

Л.И. Рудман

Справочник конструктора штампов

Листовая штамповка

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621
ББК 34.4
Л11

Л11 **Л.И. Рудман**
Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Л.И. Рудман – М.: Книга по Требованию, 2023. – 494 с.

ISBN 978-5-458-30022-3

Приведены сведения о штампуемых материалах и рекомендации по их рациональному раскрою, методики расчета технологических параметров большинства операций листовой штамповки, исчерпывающие справочные данные для конструирования штампов. Рассмотрены особенности конструирования штампов для чистовой и скоростной штамповки, твердосплавных штампов, вопросы штамповки неметаллических материалов, ускоренного и автоматизированного проектирования штампов.

ISBN 978-5-458-30022-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

1. Наименьшие размеры перемычек и кромок, обрезаемых шаговыми ножами при штамповке мягкой стали (см. рис. 1)

Размеры, мм

Толщина материала s	Обозначение перемычки	Наибольший размер A штампуемых заготовок									
		До 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 200	Св. 200	До 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 300	Св. 300	
		Круглые и оваль- ные заготовки				Прямоугольные и фигурные заготовки					
До 0,2	a	2,0	2,2	2,5	2,8	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	
	b	1,5	1,7	2,0	2,2	2,0	2,5	3,0	3,5	3,8	
Св. 0,2 до 0,5	a	1,5	1,7	1,9	2,2	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0	
	b	1,2	1,4	1,6	1,8	1,5	1,7	2,2	2,7	3,0	
» 0,5 » 1,0	a	1,2	1,4	1,6	1,8	1,5	1,7	2,2	2,7	3,5	
	b	0,8	1,0	1,2	1,4	1,0	1,2	1,7	2,2	3,0	
» 1,0 » 1,5	a	1,5	1,7	1,9	2,1	1,9	2,1	2,6	3,1	3,5	
	b	1,1	1,3	1,5	1,7	1,4	1,6	2,1	2,6	3,0	
» 1,5 » 2,0	a	1,9	2,1	2,3	2,5	2,2	2,4	3,0	3,4	4,0	
	b	1,5	1,7	1,9	2,1	1,7	1,9	2,5	2,9	3,5	
» 2,0 » 2,5	a	2,3	2,5	2,7	2,9	2,6	2,8	3,3	3,8	4,0	
	b	1,8	2,0	2,2	2,4	2,2	2,4	2,9	3,4	3,5	
» 2,5 » 3,0	a	2,6	2,8	3,0	3,2	3,0	3,2	3,7	4,2	4,5	
	b	2,1	2,3	2,5	2,7	2,5	2,7	3,2	3,7	4,0	
» 3,0 » 3,5	a	3,0	3,2	3,4	3,6	3,4	3,6	4,1	4,6	5,0	
	b	2,5	2,7	2,9	3,1	2,9	3,1	3,6	4,1	4,5	
» 3,5 » 4,0	a	3,3	3,5	3,7	3,9	3,7	3,9	4,4	4,9	5,0	
	b	2,8	3,0	3,2	3,4	3,2	3,4	3,9	4,4	4,5	
» 4,0 » 4,5	a	3,6	3,8	4,0	4,2	4,0	4,2	4,7	5,2	6,0	
	b	3,1	3,3	3,5	3,7	3,6	3,8	4,3	4,8	5,0	
» 4,5 » 5,0	a	4,0	4,2	4,4	4,6	4,5	4,7	5,2	5,7	6,0	
	b	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,2	4,7	5,2	5,0	
» 5,0 » 6,0	a	4,2	4,5	4,8	5,0	4,5	5,5	5,5	6,0	6,5	
	b	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,5	
» 6,0 » 7,0	a	4,5	5,0	5,5	6,0	4,8	6,0	6,0	6,5	7,0	
	b	3,6	4,0	4,2	4,5	4,3	5,0	5,0	5,5	6,0	

Продолжение табл. 1

Толщина материала s	Обозначение перемычки	Наибольший размер A штампуемых заготовок									
		Круглые и оваль- ные заготовки				Прямоугольные и фи- гурные заготовки					
		До 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 200	Св. 200	До 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 300	Св. 300	
Св. 7,0 до 8,0	a	5,0	5,5	5,8	6,0	5,3	6,5	7,0	8,8	8,5	
	b	4,2	4,5	4,8	5,0	4,8	5,5	6,0	6,8	6,5	
» 8,0 » 9,0	a	5,5	6,0	6,3	6,5	5,8	7,0	7,5	8,0	8,0	
	b	4,5	5,0	5,2	5,5	5,3	6,0	6,5	7,0	7,0	
» 9,0 » 10,0	a	6,0	7,0	7,5	8,0	6,3	7,0	7,5	8,0	9,0	
	b	5,0	6,0	6,5	7,0	5,8	6,0	6,5	7,0	8,0	

Примечания: 1. Для других штампуемых материалов табличные значения перемычек следует умножить на коэффициент:

сталь средней твердости и твердая 0,9

бронза и латунь 1,2

медь, алюминий и его сплавы 1,3

магниевые сплавы 2,0

титановые сплавы:

BT1 (без подогрева) и BT5-1 (с подогревом) 1,3

BT5-1 (без подогрева) 2,0

2. При штамповке деталей сложной конфигурации с острыми углами, обращенными в сторону перемычек, табличные значения a и b следует увеличить на 25—30 % (см. рис. 1, e).

При штамповке с переворотом полосы приведенные значения a и b следует увеличить на 50 % (см. рис. 1, $ж$). При наличии бокового прижима полосы и точной подачи в штампах с боковыми ножами, а также при автоматической подаче валками и клещами допускается уменьшение приведенных в таблице значений перемычек на 20 %. При вырубке на пластинчатых штампах при $s < 3$ мм значения a и b следует увеличить в 1,5—2 раза.

2. Размеры перемычек при чистовой вырубке

Размеры, мм

Обозначение перемычки (см. рис. 1)	Толщина материала s					
	До 2,0	Св. 2,0 до 4,0	Св. 4,0 до 6,0	Св. 6,0 до 8,0	Св. 8,0 до 10,0	Св. 10,0 до 12,0
a	4,0	6,5	9,0	11,5	14,0	16,5
b	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0

3. Размеры перемычек при штамповке неметаллических материалов, кроме слоистых пластиков (см. рис. 1)

Размеры, мм

Материал	Толщина материала s				
	До 1,0	Св. 1,0 до 1,5	Св. 1,5 до 2,0	Св. 2,0 до 3,0	Св. 3,0 до 4,0
Эбонит, слюда, оргстекло при вырубке деталей:					
без острых углов	1,5	2,5	3,0	4,0	—
с острыми углами	2,0	3,0	4,0	5,0	—
Кожа, картон, бумага	1,5	2,0	2,5	3,5	4,5
Резина *, фетр *, войлок *	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0

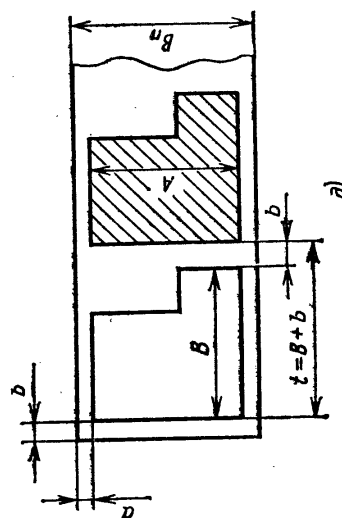
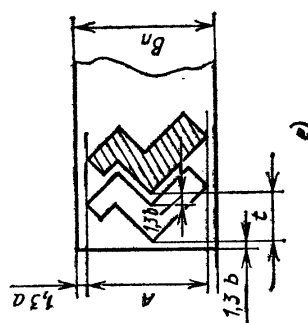
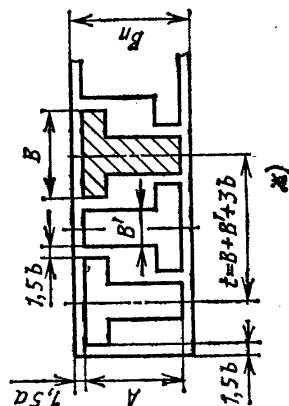
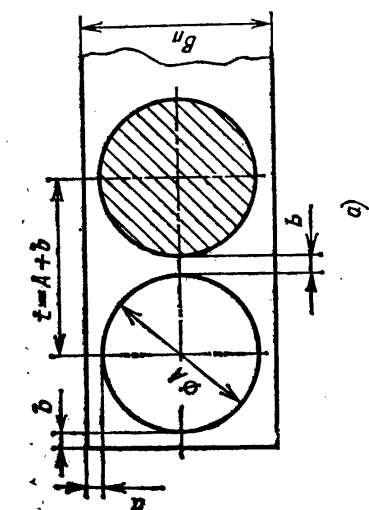
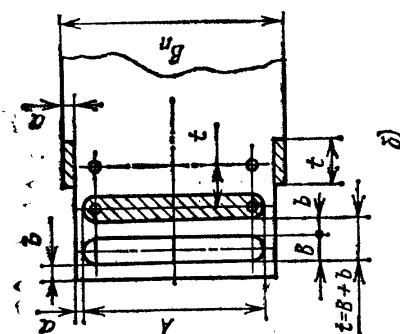
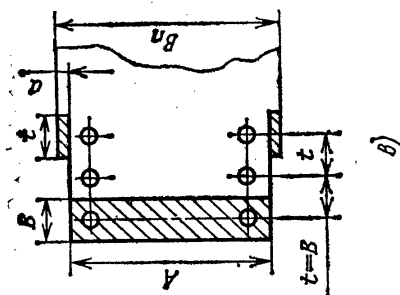
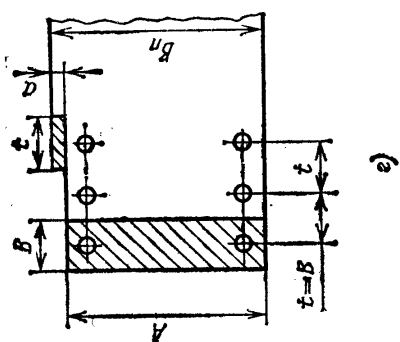
* При штамповке просечками.

сгиба размещались перпендикулярно направлению волокон прокатки или, если это возможно, под наименьшим углом α к нему (см. рис. 1, m).

При штамповке без перемычек a ширина полосы определяется размером штампуемой заготовки. При штамповке с боковыми перемычками (рис. 1, a , δ , e , $ж$, $з$, $к$) ширину полосы рассчитывают с учетом принятой схемы штампа. Если предусматривается прижим полосы (ленты) к направляющей планке, то ширина полосы не зависит от зазора между направляющими планками и полосой:

$$B_{\Pi} = (A + 2a + \delta)_{-\delta}, \quad (3)$$

где δ — допуск на ширину полосы, принимаемый для случая раскроя листов на полосы с применением гильотинных или многодисковых ножниц — по табл. 5 и 6, для стандартных лент по соответствующим ГОСТам. Если же в штампе предусматривается свободное перемещение полосы (ленты), то ее ширину рассчитывают из условия, чтобы при наибольшем смещении полосы (ленты) в одну сторону боковая перемычка не была меньше a (рис. 2). При этом между направляющими 2 и 5 и полосой 6 должен быть обеспечен некоторый гарантированный наименьший зазор z_n , а допуск на расстояние $B_{\Pi л}$ между направляющими планками должен составлять δ' .



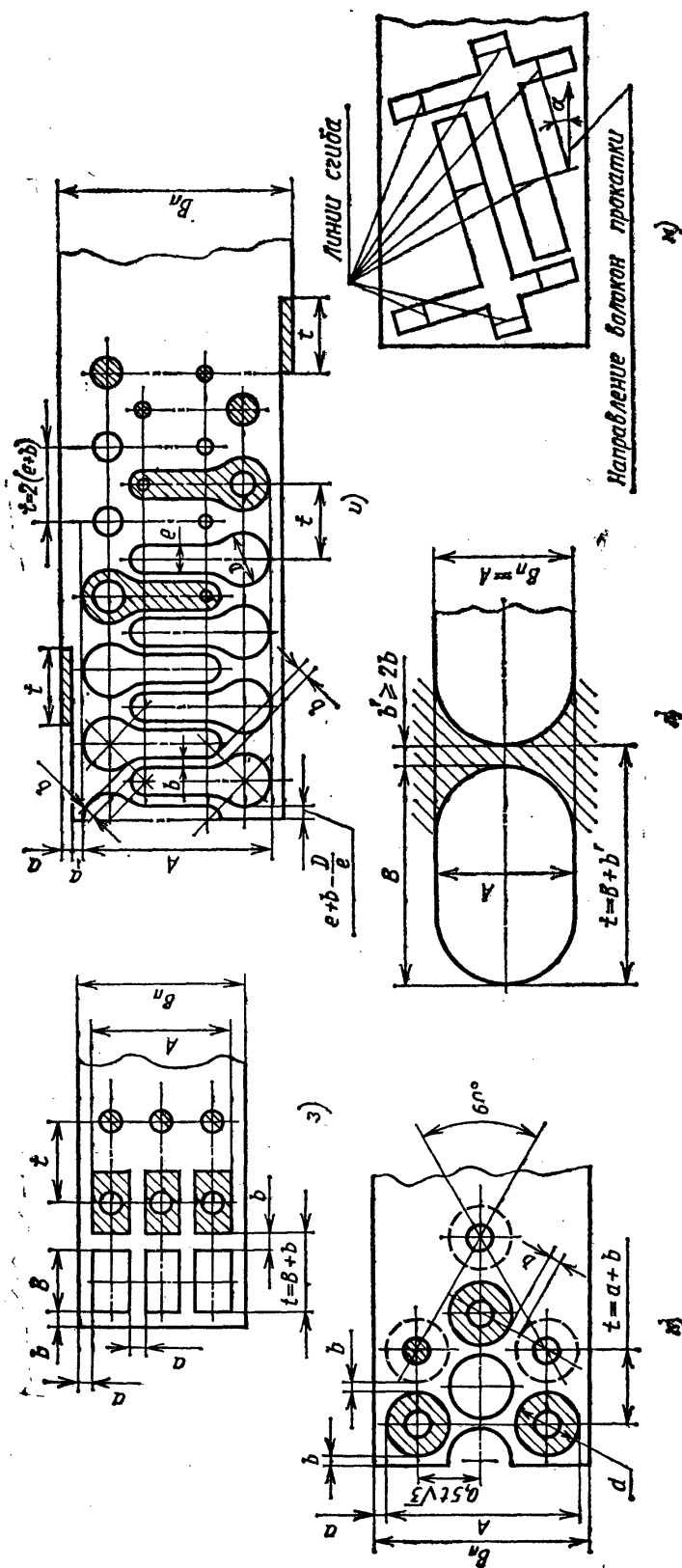


Рис. 1. Схемы раскроя полюсы:

а — вырубка круглых заготовок; *б* — пробивка и вырубка с перемычками в штампе с двумя шаговыми ножами; *в* — пробивка и отрезка без перемычек в штампе с двумя шаговыми ножами; *г* — то же, с одним шаговым ножом; *д* — вырубка прямоугольных и фигурных заготовок; *е* — вырубка фигурных заготовок, повернутых острыми углами к краям заготовки; *ж* — вырубка с переворотом полос; *з* — многорядная пробивка и вырубка; *и* — двухрядная штамповка; *к* — многорядная штамповка круглых заготовок; *л* — разрезка; *м* — расположение заготовок относительно волокон металла катки металла

Размеры, мм

Материал	Толщина материала s	Пробивка отверстий						Вырубка контура					
		диаметром 0,8—5		диаметром св. 5		сложной формы с острыми углами любых размеров		с плавными очертаниями размерами до 100×10		с острыми углами размерами до 100×100		любой формы размерами св. 100×100	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Гетинакс	До 1,0 Св. 1 до 2,0 » 2,0 » 3,0	3,2 1,8 1,4	2,8 1,7 1,4	3,4 1,9 1,3	3,0 1,7 1,4	3,5 2,0 1,4	3,4 1,9 1,5	3,0 1,8 1,4	2,8 1,7 1,2	3,2 2,0 1,6	2,8 1,8 1,5	3,6 2,2 2,0	3,4 2,0 1,9
Текстолит	До 1,5 Св. 1,5 до 3,0	2,4 1,2	2,3 1,2	2,5 1,3	2,4 1,2	2,5 1,3	2,5 1,2	1,8 1,5	1,8 1,1	1,8 1,5	1,8 1,4	1,8 1,6	1,7 1,6
Стекло-текстолит	До 1,5 Св. 1,5 до 3,0	1,3 1,2	1,3 1,2	1,4 1,3	1,3 1,3	1,4 1,3	1,4 1,3	1,2 1,1	1,2 1,1	1,5 1,4	1,4 1,3	1,5 1,4	1,5 1,4
Стекло-локнит	До 1,5 Св. 1,5 до 3,0	1,8 1,5	1,7 1,4	2,2 2,0	2,0 1,8	2,2 2,0	2,0 1,8						Штамповка не производится

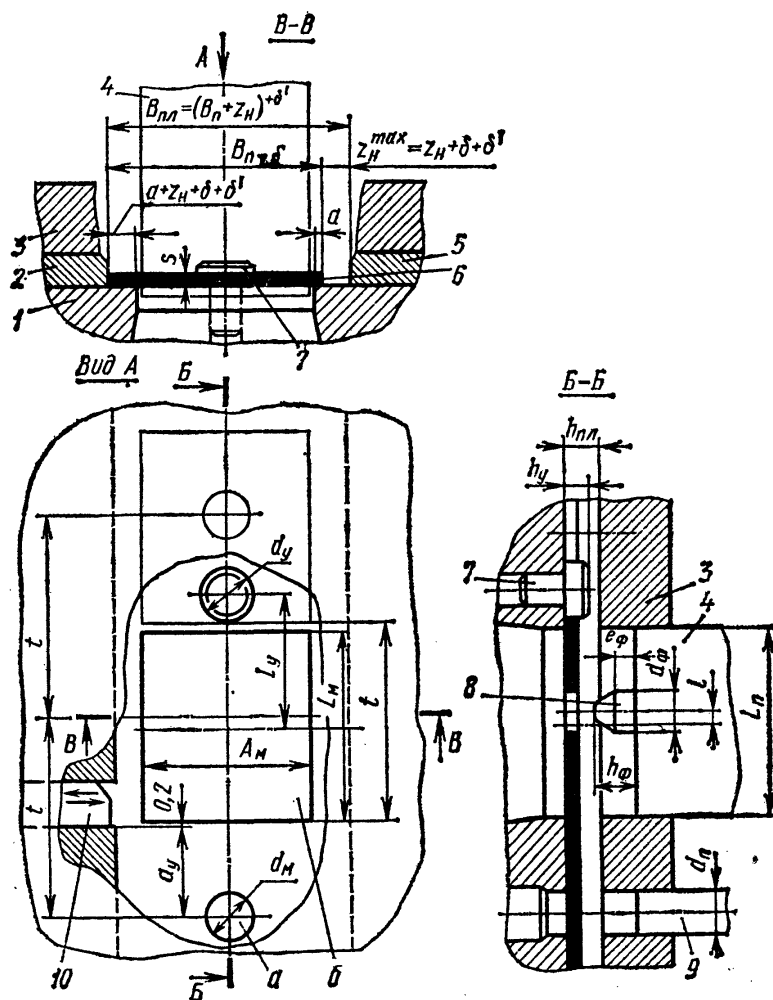


Рис. 2. Схема штампа последовательного действия с разовым и грибовым упорами и фиксатором:

1 — матрица; 2, 5 — направляющие планки; 3 — съемник; 4 — пуансон для вырубki; 6 — исходная полоса; 7 — грибовый упор; 8 — фиксатор; 9 — пуансон для пробивки; 10 — разовый упор

5. Допуски δ на ширину полос, нарезанных на гильотинных ножницах

Размеры, мм

Ширина полосы	Толщина материала s				
	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 10
До 50	0,4	0,5	0,7	0,9	1,8
Св. 50 до 100	0,5	0,6	0,8	1,0	2,0
» 100 » 150	0,6	0,7	0,9	1,1	2,5
» 150 » 220	0,7	0,8	1,0	1,2	3,0
» 220 » 300	0,8	0,9	1,1	1,3	4,0

6. Допуски δ на разрезку ленты на многодисковых ножницах

Размеры, мм

Толщина материала s	Ширина ленты					
	До 100	Св. 100 до 300	Св. 300	До 100	Св. 100 до 300	Св. 300
До 0,1	0,10	0,15	0,25	0,05	0,08	0,15
Св. 0,1 до 0,63	0,20	0,30	0,40	0,10	0,15	0,25
» 0,63 » 1	0,30	0,40	0,50	0,20	0,25	0,35
» 1 » 3,6	0,40	0,50	0,60	0,30	0,35	0,45

В наиболее неблагоприятном случае наибольший зазор

$$z_{\text{н}}^{\text{max}} = z_{\text{н}} + \delta + \delta'.$$

При этом расстояние от правой кромки матрицы 1 до края полосы 6 должно сохранять значение a . Следовательно, должно соблюдаться равенство

$$B_{\text{п}} - \delta = A + a + z_{\text{н}} + \delta + \delta' + a,$$

откуда

$$B_{\text{п}} = [A + 2(a + \delta) + z_{\text{н}} + \delta']_{-\delta}, \quad (4)$$

где $z_{\text{н}}$ и δ' принимают по табл. 7.

Рассчитанная по формуле (4) ширина полосы (ленты) при самых неблагоприятных условиях штамповки гарантирует сохранение наименьшего значения перемычки a .

При штамповке с боковым прижимом зазор не должен быть меньше $z_{\text{н}}$, однако его фактическая величина определяется конструктивно.

Если штамповка осуществляется с применением шаговых ножей и расстояние между ножами равно ширине штампуемой детали (см. рис. 1, в), то ширину полосы также рассчитывают по формуле (4). Если же после обрезки полосы шаговыми ножами остается еще боковая перемычка a , то при штамповке с одним шаговым ножом ширину полосы рассчитывают по формуле

$$B_{\text{п}} = [A + 3a + 2\delta + z_{\text{н}} + \delta' + \delta_{\text{нж}}]_{-\delta}, \quad (5)$$

а при штамповке с двумя шаговыми ножами (см. рис. 1, б и и)

$$B_{\text{п}} = [A + 2(2a + \delta) + z_{\text{н}} + \delta' + \delta_{\text{нж}}]_{-\delta}, \quad (6)$$

7. Гарантированный наименьший зазор z_H между направляющими планками и полосой (лентой) и допуск δ' на расстояние между направляющими планками

Размеры, мм

Ширина полосы	Допуск δ'	Зазор z_H при толщине s штампующего материала				
		До 1,0	Св. 1,0 до 2,0	Св. 2,0 до 3,0	Св. 3,0 до 5,0	Св. 5,0
До 10	0,15	0,50	0,75	1,00	1,00	1,50
Св. 10 до 50	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	1,50
» 50 » 80	0,30	0,75	0,80	1,00	1,20	1,50
» 80 » 120	0,35	1,00	1,00	1,20	1,40	2,00
» 120 » 180	0,40	1,00	1,20	1,40	1,60	2,00
» 180 » 250	0,46	1,20	1,40	1,50	2,00	2,50
» 250 » 315	0,52	1,20	1,40	1,50	2,00	2,50

Примечание. Значения z_H приведены для однорядного раскроя полосы. В случае применения раскроя с переворотом полосы (см. рис. 2, ж) приведенные значения z_H следует увеличить на 50—70 %.

где $\delta_{HЖ}$ — допуск на расстояние от базовой планки до шагового ножа или на расстояние между шаговыми ножами, который определяют из зависимости $\delta_{HЖ} = 0,25\delta'$ и округляют до 0,1 мм [см. гл. 2, формулу (47)]. Выражение в квадратных скобках — номинальное значение ширины полосы $B_{п}^{ном}$.

По рассчитанной ширине полосы определяют число полос, получаемых из листа с заданными размерами, а по длине полосы и шагу t вырубki — число заготовок, получаемых из полосы. После этого вычисляют общее число заготовок (деталей) n_d , получаемых из листа, норму расхода материала и коэффициент его использования.

Пример. Определить ширину полосы для вырубki детали (см. рис. 1, а).

Исходные данные: $A = 100$ мм, $s = 1$ мм, материал — сталь 20. По табл. 1 находим значения перемычек $a = 1,4$ мм и $b = 1,0$ мм. По табл. 5 и 7 находим $\delta = 0,6$ мм; $z_H = 1,0$ мм; $\delta' = 0,35$ мм.

Ширина полосы по формуле (4): $B_{п} = [100 + 2(1,4 + 0,6) + 1 + 0,35]_{-0,6} = 105,35_{-0,6}$ мм.

Округляем до $105,5_{-0,6}$ мм.

При этом расстояние между направляющими планками

$$B_{пл} = [B_{п} + z_H]^{+\delta'} = [105,5 + 1,0]^{+0,35} = 106,5^{+0,35} \text{ мм.}$$

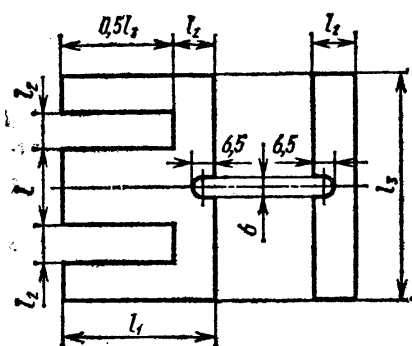


Рис. 3. Пара деталей магнитопровода

При самых неблагоприятных условиях наименьшая перемычка

$$a = 105,5 - 0,6 - \frac{106,85}{2} - \frac{100}{2} = 1,475 \text{ мм.}$$

Оптимальную схему раскроя полосы для штамповки конкретных деталей в каждом отдельном случае определяют путем анализа нескольких вариантов с учетом достоинств и преимуществ каждого из них. Не всегда оказывается выгодным малоотходный раскрой без перемычек в полосе. Хотя он исключает потерю металла

на образование перемычек, однако иногда приводит к резкому увеличению потерь на концевые неиспользуемые остатки полос длиной $L_{\text{ост}}$, которые могут быть исключены лишь при штамповке из ленточного (рулонного) материала. Штампы для осуществления малоотходной штамповки без перемычек в полосе требуют, как правило, более высокой точности изготовления, наличия шаговых ножей, обеспечения высокой точности шага подачи полосы и т. д.

Пример. Определить ширину полосы для четырех вариантов раскроя при штамповке двух деталей магнитопровода — Ш-образной и прямой (рис. 3). Исходные данные: $l = 24 \text{ мм}$, $l_1 = 50 \text{ мм}$; $l_2 = 12,5 \text{ мм}$; $l_3 = 75 \text{ мм}$; материал — электротехническая кремнистая сталь; $s = 0,3 \text{ мм}$.

Вариант 1. На рис. 4, а показана схема малоотходного раскроя полосы, при котором за каждый ход пресса получают одну пару деталей. Достоинством такого раскроя является экономия металла за счет отсутствия поперечных перемычек, недостатком — наличие неиспользованного остатка длиной $L_{\text{ост}}$, образующегося вследствие невозможности продолжения штамповки после того, как остаток полосы длиной $l_{\text{ост}}$ станет меньше шага t подачи. При этом значение $L_{\text{ост}}$ определяется конструкцией штампа, однако как правило $L_{\text{ост}} \geq 2,5t$. Кроме того, штамп с данным раскромом полосы должен обеспечить весьма точный шаг t подачи, чтобы левая кромка прямоугольных отверстий с размерами $0,5l_3 \times l_2$ (рис. 4, а) после перемещения полосы на шаг точно совпадала с правой кромкой матрицы для разрезки полосы (линия АА). В противном случае либо в прямой детали образуются выемки (рис. 5, а) с размерами $l_2 \times t'$, где t' — погрешность шага подачи (когда шаг несколько превышает расстояние между соответствующими режущими кромками матрицы), либо в полосе образуются дополнительные перемычки (рис. 5, б) шириной, равной погрешности t' шага подачи (когда шаг меньше указанного расстояния между режущими кромками). В последнем случае разделение деталей становится затруднительным или даже невозможным.

С целью гарантирования разделения штампуемых деталей в данном случае следует вводить в прямой детали дополнительный конструктивный элемент в виде выемок (см. рис. 5, а) с размером $t' \leq 0,3 \text{ мм}$, что не всегда приемлемо.

Определим коэффициент раскроя полосы для данного варианта. Ширину полосы определяем по формуле (4). Для этого по табл. 1,5