЕТАНОМ

Таблица 4

Материал заготовки	Давление пробивки q , кгс/см ²							
	500				1000			
	Толщина заготовки t , мм							
	0,5	1	1,5	2,0	0,5	1	1,5	2,0
	Диаметр отверстия d , мм							
АМцМ	3-4,5	5,5-9	8-13,5	11-18	1,5-2,5	3-4,5	4-7	5,5-9
отожженный Д16АМ	6-7	12-14	18-21	24-28	3-3,5	6-7	9-10,5	12-14
отожженный Д16АТ	13-15,5	26-31			5,5-8	13-15,5		
свежезакален. АМг6М	9-11	18-22			4,5-5,5	9-11		
отожженный М1, М2, М3	7,5-11	14,5-22	21-33	29-44	3,5-5,5	7,5-11	11-16	14-22
отожженный Л63	9-11	18-22	27-33	36-44	4,5-5,5	9-11	13,5-16,5	18-22
отожженный Ст.20	11-15,5	22-30			5,5-7,5	11-15,5		
отожженный 12Х18Н10Т	16-21				8-10,5			
вакаленный								

Примечание: 1. Большее значение диаметра - для материала с большим значением предела прочности σ_b .

2. В случае неполного отделения материала в отверстия пользоваться рекомендациями, приведенными в подразделе 1.5.

МИНИМАЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ КВАДРАТНЫХ ОТВЕРСТИЙ,
ПРОБИВАЕМЫХ ПОЛИУРЕТАНОМ

Таблица 5

Материал заготовки	Давление пробивки q , кгс/см ²							
	500				1000			
	Толщина заготовки t , мм							
	0,5	1	1,5	2,0	0,5	1	1,5	2,0
	Ширина квадратного отверстия a , мм							
АМЦМ отожженный	3,5-6	7,5-12	11-18	14,5-24	2-3	3,5-6	5,5-9	7-12
Д16АМ отожженный	8-9,5	16-19	24-28	32-37	4-4,5	9-9,5	12-14	16-19
Д16АТ свелезакален.	17,5-21	35-42			8,5-10,5	17,5-21		
АМГ6М отожженный	13-15	25-30			6,5-8	13-15,5		
М1, М2, М3 отожженный	10-15	19-30	29-44	38-59	5-7,5	10-15	14,5-22	19-30
Л63 отожженный	12-14,5	24-30	36-44	48-60	6-7,5	12-14,5	18-22	24-30
Ст.20 отожженный	14,5-20	29-40			7,5-10	14,5-20		
12Х18Н10Т закаленный	21-28				11-14			

Примечание: 1.Большее значение размера - для материала с большим значением предела прочности σ_b .

2. В случае неполного отделения отхода материала в отверстиях и пазах пользоваться рекомендациями, приведенными в подразделе 1.5.

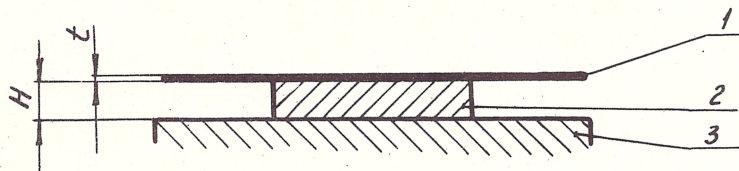


Рис.4. Схема к расчету высоты вырезного шаблона:

- 1 - заготовка; 2 - вырезной шаблон;
- 3 - подштамповая плита.

С увеличением высоты вырезного шаблона уменьшается давление вырезки, но при этом требуется больший припуск и ухудшается качество детали (появляются заусенцы, возможно зависание отхода).

Уменьшение высоты вырезного шаблона способствует уменьшению припуска и повышению качества штампуемой детали, но требует создания повышенного давления в полиуретане.

Оптимальная высота вырезного шаблона определяется по формуле [5]

$$H = 3(1 + 0,01 \delta_{10}^2) \sqrt{E}, \quad (I)$$

где δ_{10} - относительное удлинение материала заготовки, % (табл. 6) [3].

Высоту вырезного шаблона для конкретного материала и толщины заготовки можно определить по графику (рис. 5).

1.3.3. Давление, необходимое для пробивки отверстий и пазов и вырезки детали по наружному контуру, зависит от физико-механических свойств материала заготовки, ее толщины, высоты вырезного шаблона и конфигурации детали. При одновременной вырезке контура и пробивке отверстий и пазов давление вырезки-пробивки следует определять из условия пробивки минимального отверстия или паза [6].

При определении давления вырезки наружный контур детали необходимо разбить на элементы: прямолинейный, криволинейный выпуклый, криволинейный вогнутый [5, 12].

Давление вырезки участка контура детали определяется по одной из формул:

для прямолинейного участка

$$q = \frac{1,3 t \sigma_{ср}}{H} \approx \frac{t \sigma_{\delta}}{H}, \quad (2)$$

где $\sigma_{ср}$ - сопротивление материала срезу, кгс/мм²;

Типичные механические свойства листового материала

Марка материала	ГОСТ или ТУ на листовой материал	Расстояние материала	σ_B , кгс/мм ²	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм ²	δ_{10} , %	δ_p , %	E , кгс/мм ²	η	K , кгс/мм ²
Алюминиевые сплавы									
АДМ, АД1М	ГОСТ 13782-68	Отожженный	9,5	3,5	35	20	7100	0,27	17,6
АМ4М	ГОСТ 12592-67								
Д16АМ	ГОСТ 12592-67	Отожженный	13,5	5,5	33	18	7100	0,255	24,7
Д16АТ	ГОСТ 12592-67	Отожженный	20	9,5	18	13	7100	0,236	36,5
В95АМ	ГОСТ 12592-67	Закаленный	45	30	19	17	6900	0,17	71,2
В95АТ1	ГОСТ 12592-67	Отожженный	21	10	18	13	6700	0,239	38,7
АМ-ЗМ	ГОСТ 12592-67	Закаленный	52	44	12	4,5	6700	0,125	80
АМ-6БМ	ГОСТ 12592-67	Отожженный	23	12	19	15	6990	0,214	39,8
	ГОСТ 12592-67	Отожженный	33	16,5	24	20	6800	0,23	57,4
Магниевые сплавы									
МА1М	ОСТ 90116-74	Отожженный	21	12	8	5	4000	0,265	49
МА8М	ОСТ 90116-74	Отожженный	26	19	18	11	4100	0,15	40,2

Марка материала	ГОСТ или ТУ на листовый материал	Состояние материала	δ , кгс/мм ²	$\delta_{0,2}$, кгс/мм ²	δ_{10} , %	δ_p , %	E, кгс/мм ²	η	K , кгс/мм ²
	Титановые		сплавы						
BT1-2	OTY174-4-65	Отожженный	65	55	24	10	10500	0,100	90
OT4	AMTY4 75-3-61	Отожженный	80	70	20	8	11000	0,095	110
	Стали								
08КП	ГОСТ 16523-70	Нормализованный	38	24	37	23	20000	0,156	59
10	ГОСТ 16523-70	Нормализованный	40	25	35	20	20000	0,158	61,9
15	ГОСТ 16523-70	Нормализованный	44	28	34	19	20000	0,155	68
20	ГОСТ 16523-70	Нормализованный	48	30	33	18	20000	0,161	74,8
35	ГОСТ 16523-70	Нормализованный	58	37	25	14	20000	0,161	91
45	ГОСТ 16523-70	Нормализованный	68	43	20	12	20000	0,17	109
30ХРСА	ГОСТ 11268-65	Отожженный	70	45	22	12	20000	0,166	101
30ХРСНА	ГОСТ 11268-65	Отожженный	45	48	22	12	20000	0,169	120
12Х18Н9Т	ГОСТ 5582-61	Закаленный	66	30	50	40	18800	0,239	115
Х17Н5М3 (СН-3, Э4925)	МРТУ 14-2-33-65	В состоянии поставки	95	35	15	10	18000	0,339	228,1
Х17Г9АН4 (Э4878)	ГОСТ 5582-61	Отожженный	70	35	37	30	18000	0,22	118,6
Х15Н542Т (ЭП410, ВНС-2)	ТУ 14-1-835-73	Закаленный	100	80	6,5	5	18000	0,129	154

Продолжение таблицы 6

Марка материала	ГОСТ или ТУ на листовый материал	Состояние материала	σ_B , кгс/мм ²	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм ²	δ_{10} , %	δ_r , %	E , кгс/мм ²	n	K , кгс/мм ²
М1, М2, М3	ГОСТ 495-70	Медь	24	7	50	20	11000	0,327	48,8
Л68	ГОСТ 931-70	Латунь							
		Отожженный	33	10	60	24	10000	0,321	64,8
Л63	ГОСТ 931-70	Отожженный	36	11	50	20	10000	0,329	73,3
ЛС59-1	ГОСТ 931-70	Отожженный	42	15	42	18	9000	0,307	84
		Бронза							
Бр. 0Ф6,5-0,15М	ГОСТ 1761-70	Мягкий	40	22	38	15	10000	0,206	67,8
Бр. 0Ч4-3-М	ГОСТ 1761-70	Мягкий	36	11	38	18	10000	0,332	75,2
Бр. КМ43-1-М	ГОСТ 4748-70	Мягкий	40	20	50	20	12000	0,219	68,2
Бр. Б2-М	ГОСТ 1789-70	Мягкий	45	30	40	16	11700	0,155	69,3

Условные обозначения:

σ_B - предел прочности при растяжении, кгс/мм²;
 $\sigma_{0,2}$ - условный предел текучести при растяжении;
 δ_{10} - относительное удлинение при растяжении, %;
 δ_r - равномерное удлинение при растяжении, %;

E - модуль нормальной упругости при растяжении, кгс/мм²;
 K и n - параметры степенной аппроксимации диаграмм истинных напряжений при растяжении.

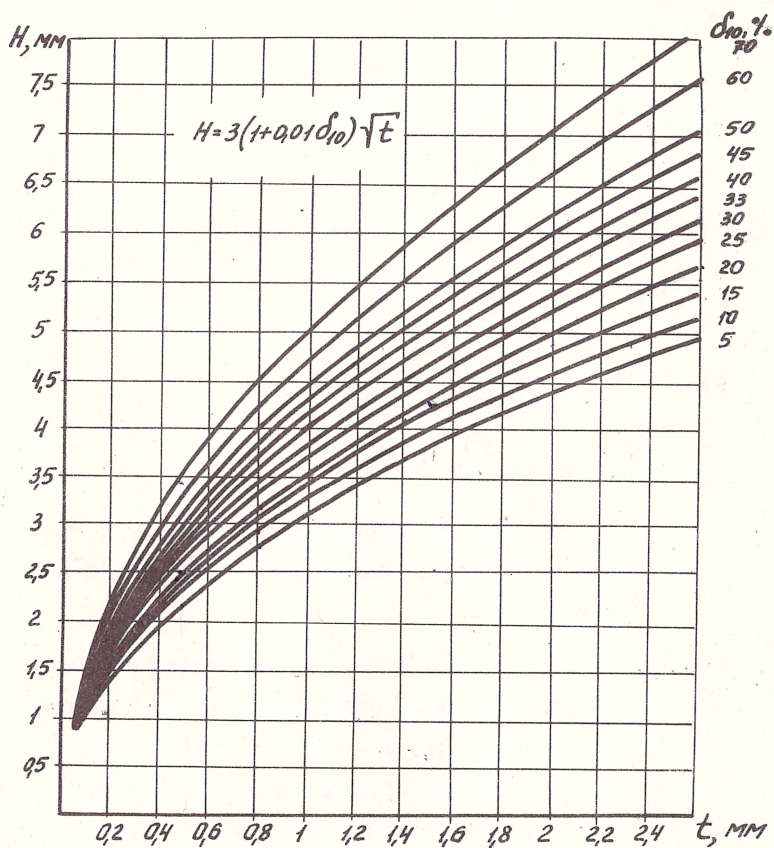


Рис.5. Зависимость высоты вырезного шаблона H от толщины заготовки t и относительного удлинения материала заготовки δ_{10} .

для выпуклого криволинейного участка радиусом:

$$R \leq 2H \quad q = \frac{t\sigma_{cp}}{H} \approx \frac{0,8t\sigma_{\theta}}{H}; \quad (3)$$

$$2H < R < 5H \quad q = \frac{2,6Rt\sigma_{cp}}{H(2R+H)} \approx \frac{2Rt\sigma_{\theta}}{H(2R+H)}; \quad (4)$$

$R \geq 5H$ - по формуле (2);

для вогнутого криволинейного участка радиусом:

$$R \leq 2H \quad q = \frac{2t\sigma_{cp}}{H} \approx \frac{1,5t\sigma_{\theta}}{H}; \quad (5)$$

$$2H < R < 10H \quad q = \frac{2,6Rt\sigma_{cp}}{H(2R-H)} \approx \frac{2Rt\sigma_{\theta}}{H(2R-H)}; \quad (6)$$

$R \geq 10H$ - по формуле (2),

где q - давление эластичной среды, кгс/мм²;

R - радиус выпуклого или вогнутого участка контура детали, мм.

Давление вырежки контура детали, состоящего из прямолинейных и криволинейных участков, определяется из условия вырежки вогнутого криволинейного контура с наименьшим радиусом кривизны.

Для малопластичных материалов (Д16АТ, ОТ4 и др.) формулы (2) - (6) дают завышенные значения давлений.

Давление пробивки отверстия круглой формы определяется по одной из формул:

$$\text{при } d \leq 15t \quad q = \frac{4t\sigma_{cp}}{d} \approx \frac{3t\sigma_{\theta}}{d}; \quad (7)$$

$$\text{при } d > 15t \quad q = \frac{1,3dt\sigma_{cp}}{H(d-H)} \approx \frac{dt\sigma_{\delta}}{H(d-H)}, \quad (8)$$

где d — диаметр отверстия, мм.

Давление пробивки отверстия или паза прямоугольной формы определяется по одной из формул:

$$\text{при } b \leq 15t \quad q = \frac{2,6t(a+b)\sigma_{cp}}{a \cdot b} \approx \frac{2t(a+b)\sigma_{\delta}}{a \cdot b}, \quad (9)$$

при $b > 15t$ — по формуле (2),

где a, b — соответственно длина и ширина отверстия или паза, мм.

Давление пробивки отверстия треугольной формы определяется по формуле:

$$q = \frac{8t\sigma_{cp}}{C} \approx \frac{6t\sigma_{\delta}}{C}, \quad (10)$$

где C — высота равностороннего треугольника, мм.

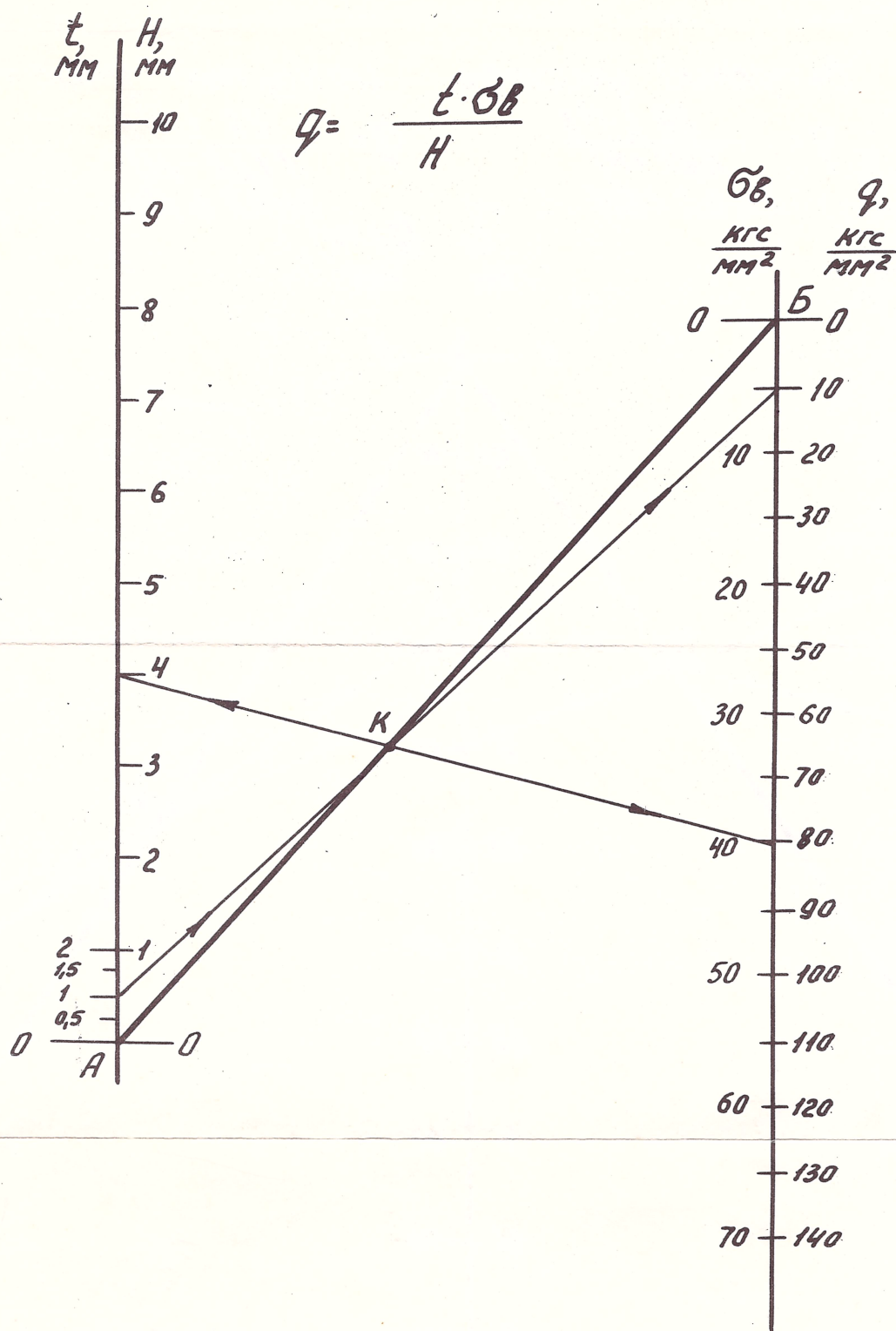
Для определения давлений вырезки, пробивки отверстий и пазов можно пользоваться номограммами (рис. 6-10).

1.3.4. Усилие прессы для вырезки-пробивки деталей определяется по формуле

$$P = N q F, \quad (11)$$

где N — коэффициент, учитывающий неоднородность физико-механических свойств материала, допуск на толщину листа и т.д., равный 1,2;

F — площадь зеркала полиуретановой подушки, мм².



Ключ: 1. $H \leftrightarrow \sigma_B$; 2. $t \leftrightarrow \tau$; 3. $K \leftrightarrow q$

Пример:

$\sigma_B = 40 \text{ кгс/мм}^2$; $t = 1 \text{ мм}$; $H = 4 \text{ мм}$;

$$q = \frac{1 \cdot 40}{4} = 10 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$$

Рис. 6. Номограмма для определения давления вырезки прямолинейного участка контура детали.

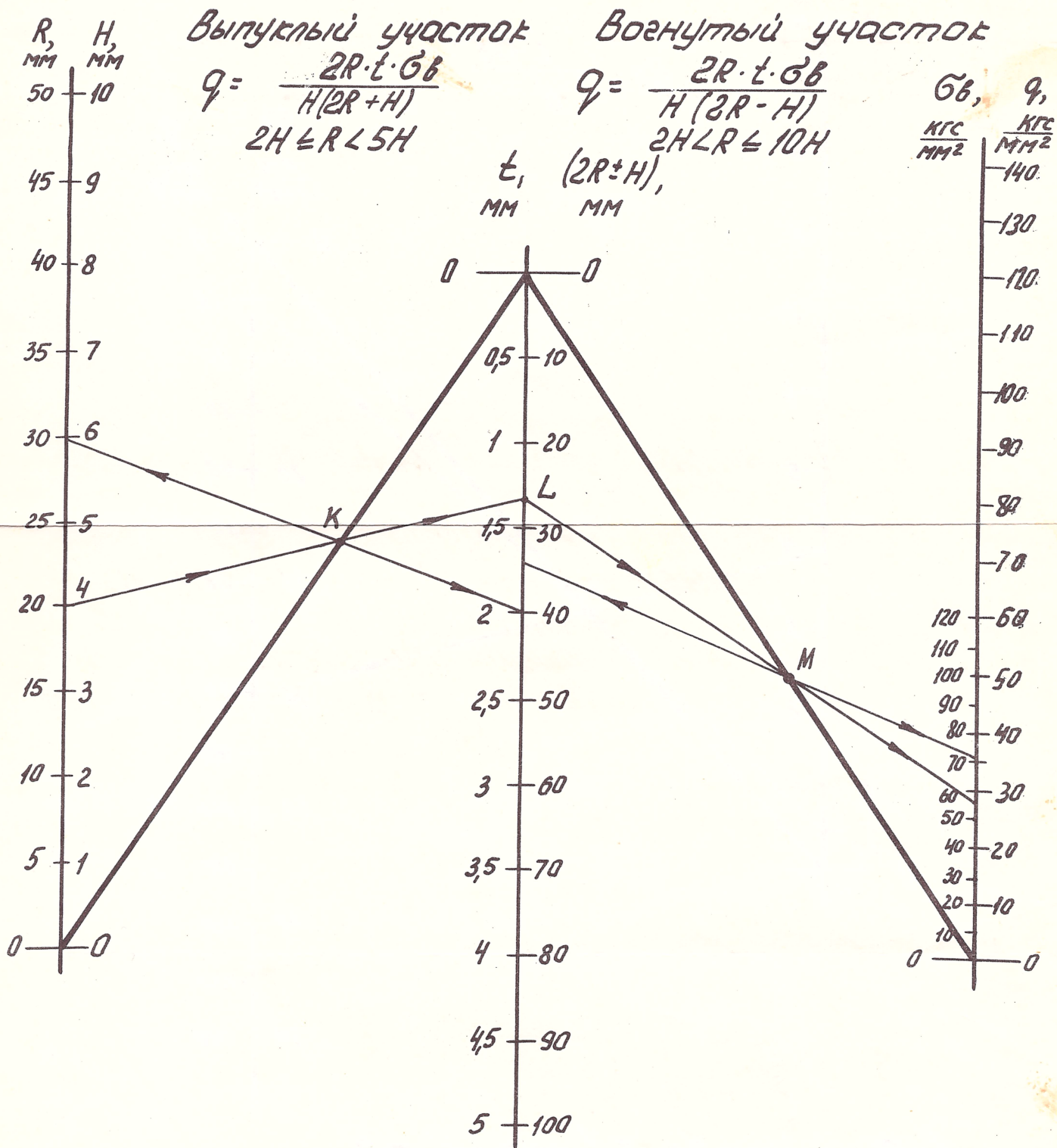
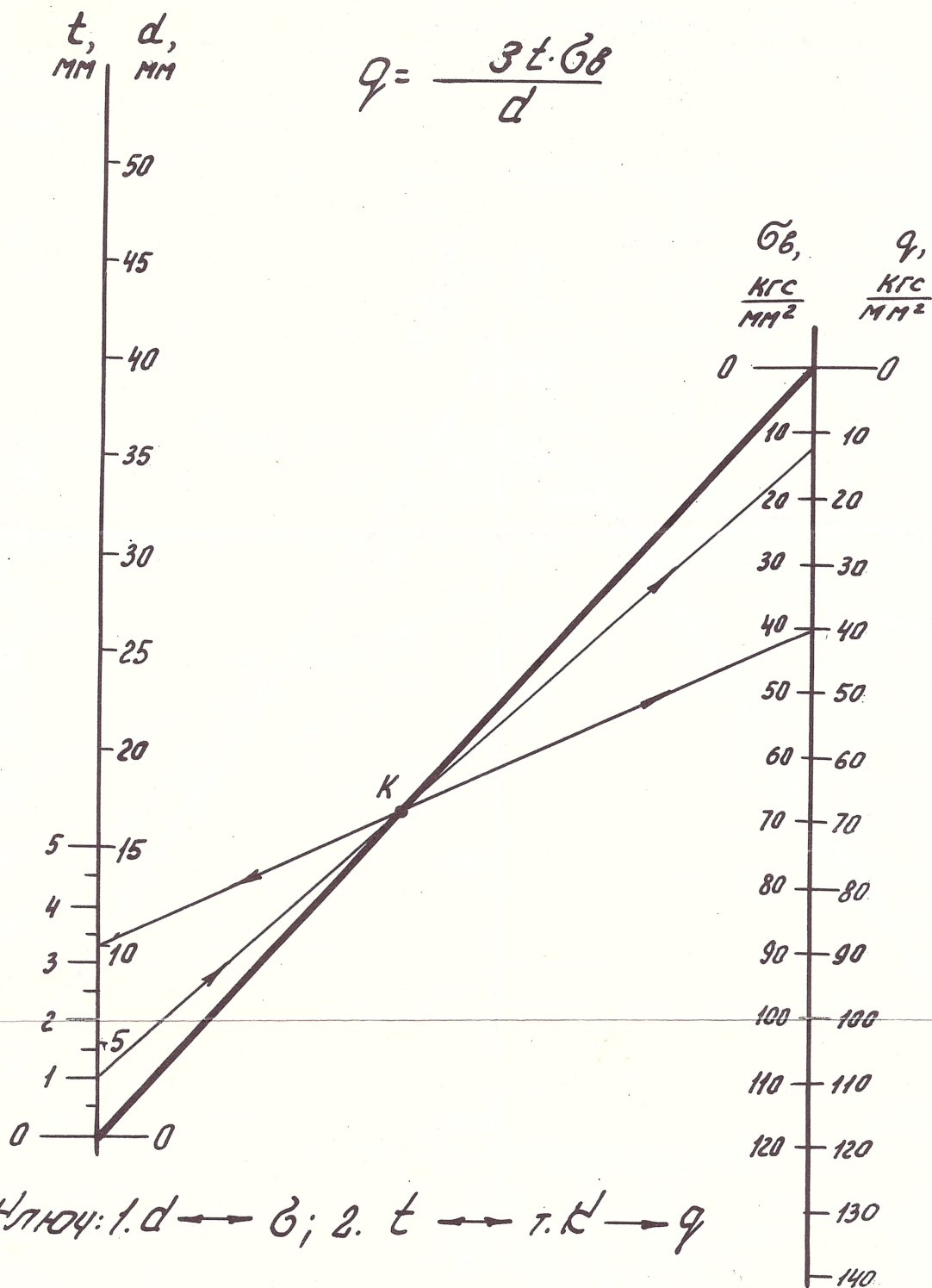


Рис. 7. Номограмма для определения давления вырезки выпуклого и вогнутого участков контура детали радиусом R . Зак. 504

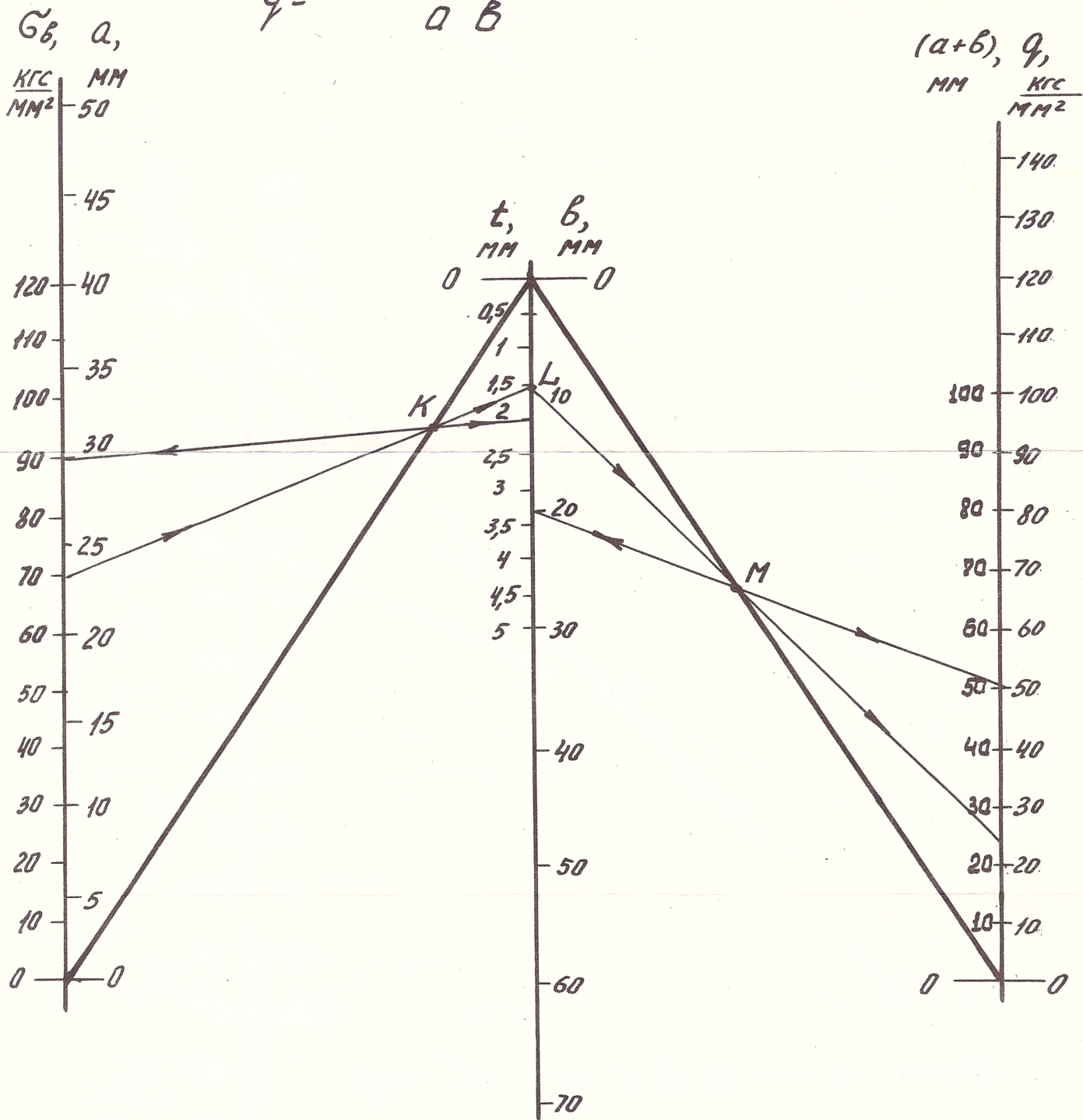


Пример:
 $\sigma_b = 40 \text{ кгс/мм}^2$; $t = 1 \text{ мм}$; $d = 10 \text{ мм}$;

$$q = \frac{3 \cdot 1 \cdot 40}{10} = 12 \text{ кгс/мм}^2$$

Рис. 8. Номограмма для определения давления пробивки круглых отверстий диаметром $d \leq 15t$.

$$q = \frac{2t(a+b)\sigma_B}{a \cdot b}$$



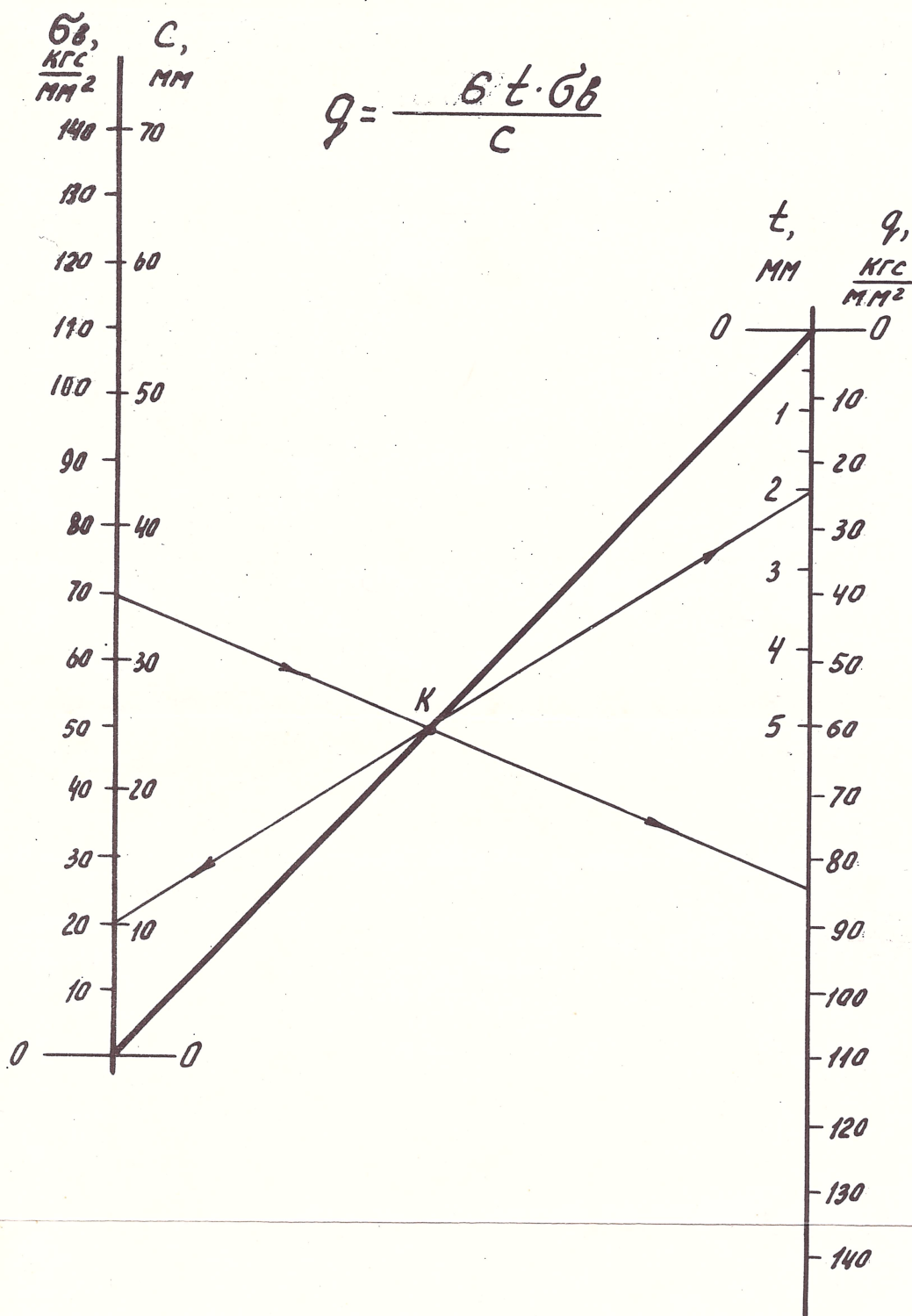
Ключ: 1. $a \rightarrow t$; 2. $\sigma_B \rightarrow t, K$; 3. $b \rightarrow (a+b)$; 4. $t, L \rightarrow q, M$

Пример:

$\sigma_B = 70 \text{ кгс/мм}^2$; $t = 2 \text{ мм}$; $a = 30 \text{ мм}$; $b = 20 \text{ мм}$;

$$q = \frac{2 \cdot 2 \cdot (30 + 20) \cdot 70}{30 \cdot 20} = 233 \text{ кгс/мм}^2$$

Рис. 9. Номограмма для определения давления пробивки квадратных и прямоугольных отверстий и пазов шириной $b \leq 15t$.



Ключ: 1. $C \longleftrightarrow t$; 2. $\sigma_b \longleftrightarrow t, K \longleftrightarrow q$

Пример:

$\sigma_b = 70 \text{ кгс/мм}^2$; $t = 2 \text{ мм}$; $C = 10 \text{ мм}$;

$$q = \frac{6 \cdot 2 \cdot 70}{10} = 84 \text{ кгс/мм}^2$$

Рис. 10. Номограмма для определения давления пробивки треугольных отверстий.

1.3.5. Для осуществления процесса вырезки полиуретаном необходим технологический припуск.

При недостаточном припуске вместо вырезки происходит формовка материала по вырезному шаблону.

Завышение величины припуска приводит к повышенному расходу материала.

Величина припуска для вырезки прямолинейного участка контура детали (рис. II, а) в общем виде определяется по формуле

$$L = 1,4 H + \frac{1}{f} (H + t), \quad (I2)$$

где f - коэффициент трения между заготовкой и подштамповой плитой.

При использовании подштамповой плиты с шероховатостью по поверхности $Rz80$ ($f \approx 0,35$)

$$L = 4,3 H + 3t. \quad (I3)$$

При использовании подштамповой плиты с пазами ($f \approx 0,5$) (рис. I2)

$$L = 3,4 H + 2t. \quad (I4)$$

Величина припуска для вырезки выпуклого криволинейного участка контура детали радиусом R (см. рис. II, б) определяется по формулам:

$$\text{при } R \leq 5H \quad L_{\text{вып}} = 1,4 H + \frac{(H+t)(2R+H)}{2f(R+H)}; \quad (I5)$$

при $R > 5H$ - по формулам (I3), (I4).

Величина припуска для вырезки вогнутого криволинейного участка контура детали радиусом R (см. рис. II, в) определяется по формулам:

$$\text{при } 2H < R \leq 5H \quad L_{\text{вогн}} = 1,4 H + \frac{(H+t)(2R-H)}{2f(R-H)}; \quad (I6)$$

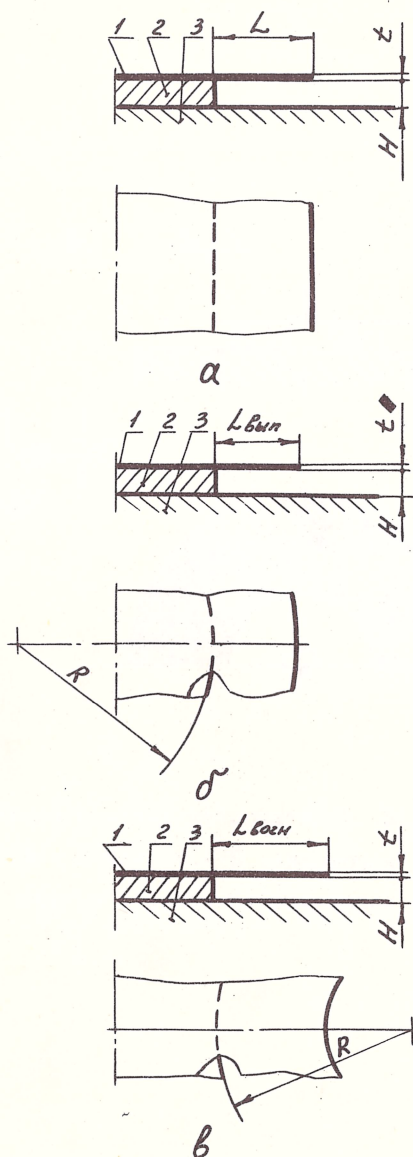


Рис.11.Схема к расчету величины припуска:

1 - заготовка; 2 - слон; 3 - подштам-
повая плита.

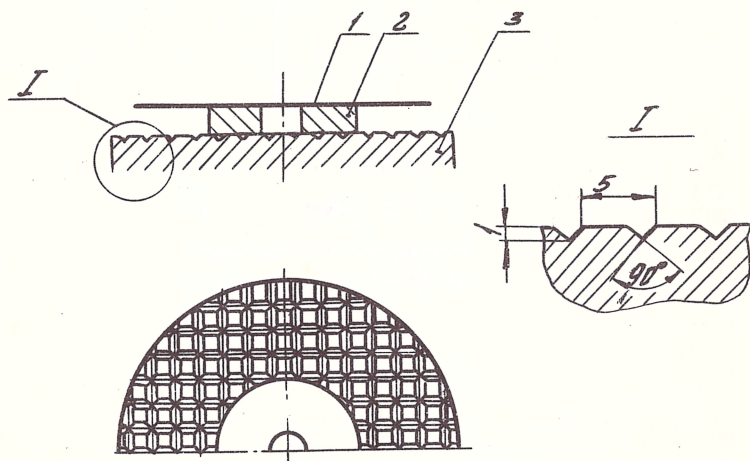


Рис.12. Подштамповая плита с пазами:

- 1 - заготовка; 2 - вырезной шаблон;
- 3 - подштамповая плита с пазами.

при $R > 5H$ - по формулам (I3), (I4),

где L , $L_{\text{вып.}}$, $L_{\text{вогн}}$ - величина припуска соответственно для прямолинейного, выпуклого и вогнутого участков контура детали, мм.

На участке радиусом $R \leq 2H$ величина припуска назначается по сопрягаемому участку контура детали (прямолинейному или выпуклому).

Величина припуска при вырезке может быть уменьшена до $(1,5 \div 2)H$ за счет конструктивных решений, предотвращающих скопление припуска.

На рис. I3, а показан способ уменьшения припуска при помощи стальной проволоки 5, приваренной к стальному листу 3 на расстоянии l от вырезного шаблона 2 эквидистантно его контуру.

Диаметр проволоки $d_{\text{пр}}$ и расстояние l назначаются в зависимости от высоты вырезного шаблона H :

$$\begin{aligned} d_{\text{пр}} &\approx 0,5H, \\ l &= (1 \div 2) H \end{aligned}$$

Вырезной шаблон устанавливается на лист 3 без дополнительного крепления.

На рис. I3, б показан способ уменьшения припуска при помощи пластины 3, на которую устанавливается вырезной шаблон 2. Пластина выступает за контур вырезного шаблона на расстоянии l , равном $(1 \div 2)H$.

На рис. I3, в показан способ уменьшения припуска при помощи опорной рамки 6, охватывающей вырезной шаблон 2 по всему контуру и отстоящей от него на расстоянии C_p . Для лучшего заземления материала припуска в рамке предусмотрена канавка. Размеры рамки назначаются в зависимости от толщины заготовки t и высоты вырезного шаблона H :

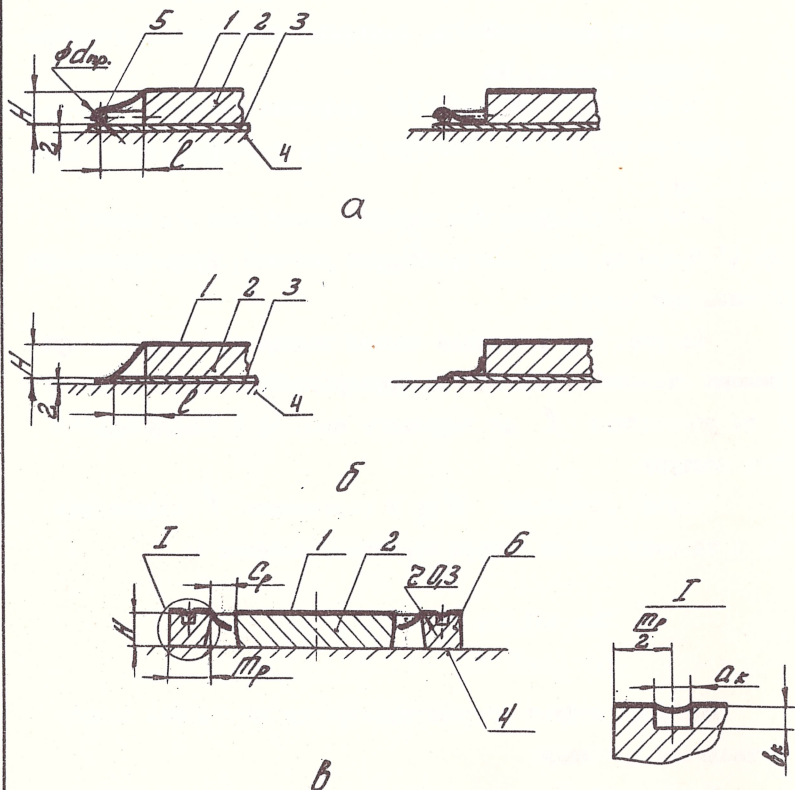


Рис.13. Способы уменьшения припуска материала:
 1 - заготовка; 2 - вырезной шаблон; 3 - пластина;
 4 - подштамповая плита; 5 - стальная проволока;
 6 - опорная рамка.

$$\begin{aligned}C_p &= H + 2; \\M_p &= 1,5H; \\a_k &= 2t + 1; \\b_k &= t + 1;\end{aligned}$$

где C_p — расстояние от вырезного шаблона до внутреннего контура опорной рамки, мм ;

M_p — ширина опорной рамки, мм ;

a_k — ширина канавки, мм ;

b_k — глубина канавки, мм.

1.3.6. Форма и габаритные размеры заготовки должны быть определены с учетом припуска на обрезку по всему периметру вырезаемой детали.

Конфигурация заготовки может быть различной (квадратной, прямоугольной, круглой и др.) и выбирается из условий экономичности раскроя материала и простоты изготовления заготовки. Заготовку и оснастку перед штамповкой необходимо обезжиривать, так как масляные пятна на ее поверхности приводят к уменьшению коэффициента трения, и вырезка может не произойти.

1.4. Точность вырезаемых деталей

1.4.1. Точность деталей, вырезаемых полиуретаном, зависит от ряда факторов:

- пластических и прочностных свойств материала заготовки;
- толщины заготовки ;
- состояния режущей кромки вырезного шаблона ;
- соотношения конструктивных элементов деталей.

Размеры деталей по наружному контуру получаются несколько больше соответствующих размеров вырезного шаблона, диаметры пробиваемых отверстий и размеры пазов — несколько меньше соответствующих размеров вырезного шаблона (см. рис. 14).

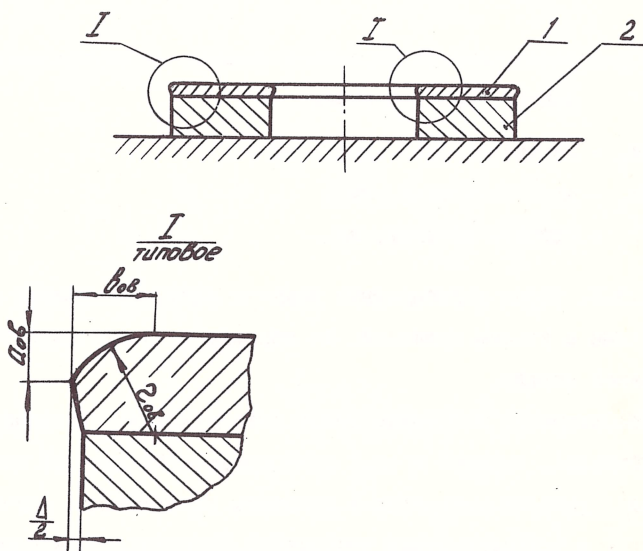


Рис.14. Форма среза детали, полученная при вырезке-пробивке полиуретаном:
1 - деталь; 2 - вырезной шаблон.

Величина отклонения размеров детали от размеров вырезного шаблона (рис. 14) имеет следующие значения:

- для деталей из материалов марок Д16АМ, АМг6М

$$\Delta = (0,1 \div 0,15) t ;$$

- для деталей из более пластичных материалов марок АМцМ, М1, М2, М3, Л63, 12Х18Н10Т

$$\Delta = (0,15 \div 0,25) t ,$$

где Δ - величина отклонения, мм .

Для повышения точности вырезаемых деталей исполнительные размеры шаблонов должны быть скорректированы на величину отклонения Δ .

Величины отклонений для различных линейных размеров соответствуют различным классам точности (табл. 7) .

1.4.2. Детали, вырезанные полиуретаном, имеют плоскую поверхность.

При использовании вырезных шаблонов с острой режущей кромкой детали вырезаются без заусенцев.

Со стороны действия полиуретана кромки вырезаемых деталей имеют небольшое скругление овальной формы (см. рис.14), размеры которого не превышают следующих значений:

- для материалов марок Д16АМ, АМг6М, М1, М2, М3, Л63

$$a_{\text{ов}} = (0,5 \div 0,7) t ,$$

$$b_{\text{ов}} = (0,75 \div 1,15) t ,$$

$$r_{\text{ов}} \approx t ;$$

- для материалов марок ст. 3, сталь 10, сталь 20, 12Х18Н10Т, Д16АТ, ОТ4, ОТ4-1

Таблица 7

Отклонения размеров детали от размеров вырезного шаблона и соответствующие классы точности

Номинальные размеры, мм	Марка материала														
	Д 16 АМ; АМ-6М				АМЧМ; М1; М2; М3; ЛВЗ; 12Х18Н10Т										
	Толщина материала t, мм														
	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0							
	Отклонение размеров детали от размеров шаблона Δ, мм														
	Δ = (0,1 ÷ 0,15) t				Δ = (0,15 ÷ 0,25) t										
0,050-0,075		0,100-0,150		0,150-0,225		0,200-0,300		0,075-0,125		0,150-0,250		0,225-0,375		0,300-0,500	
Классы точности															
от 1 до 3	4-5	5-7	7	-	5-7	7	7-8	-							
св. 3 до 6	4	5-7	5-7	7	4-5	5-7	7-8	7-9							
6 до 10	3а-4	4-5	5-7	5-7	4-5	5-7	7-8	7-8							
10 до 18	3а-4	4-5	5	5-7	4	5-7	5-7	7-8							
18 до 30	3а	4-5	5	5-7	4	5	5-7	7							
30 до 50	3-3а	3а-4	4-5	5	4	4-5	5-7	5-7							
50 до 80	3-4	4	4	4-5	4	4-5	5	5-7							
80 до 120	2а-4	4	4	4-5	3-4	4-5	4-5	5-7							
120 до 180	2а-3	4	4	4-5	3-4	4	4-5	5							
180 до 260	2а-3	4	4	4	3-4	4	4-5	4-5							
260 до 360	2-2а	3-4	4	4	3-4	4	4-5	4-5							
360 до 500	2-2а	3-4	4	4	3-4	4	4	4-5							

$$a_{\text{ов}} = (0,25 \pm 0,35) t ,$$

$$b_{\text{ов}} = (0,35 \pm 0,55) t ,$$

$$\delta_{\text{ов}} \approx 0,5 \cdot t .$$

1.4.3. Чистота поверхности среза на деталях из пластичных материалов (Д16АМ, АМг6М, М1, М2, М3, Д63, СТЗ, сталь 10, сталь 20, 12Х18Н10Т) получается не ниже $\sqrt{R_z 40}$ — $\sqrt{R_z 20}$, на деталях из малопластичных материалов (Д16АТ, ОТ4, ОТ4-1) — $\sqrt{R_z 320}$ — $\sqrt{R_z 160}$.

1.5. Возможные дефекты на детали и способы

их устранения

1.5.1. При вырезке-пробивке полиуретаном возможны следующие дефекты:

- неполное отделение припуска от контура детали ;
- искажение формы и размеров детали за счет утяжки материала.

1.5.2. При вырезке-пробивке деталей из пластичных материалов толщиной до 0,5 мм может иметь место:

- неполное отделение припуска от контура детали ;
- неполное отделение отхода материала при пробивке отверстий диаметром $3t < d < 15t$ и пазов шириной $2t < b < 15t$ (рис. 15).

Мероприятия по устранению неполного отделения припуска от контура детали для различных операций приведены в табл.8.

Для устранения неполного отделения отхода в отверстиях вырезного шаблона необходимо применять вкладыш (рис. 16).

Вкладыш I крепится в пластине 2, которая при одновременной вырезке - пробивке создает условие для лучшего защемления припуска. Толщина пластины t_n принимается равной 1,5-2,0 мм.

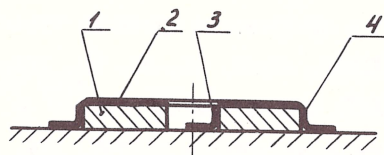


Рис.15. Вырезка-пробивка с неполным отделением припуска и отхода от контура детали:

1 - вырезной шаблон; 2 - деталь; 3 - неотделившийся отход; 4 - неотделившийся припуск.

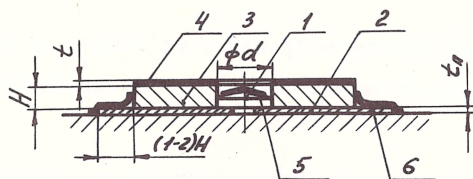


Рис.16. Вырезка-пробивка с полным отделением припуска и отхода от контура детали при применении вкладыша:

1 - вкладыш; 2 - пластина; 3 - вырезной шаблон;
4 - деталь; 5 - отделившийся отход; 6 - отделившийся припуск.

Таблица 8

МЕРОПРИЯТИЯ ПО УСТРАНЕНИЮ ВОЗМОЖНОГО НЕПОЛНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
ПРИПУСКА ОТ КОНТУРА ДЕТАЛИ ПРИ ВЫРЕЗКЕ-ПРОБИВКЕ ПОЛИУ-
РЕТАНОМ

Неполное отделение припуска от контура детали	Толщина заготовки, мм	Пути устранения неполного отделения припуска от контура детали	Мероприятия по устранению неполного отделения припуска от контура детали
Вырезка по наружному контуру	до 0,5	Увеличить давление вырезки	Заменить универсальный блок на блок с большим давлением
		Увеличить высоту вырезного шаблона на 20-30% и величину припуска	Под вырезной шаблон подложить пластину 2 (рис. 16).
Пробивка отверстий диаметром $3t < d < (8 \div 12)t$ и пазов шириной $2t < b < (10 \div 15)t$	до 0,5	Улучшить защемление отхода в отверстиях вырезного шаблона.	Применить вкладыш (рис. 16, 17).

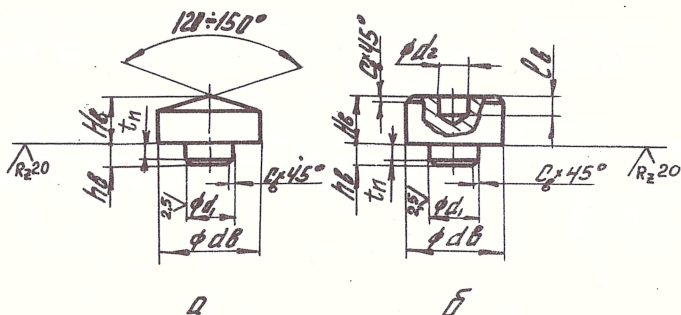


Рис. 17. Конструкции вкладышей:
а - конусный вкладыш; б - вкладыш с отверстием.

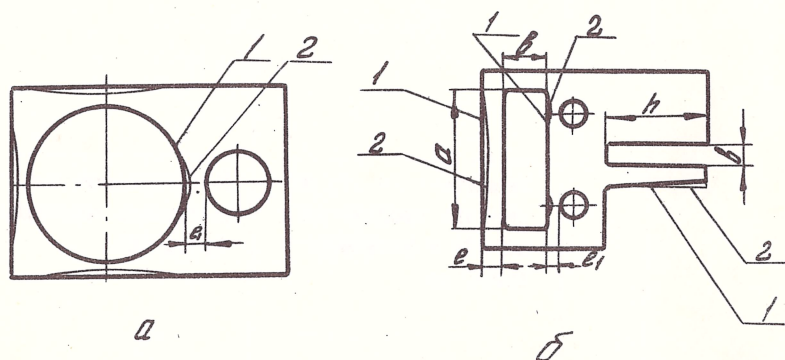


Рис. 18. Возможное искажение размеров детали из-за утяжки материала при вырезке-пробивке полиуретаном:

1 - контур правильный; 2 - контур искаженный;
а - деталь с отверстиями круглой формы; б - деталь с отверстиями круглой и прямоугольной формы и пазом.

Для лучшего заземления материала заготовки в отверстие вырезного шаблона торец вкладыша делается конусным с углом конуса, равным $120-150^\circ$ (рис. 17, а) или в нем засверливается отверстие (рис. 17, б).

Размеры конструктивных элементов вкладышей приведены на рис. 17.

1.5.3. Искажение формы и размеров детали за счет утяжки материала может иметь место:

- при наличии в детали небольших перемычек между отверстиями или между отверстиями и пазами, размеры которых отличаются друг от друга на значительную величину (рис. 18, а, б);

- при наличии в детали небольших перемычек между наружным контуром детали и узким и длинным отверстием или пазом с соотношением размеров $\frac{a}{b} \geq 5$ и $\frac{h}{b} \geq 5$ (см. рис. 18, б).

Утяжка материала происходит в силу того, что давления, необходимые для вырезки или пробивки отдельных элементов контура, могут отличаться друг от друга на значительную величину. Отдельные участки детали, вырезанные при малых давлениях, будут утягиваться в сторону элементов контура, требующих для вырезки больших давлений.

Мероприятия по предупреждению возможного искажения формы и размеров деталей приведены в табл. 9.

Для устранения возможного искажения формы отверстий при их одновременной пробивке в отверстие вырезного шаблона большего диаметра необходимо устанавливать вкладыш (рис. 19).

Вкладыш 1 крепится в пластине 2, которая при одновременной вырезке - пробивке создает условие для лучшего заземления припуска. Толщина пластины t_{II} принимается равной 1,5-2,0 мм.

Таблица 9

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ВОЗМОЖНОГО ИСКАЖЕНИЯ ФОРМЫ
И РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВЫРЕЗКЕ-ПРОБИВКЕ ПОЛИУРЕТАНОМ

Искажение формы и размеров деталей	Размер перемычки	Пути,предупреждающие искажение формы и размеров деталей	Мероприятия по предупреждению искажения формы и размеров деталей
При одновременной пробивке круглых отверстий, диаметры которых значительно отличаются друг от друга (см. рис. 18а)	$e_I = (4 \div 5)t$ для пластичных материалов, $e_I = (3 \div 4)t$ для малопластичных материалов	Выравнивание давлений пробивки отверстий	Установка вкладыша в отверстие большего диаметра (см.рис.19)
При одновременной пробивке отверстий круглой и прямоугольной формы,размеры которых значительно отличаются друг от друга (см. рис. 18б)	То же	Выравнивание давлений пробивки отверстий и пазов	Установка вкладыша в отверстие большего размера
При пробивке отверстий, пазов и выступов прямоугольной формы с отношением размеров $\frac{a}{b} \geq 5$ и $\frac{h}{b} \geq 5$ (см.рис.18в)	$e = (5 \div 6)t$ для пластичных материалов, $e = 4t$ для малопластичных материалов	Выравнивание давлений вырезки по наружному контуру и пробивки отверстий или пазов	Установка опорной рамки (см.рис.13,в)

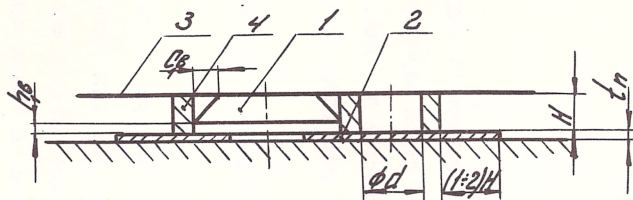


Рис. 19. Предупреждение возможного искажения формы и размеров детали при помощи профилированного вкладыша:

- 1 - вкладыш; 2 - пластина; 3 - заготовка;
4 - вырезной шаблон.

Размеры вкладыша принимаются равными:

- ширина конусной поверхности

$$c_{IV} = 0,5 d,$$

где d - диаметр минимального отверстия детали, мм;

- высота цилиндрического пояса

$$h_{IV} = 0,3 H,$$

где H - высота вырезного шаблона, мм.

2. ВЫРЕЗКА ГРУППЫ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТА

2.1. Групповую вырезку можно осуществлять из общей заготовки, когда в комплект входят детали одной марки материала и толщины или из индивидуальных заготовок для каждой детали, когда в комплект входят детали разных марок материалов и толщин [7].

Примеры группового раскроя деталей различной конфигурации показаны на рис. 20.

2.2. Вырезные шаблоны, входящие в комплект, устанавливаются на подштамповую плиту контейнера без дополнительного крепления согласно требованиям группового раскроя деталей.

Если в комплект входят не более трех вырезных шаблонов простой формы, их устанавливают непосредственно на подштамповую плиту (рис. 21, а).

Если в комплект входят более трех вырезных шаблонов сложной формы, для облегчения их установки следует изготовить пластину толщиной 1 мм (см. рис. 21, б), в которой предусмотрены окна, имеющие контур вырезных шаблонов.

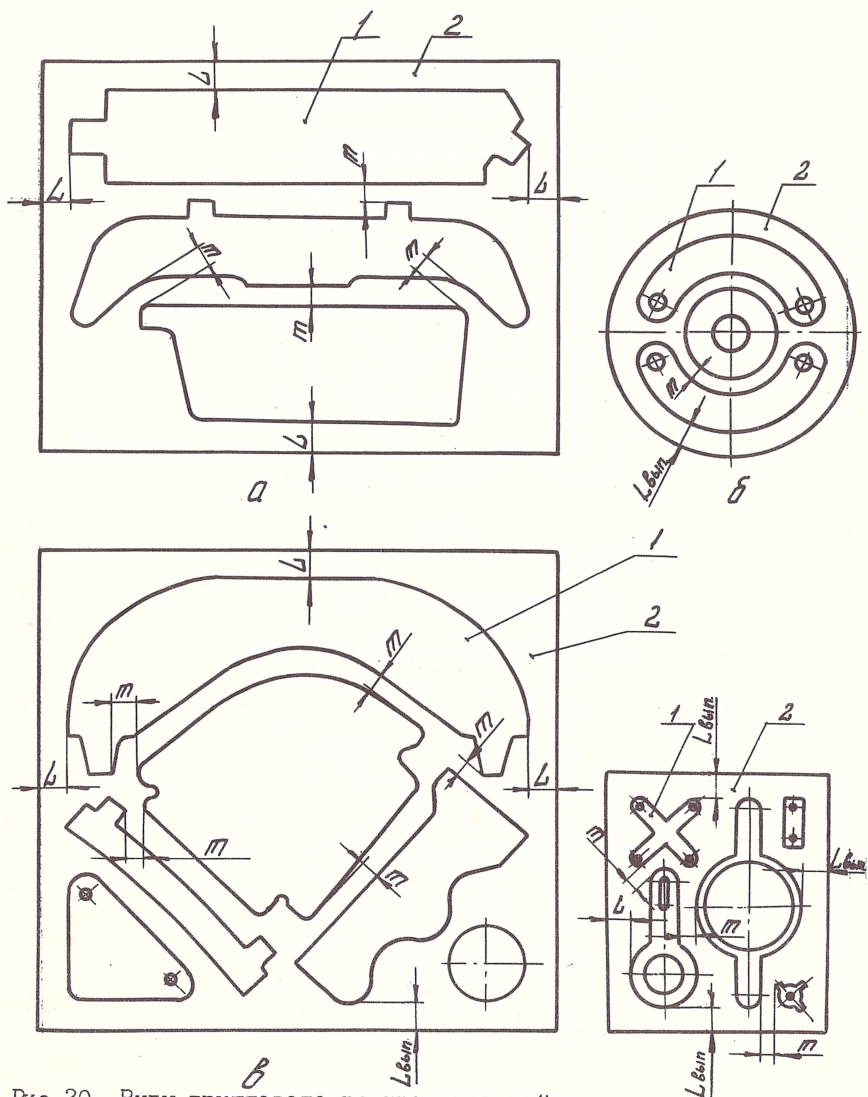


Рис.20. Виды группового раскроя деталей:

1 - деталь; 2 - заготовка;

а - раскрой деталей прямолинейного контура;

б, в - раскрой деталей криволинейного контура;

г - раскрой деталей прямолинейного и криволинейного контуров.

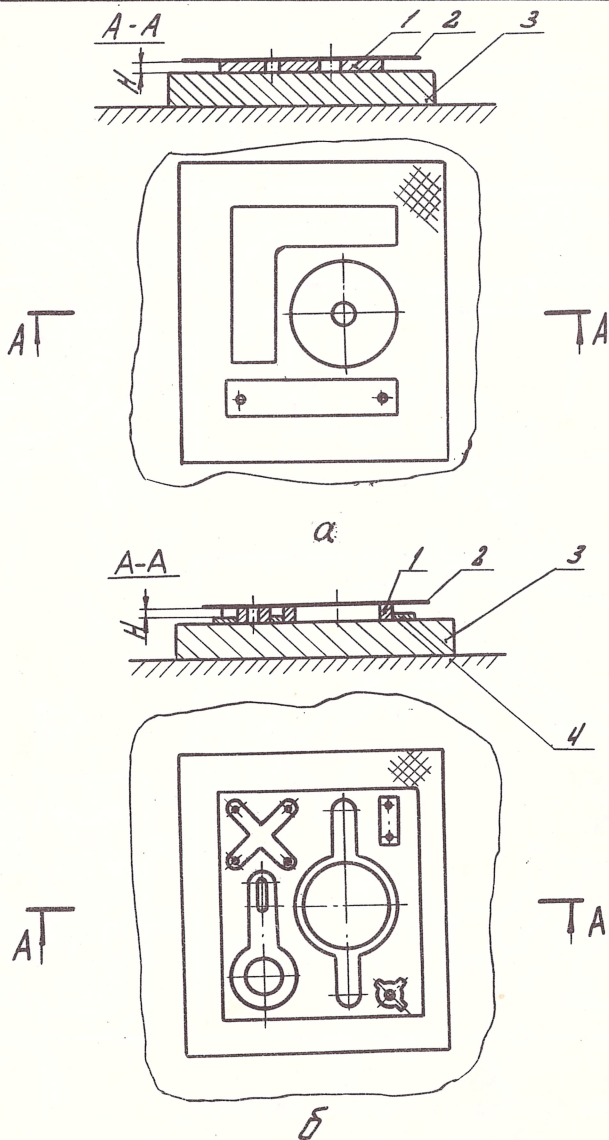


Рис.21.Схемы установки вырезных шаблонов при групповой вырезке деталей:

1 - вырезной шаблон; 2 - заготовка; 3 - подштамповая плита; 4 - пластина.

Пластина должна выступать за кромку вырезного шаблона на величину, равную $(1 \div 2) H$. Со стороны заготовки пластина должна иметь шероховатость поверхности не более $R_{\text{z}} 30$ $\checkmark$).

Для групповой вырезки деталей типа дисков и шайб рекомендуется изготавливать один вырезной шаблон, конструкция которого приведена на рис. 22, 23.

* Высота вырезных шаблонов для групповой вырезки деталей определяется по формуле (I).

При использовании пластины (см. рис. 21, б) высота вырезных шаблонов должна быть увеличена на толщину пластины.

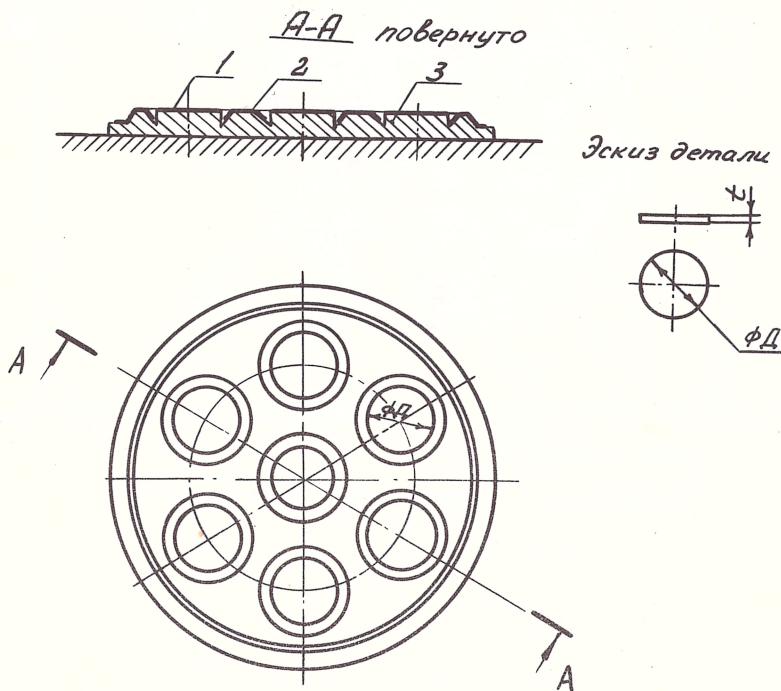


Рис. 22. Вырезной шаблон для групповой вырезки деталей типа дисков (7 штук):

1 - деталь; 2 - отход; 3 - вырезной шаблон.

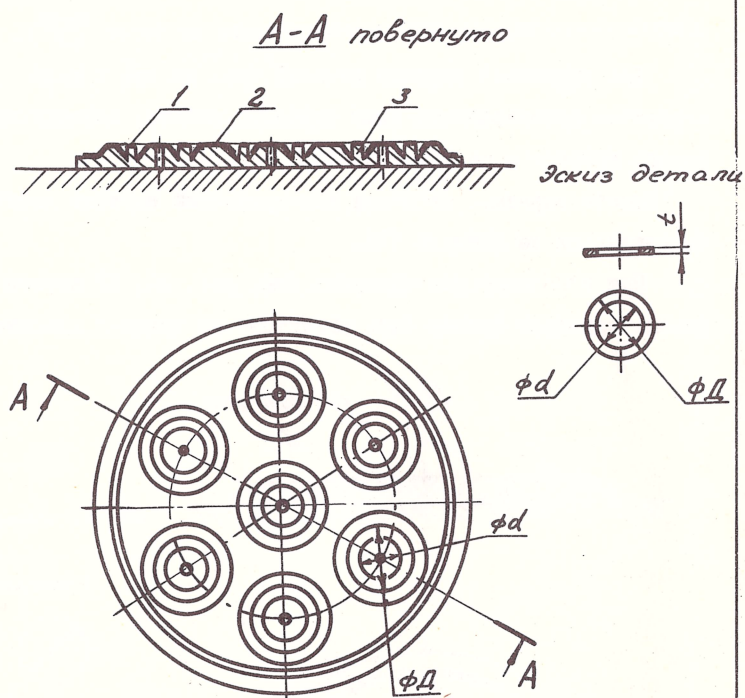


Рис.23. Вырезной шаблон для групповой вырезки деталей типа шайб (7 штук):

1 - деталь; 2 - отход; 3 - вырезной шаблон.

2.3. Давление, необходимое для групповой вырезки деталей из общей заготовки, определяется из условия вырезки вогнутого элемента профиля одной из деталей комплекта, имеющего наименьший радиус кривизны.

Давление, необходимое для групповой вырезки - пробивки деталей из общей заготовки, определяется из условия пробивки наименьшего из отверстий или пазов, имеющих на деталях, входящих в комплект.

Давление, необходимое для групповой вырезки-пробивки деталей из индивидуальных заготовок, определяется из условия вырезки-пробивки детали, требующей наибольшего давления.

2.4. Величина внешнего припуска на обрезку (см. рис. 20) определяется по формулам (I3)-(I6).

2.5. Расстояние между вырезными шаблонами (см. рис. 20) определяется по формуле

$$m = \frac{2t \cdot 68}{9}, \quad (I7)$$

где m - расстояние между вырезными шаблонами, мм .

3. ВЫРЕЗНЫЕ ШАБЛОНЫ

3.1. Вырезной шаблон при вырезке-пробивке полиуретаном выполняет роль пуансона - матрицы, поэтому его контур должен полностью соответствовать контуру вырезаемой детали [8].

Боковые грани вырезных шаблонов, предназначенных для вырезки деталей с габаритами свыше 100 мм из материалов толщиной до 0,5 мм, следует выполнять под углом α к рабочей поверхности, равным 90° (рис. 24, а).

Боковые грани вырезных шаблонов, предназначенных для вырезки деталей с габаритами до 100 мм из материалов тол-

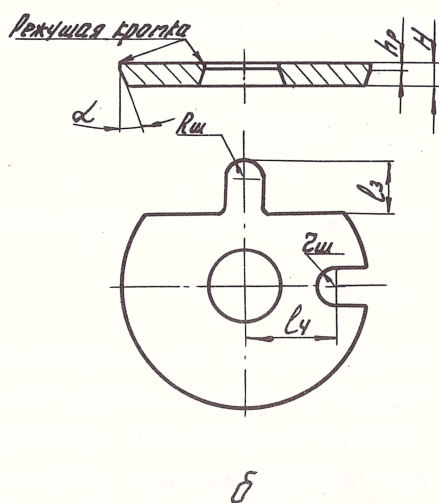
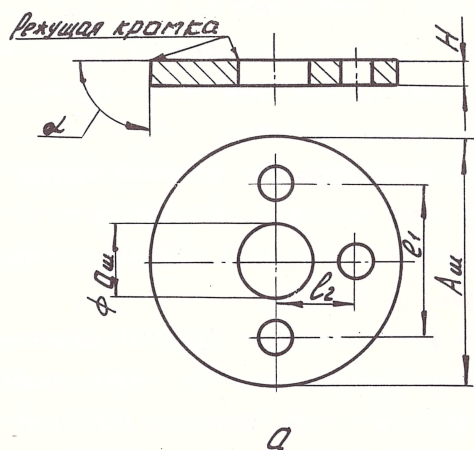


Рис.24. Конструкции вырезных шаблонов:

а - без скоса боковой грани;

б - со скосом боковой грани.

шиной свыше 0,5 мм, следует выполнять со скосом под углом α к рабочей поверхности, равным 15-20° (см. рис. 24, б).

Наличие скоса на боковой грани вырезного шаблона значительно облегчает съём отхода.

Рабочий поясok на боковой грани вырезного шаблона позволяет производить многократную переточку для восстановления острых режущих кромок вырезного шаблона.

Высота рабочего пояска h_p принимается равной 0,3н.

3.2. Шероховатость поверхностей вырезного шаблона, сопри-
касающихся с деталью в процессе вырезки, должна быть не ниже $0,8 \checkmark$.

Режущие кромки вырезного шаблона должны быть острыми.

Закругления и забоины на режущей кромке не допускаются.

3.3. Высота вырезного шаблона определяется по формуле (I).

3.4. Расчет исполнительных размеров вырезного шаблона, относящихся к размерам валов (см. рис. 24, а), производится по формуле

$$A_{ш} = A - \Delta - \frac{\delta_A}{2}, \quad (I8)$$

где $A_{ш}$ - исполнительный размер вырезного шаблона, мм ;

A - номинальный размер детали, мм ;

Δ - величина отклонения размера детали от соответствующего размера вырезного шаблона (табл. 7), мм ;

δ_A - допуск на размер A , мм.

Расчет исполнительных размеров вырезного шаблона, относящихся к размерам отверстий (см. рис. 24, а), производится по формуле

$$a_{ш} = a + \Delta + \frac{\delta_a}{2}, \quad (I9)$$

где $a_{ш}$ - исполнительный размер вырезного шаблона, мм ;

a - номинальный размер детали, мм ;

δ_a - допуск на размер a , мм.

Размеры вырезного шаблона, не относящиеся к размерам отверстий и валов, $\ell_1, \ell_2, \ell_3, \ell_4$ (см. рис. 24, а, б) (координаты центров отверстий, пазов, радиусов, длины выступов, глубины пазов) должны быть равны соответствующим размерам вырезаемой детали.

Расчет радиусов выступов вырезного шаблона (см. рис. 24, б) производится по формуле

$$R_{\text{ш}} = R - \frac{\Delta}{2}, \quad (20)$$

где R - соответствующий радиус детали, мм .

Расчет радиусов впадин вырезного шаблона (рис. 24, б) производится по формуле

$$r_{\text{ш}} = r + \frac{\Delta}{2}, \quad (21)$$

где r - соответствующий радиус детали, мм .

3.5. Предельные отклонения размеров вырезного шаблона, относящихся к размерам отверстий или валов, рекомендуется брать на два класса выше предельных отклонений соответствующих размеров детали.

Предельные отклонения размеров вырезного шаблона, не относящихся к размерам валов или отверстий (координаты центров отверстий, пазов, радиусов, длины выступов, глубины пазов, радиусы), рекомендуется брать равными половине допуска на соответствующие размеры детали.

3.6. Шаблоны простой конфигурации толщиной свыше 2-3 мм, не имеющие резких перепадов сечений, рекомендуется изготавливать из инструментальной стали марок У8, У8А, У10, У10А (ГОСТ 1435-54), обеспечивающих твердость HRC 56...60.

Более тонкие и сложные по конфигурации шаблоны, имеющие резкие перепады сечений, рекомендуется изготавливать из сталей марок Х12, Х12М, Х12Ф, Х12Ф1 (ГОСТ 5950-73), имеющих небольшое коробление и усадку при термообработке и обеспечивающих твердость HRC 56...60.

Шаблоны особо сложной конфигурации рекомендуется изготавливать из стали мартенситного класса МС-200 ООНИ8КЭМ5Т (ЧМТУ 1-449-68), имеющей наименьшее коробление и усадку при термообработке и обеспечивающей твердость HRC 50...58.

Вырезку небольшого количества деталей из алюминиевых и медных сплавов (АМцМ, Д16АМ, АМг6М, М1, М2, М3, Л63) толщиной менее 1,5 мм можно производить на незакаленных вырезных шаблонах.

3.7. Ориентировочная стойкость шаблонов, изготовленных без термической обработки, составляет 50-100 деталей.

Ориентировочная стойкость шаблонов, изготовленных с термической обработкой, составляет:

- при вырезке деталей из материалов невысокой прочности ($\sigma_b \leq 25 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$) - 50-60 тыс. деталей ;

- при вырезке деталей из более прочных материалов - 20-30 тыс. деталей.

3.8. Режущие свойства шаблонов восстанавливаются перешлифовкой плоскости шаблона со стороны рабочего пояса (см. рис. 24, б).

4. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ БЛОКИ

4.1. Конструкции универсальных блоков

4.1.1. В качестве оснастки для вырезки-пробивки полиуретаном из штучных заготовок рекомендуется применять универсальные блоки [9] (рис.25, 26).

Универсальный блок состоит из верхней и нижней частей. Верхняя часть блока крепится к траверсе пресса, нижняя часть — к подштамповой плите пресса.

Нижняя часть блока состоит из подштамповой плиты I, на которую устанавливается вырезной шаблон 2 с заготовкой 3, и нижней плиты 4.

Верхняя часть блока конструктивно выполнена в виде контейнера 5 с защитной обоймой II полиуретановой подушки 6 и пластины 7 (см.рис.26).

Полиуретановая подушка запрессовывается во внутреннюю полость контейнера с натягом 0,5–1,0 мм.

Пластина 7 служит для удобства удаления износившейся полиуретановой подушки из контейнера. С этой же целью в дне контейнера сверлят два отверстия, через которые подушку выпрессовывают с помощью штырей.

Универсальные блоки, устанавливаемые на быстроходные прессы и работающие под высоким давлением (свыше 500 кгс/см²), должны быть снабжены перепускными клапанами 10 в целях предотвращения разрежения в полости контейнера и выпрессовки из него подушки при обратном ходе после вырезки. Клапаны устанавливаются в отверстия подштамповой плиты, а подклапанные пространства соединяются с атмосферой [14].

4.1.2. Установку блока на пресс можно производить по двум

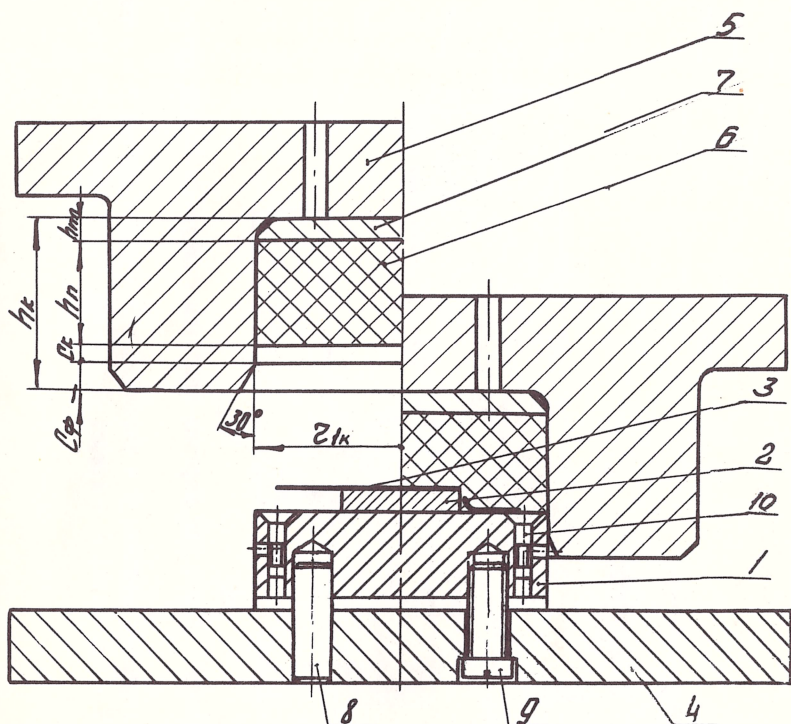


Рис.25. Типовая конструкция универсального блока для вы-
резки-пробивки полиуретаном при давлении
 $q \leq 500 \text{ кгс/см}^2$:

- 1 - подштамповая плита; 2 - вырезной шаблон;
3 - заготовка; 4 - нижняя плита; 5 - контейнер-обойма;
6 - полиуретановая подушка; 7 - пластина; 8 - штифт;
9 - винт; 10 - перепускной клапан.

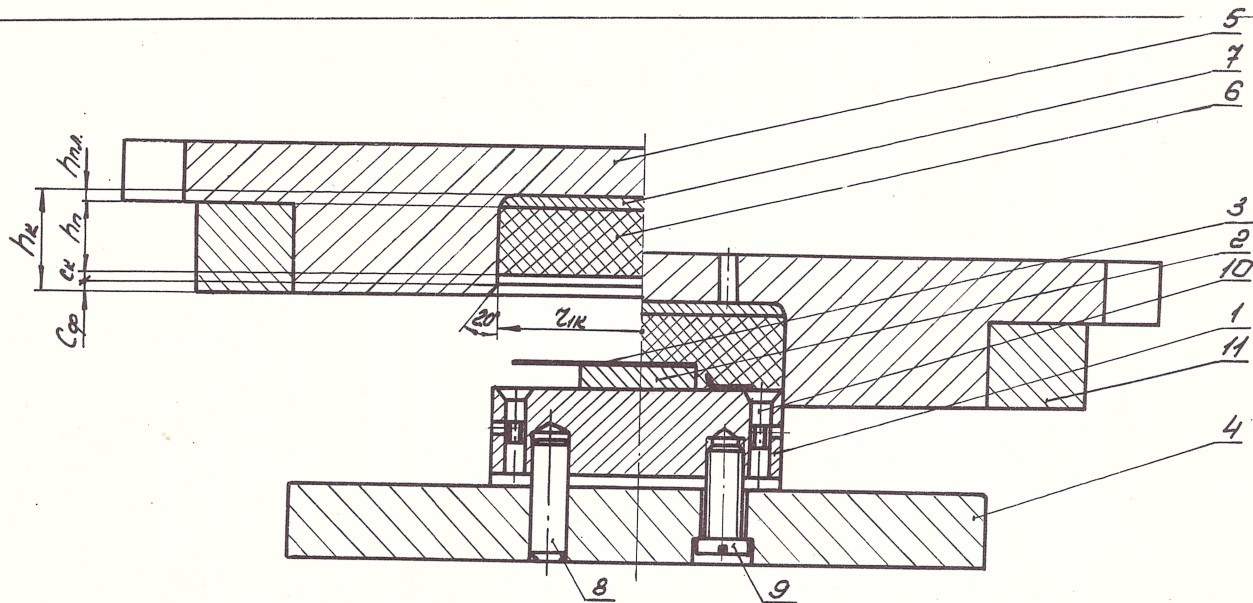


Рис.26. Типовая конструкция универсального блока для вырезки-пробивки полиуретаном при давлении $500 < p \leq 1000 \text{ кгс/см}^2$:

I - подштэпсовая плита; 2 - вырезной шэблон; 3 - заготовка; 4 - нижня плита; 5 - контейнер;
 6 - полиуретановая подушка; 7 - пластинэ; 8 - штифт; 9 - винт; IO - перепускной клапан;
 II - защитная обойма.

схем:

- для контейнеров больших размеров (диаметром свыше 200-300 мм) - верхнее расположение контейнера и нижнее расположение подштамповой плиты (см. рис. 25, 26) ;

- для контейнеров небольших размеров - нижнее расположение контейнера и верхнее расположение подштамповой плиты.

4.2. Расчет исполнительных размеров деталей универсального блока

4.2.1. Радиус внутренней полости контейнера (см. рис. 25, 26) определяется по формулам:

- при верхнем расположении контейнера

$$r_{1к} = r_z + 1,5 L_{max} ; \quad (22)$$

- при нижнем расположении контейнера

$$r_{1к} = r_z + (3 \div 5) , \quad (23)$$

где r_z - радиус круга, в который вписывается наружный контур заготовки, мм;

L_{max} - максимальный припуск материала, мм.

4.2.2. Глубина заходной части контейнера определяется по формуле

$$L_k = H_{max} + t_{max} + (2 \div 3) , \quad (24)$$

где H_{max} - наибольшая высота вырезного шаблона, мм ;

t_{max} - наибольшая толщина заготовки, мм.

4.2.3. Глубина внутренней полости контейнера (см. рис. 25) определяется по формуле

$$h_k = h_n + h_{пл} + C_k + C_{\varphi} , \quad (25)$$

где h_n - высота полиуретановой подушки, мм ;

$h_{пл}$ - толщина пластины, мм ;

C_k - глубина заходной части контейнера, мм ;

C_{φ} - ширина заходной фаски, равная 2-3 мм для контейнеров небольших размеров (до 200 мм) и 3-5 мм для больших контейнеров.

4.2.4. Радиус сопряжения цилиндрической части и дна контейнера должен быть не менее 10-15 мм.

4.2.5. Диаметр полиуретановой подушки определяется по формуле

$$D_n = 2 \gamma_{1k} + (0,5 \div 1,0) . \quad (26)$$

4.2.6. Высота полиуретановой подушки определяется по формуле

$$h_n = (4 \div 5) H_{max} \gg (25 \div 30) . \quad (27)$$

4.3. Расчет контейнеров на прочность

4.3.1. Расчет контейнеров на прочность производится по методике расчета толстостенных цилиндров, нагруженных равномерно распределенным по длине давлением (задача Ляме), изложенной в работе 16 .

✓

4.4. Технические условия на изготовление деталей универсального блока

4.4.1. Шероховатость внутренней поверхности контейнера должна быть не ниже $\sqrt{2,5}$.

4.4.2. Соприкасаемые поверхности контейнера и подштамповой плиты следует выполнять по посадке $\frac{A_3}{X_3}$.

4.4.3. Шероховатость цилиндрической X_3 поверхности подштамповой плиты должна быть не ниже $\sqrt{2,5}$.

Для более прочного защемления края заготовки в процессе вырезки шероховатость торцевой поверхности подштамповой плиты со стороны заготовки должна быть не выше $Rz 320$ или $Rz 160$ иметь пазы (см.рис.12).

4.5. Материалы деталей универсальных блоков

4.5.1. Выбор материала для контейнеров, работающих под высоким давлением, зависит от величины напряжений, напряженного состояния, числа циклов нагружения, типа конструкции, концентрации напряжений и критериев разрушения.

Для изготовления контейнеров рекомендуется применять высокопрочные конструкционные стали, обладающие достаточной пластичностью (относительное удлинение не менее 10-15%) и ударной вязкостью (не менее 4-5 кгс.м/см²).

На заготовку контейнера должен быть сертификат с указанием химического состава и механических характеристик: предела текучести, предела прочности, относительного удлинения, относительного сужения, ударной вязкости и твердости.

Если механические характеристики в сертификате не указаны, их необходимо определить испытаниями образцов.

Наиболее важными свойствами являются предел текучести, пластичность и ударная вязкость. Заготовки не должны иметь

флокенов, трещин, усадочной рыхлости, закозов, плен, неметаллических включений, песочин и других дефектов.

4.5.2. Полиуретановую подушку универсального блока рекомендуется изготавливать из полиуретана марок СКУ-7Л (ТУ 84-404-73) и СКУ-ПФЛ (ТУ 38-103-37-72).

Стойкость полиуретановых подушек зависит от давления и конфигурации вырезаемых деталей.

При вырезке деталей простой конфигурации (без узких пазов и отверстий малого диаметра) давлением до 1000 кгс/см² стойкость полиуретановых подушек составляет 10-30 тысяч деталей.

В процессе работы у полиуретана изнашивается только поверхностный слой, поэтому полиуретановые подушки можно использовать многократно. После первого износа подушку переворачивают, используя неизносившуюся поверхность в качестве рабочей. При дальнейшем износе поврежденную поверхность полиуретана обрабатывают механическим путем.

4.5.3. Подштамповую плиту универсального блока рекомендуется изготавливать из стали марки 40Х, ГОСТ 4543-71 с последующей термообработкой до твердости НРС 35-40.

4.5.4. Нижнюю плиту универсального блока рекомендуется изготавливать из стали 45, ГОСТ 1050-60 с последующей термообработкой до твердости HB228-250.

4.5.5. Защитную обойму универсального блока рекомендуется изготавливать из стали марки ст.3, ГОСТ 380-71.

5. ОБОРУДОВАНИЕ

5.1. Вырезка-пробивка полиуретаном деталей из листа осуществляется на гидравлических или специальных гидростатических прессах.

Гидравлические прессы (плунжерного типа) должны быть оснащены универсальными контейнерами, рассчитанными на требуемое давление.

В качестве специальных гидростатических прессов рекомендуется использовать прессы П-307 (давление до 400 кгс/см^2), гамму гидропрессов ВНИИМЕТМАШ: КП393, П5650, КП394, П5054 и QRD - 600 фирмы ASE A (Швеция) с давлением эластичной среды до 1000 кгс/см^2 .

В табл.10 приведены основные технические характеристики гидростатических прессов.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

6.1. Во время работы на универсальном блоке с полиуретаном возможны:

- разрыв стенки контейнера и разброс осколков;
- разрыв гидросистемы прессы;
- травмы рук;
- возникновение пожара.

6.2. Причинами опасности являются:

- наличие дефектов в материале контейнера;
- гидравлический удар в гидросистеме прессы;
- попадание рук в рабочую зону блока;
- заусенцы и острые кромки на заготовках и вырезных шаблонах;
- использование нагретой оснастки и заготовок.

6.3. Универсальный блок предназначен только для вырезки и пробивки заготовки в холодном состоянии. К работе на уни-

Таблица 10

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ
ПРЕССОВ

Наименование параметра	М о д е л ь п р е с с а					
	П-307	КП393	П5650	КП394	П5054	АРД -600
Технологическое усилие пресса, тс	•	4500	9300	12000	24000	60000
Наибольшее усилие пресса, тс	9600	-	-	-	32000	-
Давление эластичной среды, кгс/см ²	400	630	1000	640	1000	1000
Габариты рабочей части стола, мм	1200x1200	600x1130	700x1400	750x2800	1200x2000	1450x4300
Наибольшая высота штампуемой детали, мм	100	125	150	125	250	200
Ход ползуна, мм	-	100	-	300	600	-
Количество рабочих столов, шт.	2	2	2	2	4	4
Давление жидкости в главных цилиндрах пресса, кгс/см ²	-	1000	-	640	1000	1000
Установочная мощность электропривода, кВт	-	-	400	-	1600	-
Габариты установки в плане, мм	14260x8350	-	15800x8000	-	33670x15950	-
Высота пресса, мм	7350	4000	4300	4000	10070	-
Высота пресса над полом, м	-	2,1	3,62	2,1	7,2	-
Масса пресса, т	250	80	60	130	943	-

версальном блоке допускаются лица, прошедшие специальное обучение и инструктаж по технике безопасности.

6.4. Контейнер блока должен быть оснащен защитной обоймой из пластичной стали (см.рис.26) для исключения опасности разброса его осколков при разрыве. Категорически запрещается устанавливать контейнер на пресс большего усилия во избежание разрыва стенки.

Изготовленный контейнер должен пройти испытание. При испытаниях контейнера универсального блока оператор должен быть в каске и находиться за защитной стенкой.

После проведения испытаний контейнер контролируется на отсутствие трещин с помощью рентгеновской или ультразвуковой установок. Результаты испытаний должны быть оформлены соответствующим актом.

На контейнер должен быть оформлен паспорт, разрешающий испытания и эксплуатацию.

Необходимо ежедневно проверять контейнер с видимых сторон на отсутствие трещин и забоин.

Необходимо систематически прочищать отверстия для выхода воздуха из полости контейнера.

На контейнере и защитной обойме должны быть замаркированы красной краской:

- максимальная величина давления полиуретана;
- марка и усилие прессы;
- марка стали контейнера;
- допустимая высота вырезного шаблона с заготовкой;
- дата проведения испытания;
- дата повторного испытания.

6.5. Рабочая поверхность полиуретана должна быть ровной и тщательно очищена от масла, металлических частиц, грязи и т.п.

Допустимое местное разрушение полиуретана не должно превышать 5 мм.

6.6. Вырезку полиуретаном необходимо осуществлять на гидропрессе, предназначенном только для холодной листовой штамповки.

Трубопроводы высокого давления гидравлического пресса должны быть закрыты металлическими кожухами для защиты персонала от масла при возможном гидроударе в гидросистеме пресса.

6.7. Установку и съем вырезного шаблона и заготовок следует производить пинцетом.

6.8. Запрещается использование нагретой оснастки и заготовок во избежание воспламенения полиуретана.

Приложение

Пример расчета параметров техноло-
гического процесса и оснастки для
вырезки-пробивки детали полиурета-
ном

I. Расчет параметров технологичес- кого процесса

I.1. Требуется рассчитать параметры технологического
процесса вырезки - пробивки полиуретаном детали, показан-
ной на рис. I.

Материал детали-Д16АМ, ГОСТ 12592-67. Толщина детали
 $t = 0,5$ мм.

I.2. Определяем высоту вырезного шаблона по форму-
ле (1):

$$H = 3 (1 + 0,01 \cdot \sigma_{IO}) \sqrt{t} = 3 (1 + 0,01 \cdot 18) \cdot \sqrt{0,5} = 2,48 \text{ мм} \approx 2,5 \text{ мм},$$

где $\sigma_{IO} = 18\%$ (см. табл. 6).

I.3. Определяем давление вырезки наружного контура де-
тали.

Давление вырезки прямолинейного участка контура оп-
ределяем по формуле (2):

$$q = \frac{t \cdot \sigma_v}{H} = \frac{0,5 \cdot 20}{2,5} = 4 \text{ кгс/мм}^2,$$

где $\sigma_v = 20 \text{ кгс/мм}^2$ (см. табл. 6).

Давление вырезки выпуклого криволинейного участка
контура радиусом $R = 55$ мм определяем по формуле (4):

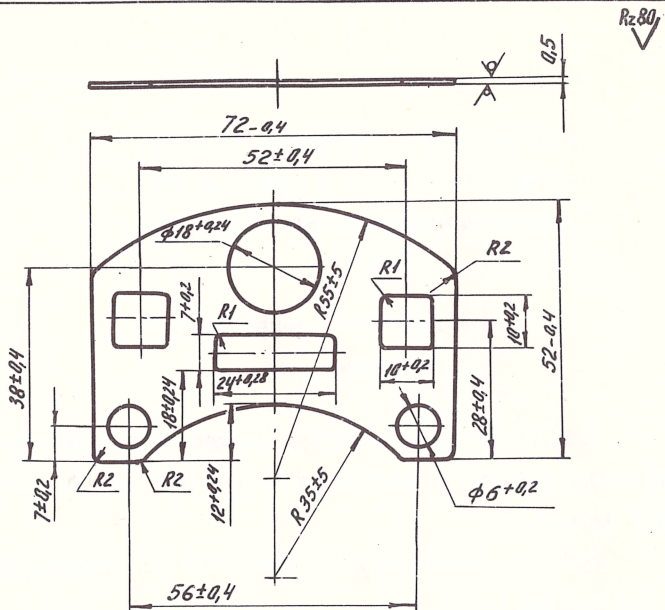
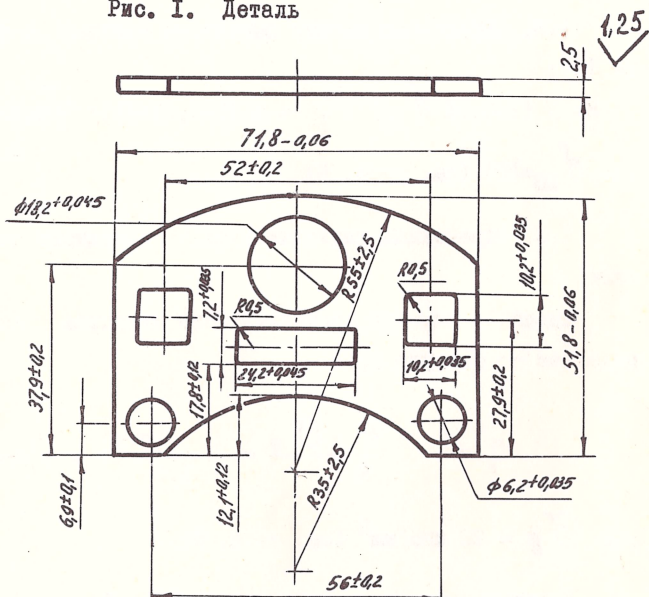


Рис. 1. Деталь



Материал: Х12М ГОСТ 5950-73, HRC 56...60

Рис. 2. Вырезной шаблон

$$q = \frac{2Rt\sigma_{\theta}}{H(2R+H)} = \frac{2 \cdot 55 \cdot 0,5 \cdot 20}{2,5(2 \cdot 55 + 2,5)} = 3,91 \text{ кгс/мм}^2.$$

Давление вырезки вогнутого криволинейного участка контура радиусом $R = 35 \text{ мм}$ определяем по формуле (6):

$$q = \frac{2Rt\sigma_{\theta}}{H(2R-H)} = \frac{2 \cdot 35 \cdot 0,5 \cdot 20}{2,5(2 \cdot 35 - 2,5)} = 4,15 \text{ кгс/мм}^2.$$

Давление пробивки отверстия диаметром $d = 18 \text{ мм}$

($d > 15t$) определяем по формуле (8):

$$q = \frac{dt\sigma_{\theta}}{H(d-H)} = \frac{18 \cdot 0,5 \cdot 20}{2,5(18 - 2,5)} = 4,64 \text{ кгс/мм}^2.$$

Давление пробивки отверстия диаметром $d = 6 \text{ мм}$

($d \leq 15t$) определяем по формуле (7):

$$q = \frac{3t\sigma_{\theta}}{d} = \frac{3 \cdot 0,5 \cdot 20}{6} = 5 \text{ кгс/мм}^2.$$

Давление пробивки прямоугольного отверстия $a = 10 \text{ мм}$

и $b = 10 \text{ мм}$ ($b > 15t$) определяем по формуле (2):

$$q = \frac{t\sigma_{\theta}}{H} = \frac{0,5 \cdot 20}{2,5} = 4 \text{ кгс/мм}^2.$$

Давление пробивки прямоугольного отверстия размерами

$a = 24 \text{ мм}$ и $b = 7 \text{ мм}$ ($b \leq 15t$) определяем по формуле (9):

$$q = \frac{2t(a+b)\sigma_{\theta}}{a \cdot b} = \frac{2 \cdot 0,5(24+7) \cdot 20}{24 \cdot 7} = 3,69 \text{ кгс/мм}^2.$$

Давление вырезки - пробивки детали определится из условия пробивки отверстия диаметром $d = 6 \text{ мм}$: $q = 5 \text{ кгс/мм}^2$.

1.4. Определяем припуск, необходимый для вырезки прямолинейного участка контура детали, по формуле (14), полагая, что подштамповая плита будет изготовлена с пазами:

$$L = 3,4n + 2t = 3,4 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0,5 = 9,5 \text{ мм.}$$

Определяем припуск, необходимый для вырезки выпуклого криволинейного участка контура детали радиусом $R = 55 \text{ мм}$, по формуле (15):

$$L_{\text{вып}} = 1,4n + \frac{(n+t)(2R+n)}{2(R+n)} =$$

$$= 1,4 \cdot 2,5 + \frac{(2,5+0,5) \cdot (2 \cdot 55 + 2,5)}{2 \cdot 0,5 (55 + 2,5)} = 9,3 \text{ мм.}$$

1.5. Определяем размеры заготовки:

- длина заготовки

$$A_z = 72 + 2 \cdot 9,5 = 91 \text{ мм ;}$$

- ширина заготовки

$$B_z = 52 + 9,5 + 9,3 = 70,8 \approx 71 \text{ мм.}$$

1.6. Определяем радиус окружности, описанной вокруг заготовки:

$$r_z = \sqrt{\left(\frac{A_z}{2}\right)^2 + \left(\frac{B_z}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{91}{2}\right)^2 + \left(\frac{71}{2}\right)^2} =$$

$$= 57,7 \approx 58 \text{ мм.}$$

2. Расчет исполнительных размеров вырезного шаблона

2.1. Расчет исполнительных размеров вырезного шаблона (рис.2) производим по формулам (18-21).

Для сплава Д16АМ толщиной 0,5 мм отклонение размеров детали от размеров шаблона $\Delta = 0,05$ мм (см.табл.7).

Расчетные значения исполнительных размеров вырезного шаблона сведены в таблицу.

3. Перечень операций при вырезке-пробивке полиуретаном

3.1. Для осуществления процесса вырезки-пробивки полиуретаном необходимо выполнить следующие операции:

- нарезать заготовку;
- обезжирить;
- установить вырезной шаблон на подштамповую плиту;
- установить заготовку на вырезной шаблон, выдерживая расчетный припуск по всему контуру;
- вырезать деталь при расчетном усилии пресса Р;
- взять вырезной шаблон с подштамповой плиты, снять с него деталь и отход;
- клеймить № детали;
- контроль ОТК.

Свободная таблица исполнительных размеров вырезного шаблона

56

Элемент наружного и внутреннего контура	Формула для расчета исполнительных размеров шаблона	Размер детали		Отклонен. размера детали от размера шаблона	Расчет исполнительных размеров шаблона	Исполнительный размер шаблона			
		Номин. размер	Допуск на размер			Исчисленный размер	Предельное отклонение	Допуск на размер	
Наружный контур	$A_w = A - \Delta - \frac{\delta A}{2}$	72	-0,4	0,05	$72 - 0,05 - \frac{0,4}{2} = 71,75$	71,8	по C ₃	-0,06	
		52			$52 - 0,05 - \frac{0,4}{2} = 51,75$	51,8			
	$R_w = R - \frac{\Delta}{2}$	55	±5		$55 - \frac{0,05}{2} = 54,975$	55	$\pm \frac{\delta R}{2}$	±2,5	
	$Z_w = Z + \frac{\Delta}{2}$	35			$35 - \frac{0,05}{2} = 34,975$	35	$\pm \frac{\delta Z}{2}$		
Отверстия и пазы	$O_w = O + \Delta + \frac{\delta O}{2}$	24	+0,28		$24 + 0,05 + \frac{0,28}{2} = 24,19$	24,2	по A ₃	+0,045	
		18	+0,24		$18 + 0,05 + \frac{0,24}{2} = 18,15$	18,2		+0,035	
		10	+0,2		$10 + 0,05 + \frac{0,2}{2} = 10,15$	10,2			
		7			$7 + 0,05 + \frac{0,2}{2} = 7,15$	7,2			
		6			$6 + 0,05 + \frac{0,2}{2} = 6,15$	6,2			
Расстояние от края детали до центра отверстия или паза	$B_w = B - \frac{\Delta}{2} - \frac{\delta A}{4}$	38	±0,4		$38 - \frac{0,05}{2} - \frac{0,4}{4} = 37,875$	37,9	$\frac{\delta B}{2}$	±0,2	
		28			$28 - \frac{0,05}{2} - \frac{0,4}{4} = 27,875$	27,9		±0,1	
		7	±0,2		$7 - \frac{0,05}{2} - \frac{0,4}{4} = 6,875$	6,9			
Расстояние от края детали до края отв.	$B_w = B - \Delta - \frac{\delta A + \delta B}{4}$	18	-0,24		$18 - 0,05 - \frac{0,4 + 0,2}{4} = 17,8$	17,8	$\frac{\delta B}{2}$	-0,12	
Глубина впадины	$\Gamma_w = \Gamma + \frac{\delta \Gamma}{2}$	12	+0,24		$12 + 0,12 = 12,12$	12,1	$\frac{\delta \Gamma}{2}$	+0,12	

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Комаров А.Д., Татко Е.М. Применение полиуретана в штампах. "Кузнечно-штамповочное производство", 1969, №3.

2. Комаров А.Д. Отверстия, ребра, контур за один удар. "Изобретатель и рационализатор", 1970, № 6.

3. Комаров А.Д. Штамповка листовых и трубчатых деталей полиуретаном. ЛДНТП, 1975.

4. Ходырев В.А. Применение полиуретана в листштамповочном производстве. Пермское книжное издательство, 1973.

5. Комаров А.Д. и др. Вырезка деталей полиуретаном. "Кузнечно-штамповочное производство", 1972, № 6.

6. Комаров А. Д. и др. Штамповка полиуретаном из листовых материалов. "Кузнечно-штамповочное производство", 1973, № 9.

7. Сапаровский С.В., Комаров А.Д. и др. Штамповка резиной. Куйбышевское книжное издательство, 1964.

8. Скобляков В.И., Мазянин Ю.М. и др. Типовые конструкции штамповочной оснастки с применением полиуретана. Информационный листок № 83 - 74, ЦНТИ. Куйбышев, 1974.

9. Скобляков В.И., Мазянин Ю.М. Универсальный контейнер для штамповки полиуретаном деталей сложных форм из стального листа. Информационный листок № 89 - 75, ЦНТИ. Куйбышев, 1975.

10. Комаров А.Д. и др. Штамп для вырезки деталей из полосы полиуретаном. Информационный листок № 115 - 72, ЦНТИ. Куйбышев, 1972.

11. Комаров А.Д. и др. Универсальный штамп для вырезки деталей из полосы полиуретаном. Информационный листок № 150 - 72, ЦНТИ. Куйбышев, 1972.

12. Комаров А.Д. и др. Применение полиуретана для вырезки листовых деталей. Информационный листок № 214 - 73, ЦНТИ. Куйбышев, 1973.

13. Комаров А.Д. и др. Применение полиуретана для чеканки подписей и рельефа. Информационный листок № 156 - 75, ЦНТИ. Куйбышев, 1975.

14. Комаров А.Д. и др. Штамп для штамповки эластичной средой. Авторское свидетельство № 437554.

15. Исаченков Е.И. и др. Пробивка листового металла эластичными средами. "Кузнечно-штамповочное производство", 1972, № 1.

• 16. Расчеты на прочность в машиностроении. Т.2.М., Машгиз, 1958.

Под редакцией д-ра техн.наук С.Д.Пономарева.

17. Механические свойства материалов под высоким давлением. Сб. статей. Вып. I, 2.М., "Мир", 1973.

18. Марочник стали для машиностроения. Изд. 2-е, исправленное. ОМТРИ 0056-002-69. М., НИИИнформ по машиностроению, 1969.

19. Бутузов Е.А. Специальные виды штамповки. М., 1963.

20. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. Л., 1971.

21. Сборник правил и руководящих материалов по котлонадзору. М., "Недра", 1974.

22. Отражение требований безопасности в конструкторской и технологической документации. Методические материалы. НИАТ, 1974.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Вырезка детали из листа и пробивка отверстий полиуретаном	4
I.1. Сущность процесса	4
I.2. Технологические возможности процесса	9
I.3. Параметры процесса	13
I.4. Точность вырезаемых деталей	29
I.5. Возможные дефекты на детали и способы их устранения	33
2. Вырезка группы деталей из листа	40
3. Вырезные шаблоны	45
4. Универсальные блоки	50
4.1. Конструкции универсальных блоков	50
4.2. Расчет исполнительных размеров деталей универсального блока	53
4.3. Расчет контейнеров на прочность	54
4.4. Технические условия на изготовление деталей универсального блока	55
4.5. Материалы деталей универсальных блоков . .	55
5. Оборудование	57
6. Техника безопасности	57

ПРИЛОЖЕНИЕ. Пример расчета параметров технологического процесса и оснастки для вырезки-пробивки детали полиуретаном . . .	61
1. Расчет параметров технологического процесса	61
2. Расчет исполнительных размеров вырезного шаблона	65
3. Перечень операций при вырезке-пробивке полиуретаном	65
Литература	66

Отв. редактор В.И.БУНИН

Редактор Н.А.Смирнова

Техн. редактор Л.В.Синицына

Т-05006 Подп. в печ. 10/II-1977г. Печ. л. 4,5 + 3 вкл.=5,25

Формат 60х90/16 Цена 67 коп. Тираж 350 экз. Зак. 504

Типография ИИИТ

