

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технологии  
машиностроительного производства»

Сейдуали Ниязбек Қайратұлы

Проектирование технологического процесса холодной листовой штамповки  
деталей «Кронштейн» и «Крышка» с использованием САПР программ

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В071200 – Машиностроение

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технологии  
машиностроительного производства»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
СМиТ ИП, PhD, ассоц. проф.  
Арымбеков Б.С.  
« 29 » 04 2019г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

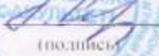
На тему: «Проектирование технологического процесса холодной листовой  
штамповки деталей “Кронштейн” и “Крышка” с использованием САПР  
программ»

по специальности: 5В071200 - Машиностроение

Выполнил

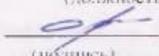
Сейдуали Н.К.

Рецензент  
Кандидат технических наук,  
ассоциированный профессор  
(должность, уч. степень, звание)

 Смаилова Г.А.  
(подпись) Ф.И.О

« 26 » 04 2019г.

Научный руководитель  
Кандидат технических наук,  
ассоциированный профессор  
(должность, уч. степень, звание)

 Орлова Е.П.  
(подпись) Ф.И.О

« 26 » 04 2019г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

Кафедра «Станкостроение, материаловедение и технологии  
машиностроительного производства»



**ЗАДАНИЕ**

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся: Сейдуали Ниязбек Қайратұлы

Тема: Проектирование технологического процесса холодной листовой штамповки деталей «Кронштейн» и «Крышка» с использованием САПР программ

Утверждена приказом Ректора Университета № 1252-б от «6» ноября 2018 г.  
Срок сдачи законченной работы «30» апреля 2019 г.

Исходные данные к дипломной работе: проектирование технологического процесса холодной листовой штамповки детали «Кронштейн» и «Крышка»

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Описание и принцип работы холодной листовой штамповки
- б) Технологический процесс холодной листовой штамповки детали «Кронштейн»
- в) Технологический процесс холодной листовой штамповки детали «Крышка»

Перечень графического материала: технологическая сборка – 2 листа формата А3, технологический процесс – 2 листа формата А3.

представлены 10 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 2 наименований

- а) Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. Ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.: ил.
- б) Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и. доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд – ние, 1979. – 520 с., ил.

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Список литературы	5-28 Февраля	<i>Выполнено</i>
Общие сведения о холодной листовой штамповке	1 Марта– 15 Апреля	<i>Выполнено</i>
Проектирование технологического процесса холодной листовой штамповки детали «Кронштейн»	17 Апреля	<i>Выполнено</i>
Проектирование технологического процесса холодной листовой штамповки детали «Крышка»	20 Апреля	<i>Выполнено</i>

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу  
с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Карпеков Р.К. Лектор	27.04.2019	<i>[Подпись]</i>

Научный руководитель \_\_\_\_\_ *[Подпись]* Орлова Е.П.

Задание принял к исполнению обучающийся \_\_\_\_\_ *[Подпись]* Сейдуали Н.К.

Дата \_\_\_\_\_ "6" ноября 2018г.

## ВВЕДЕНИЕ

В основе технологии машиностроения все возрастающее значение принимает обработка металлов под давлением, в том числе холодная листовая штамповка. Это способ обработки, при которой металл пластически деформируется в холодном состоянии при использовании штампов. Холодная листовая штамповка применяется для изготовления деталей разных форм, практически во всех промышленных отраслях, связанных с металлообработкой.

Холодная листовая штамповка предоставляется как самостоятельный вид технологии, которая обладает рядом особенностей:

- высокой производительностью;
- возможностью получения готовых деталей, которые являются самыми разнообразными по форме и размерам;
- возможностью механизации и автоматизации холодной листовой штамповки путем создания комплексов оборудования, обеспечивая выполнение всех операций технологического процесса в автономном режиме;
- возможностью получения взаимозаменяемой детали с высокой точностью размера, без дальнейшей обработки резания.

Современные предприятия холодноштамповочных производств развиваются по пути совершенствования традиционной и создания новейшей технологии и оборудования.

# 1 Проектирование технологического процесса холодной листовой штамповки детали «Кронштейн»

## 1.1 Определение размера заготовки

Кронштейн изготовлен из стали 08 кп, механические свойства листовой стали, применяемой в холодной штамповке по ГОСТ 4041-71: сопротивление срезу  $\delta_{ср} = 380 \text{ Н/мм}^2$ , предел прочности  $\delta_B = 380 \text{ Н/мм}^2$ .

Определение размеров плоских заготовок, подлежащих гибке, основано на равенстве длины заготовки длине нейтрального слоя изогнутой детали и сводится к определению положения и длины нейтрального слоя.

Длина заготовки определяется в соответствии с чертежом детали (рисунок 1).

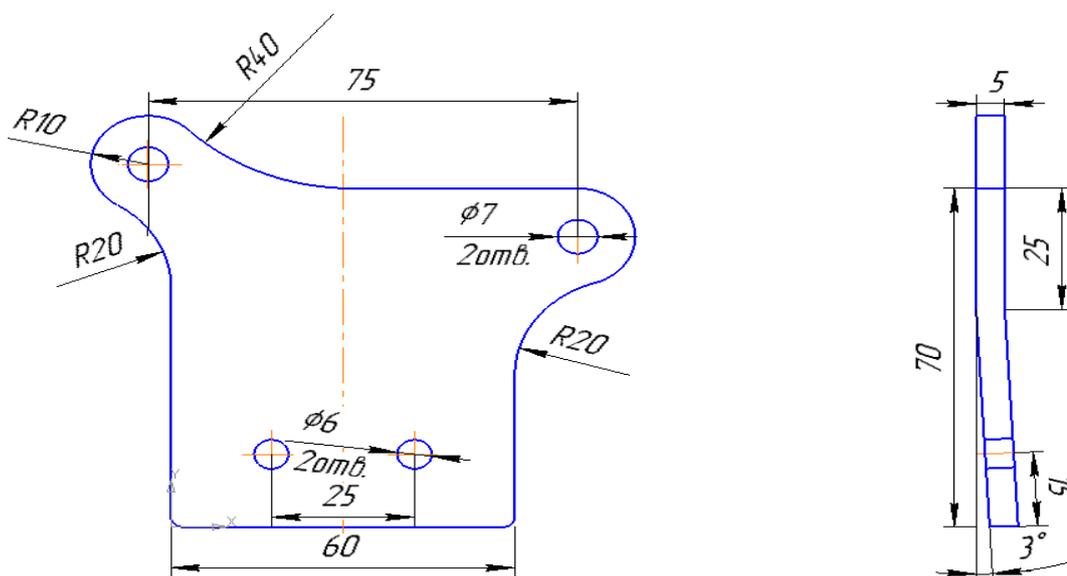


Рисунок 1 – Чертеж кронштейна

Определить размер заготовки при одноугловой гибке.

Длина заготовки определяется по формуле [1]:

$$L = (l_1 + l_2) + 0,5S ,$$

где  $l_{1,2}$  - длина нейтрального слоя, мм;

$S$  - толщина материала, мм.

$$L = (40 + 45) + 2.5 = 87,5 \text{ мм}$$

Длина заготовки равна  $L=87,5$  мм (рисунок 2).

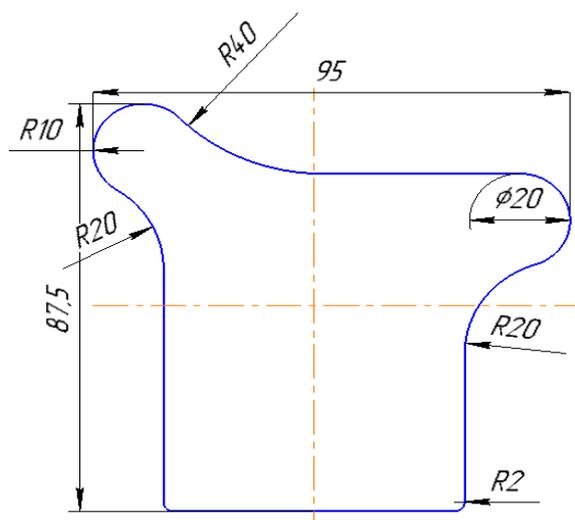


Рисунок 2- Длина заготовки

## 1.2 Раскрой листа

Для холодной листовой штамповки выбор начальной заготовки осуществляется путем экономического анализа раскроя листа и определения оптимального варианта (рисунок 3). Размер листа взяли в соответствии ГОСТ 19903-74 [2]. Размер листа равен  $A=600$  мм,  $C=2000$  мм.

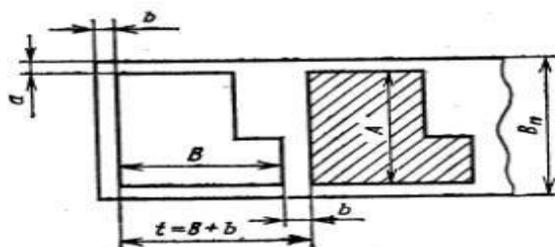


Рисунок 3 - Схема раскроя полосы прямоугольных и фигурных заготовок [1]

Толщина материала  $S=5$  мм. Размеры перемычки будут равны  $a=4,7$  мм,  $b=4,2$  мм [1]. Ширина полосы и шаг подачи полосы определяется по формуле [1]:

$$B_{\Pi} = L + 2a ,$$

$$t = B + b ,$$

где  $B_{\Pi}$ - ширина полосы, мм;  
 $t$  – шаг подачи листа, мм.

$$B_{\Pi} = 95 + 9.4 = 104.4 \text{ мм},$$

$$t = 87.5 + 4.2 = 91.7 \text{ мм.}$$

Продольный раскрой листа (рисунок 4).

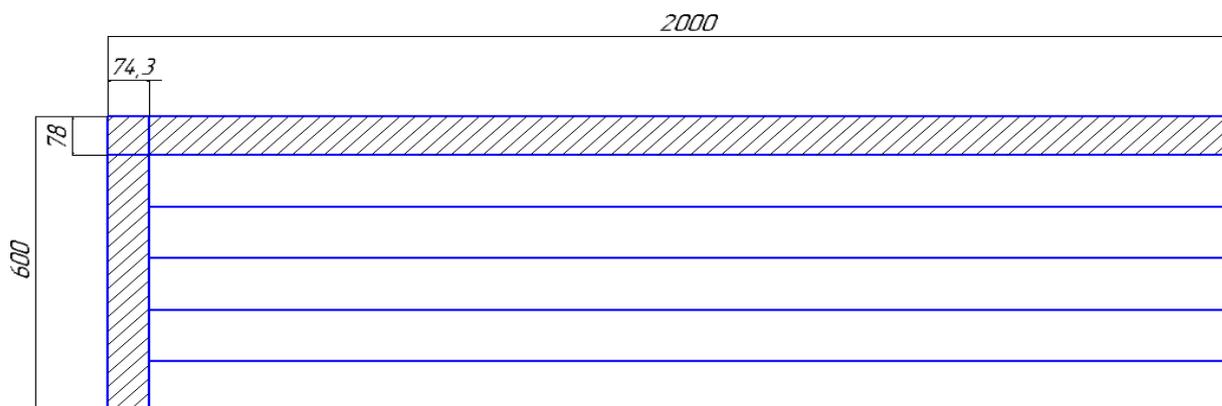


Рисунок 4- Продольный раскрой

Продольный раскрой листа определяется по формуле [1]:

$$n_{\text{пол}} = \frac{A}{B_{\text{п}}},$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{C}{t},$$

$$K_{\text{р}} = \frac{n_{\text{дет}} \cdot n_{\text{пол}} \cdot F_{\text{дет}}}{A \cdot C} \cdot 100\%,$$

$$m = (n_{\text{пол}} \cdot B_{\text{п}}) - A,$$

$$c = (n_{\text{дет}} \cdot t) - C,$$

где  $K_{\text{р}}$  – коэффициент раскроя;

$F_{\text{дет}}$  – площадь заготовки, мм<sup>2</sup>;

$n_{\text{дет}}$  – количество деталей;

$n_{\text{пол}}$  – количество полос;

$m$  – отход листа по ширине, мм;

$c$  – отход листа по длине, мм.

$$n_{\text{пол}} = \frac{600}{104,4} = 5,7,$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{2000}{91,7} = 21,8,$$

$$K_p = \frac{21 \cdot 5 \cdot 8312,5}{600 \cdot 2000} \cdot 100\% = 73 \%,$$

$$m = (5 \cdot 104,4) - 600 = 78 \text{ мм},$$

$$c = (21 \cdot 91,7) - 2000 = 74,3 \text{ мм}.$$

Поперечный раскрой листа (рисунок 5).

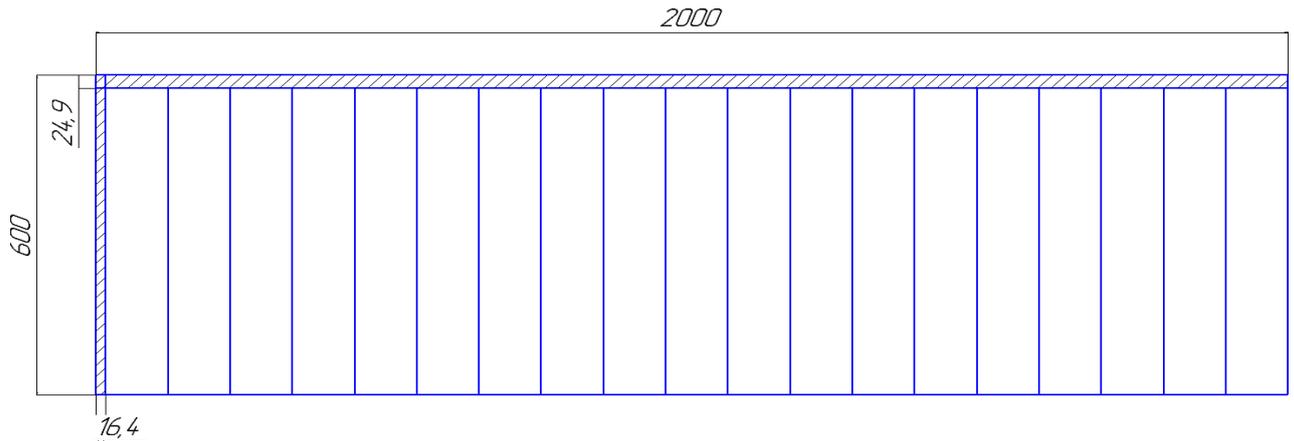


Рисунок 5 – Поперечный раскрой

Поперечный раскрой листа определяется по формуле [1]:

$$n_{\text{пол}} = \frac{C}{B_{\text{п}}},$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{A}{t},$$

$$K_p = \frac{n_{\text{дет}} \cdot n_{\text{пол}} \cdot F_{\text{дет}}}{A \cdot C} \cdot 100\%,$$

$$m = (n_{\text{пол}} \cdot B_{\text{п}}) - C,$$

$$c = (n_{\text{дет}} \cdot t) - A,$$

где  $K_p$  – коэффициент раскроя;

$F_{\text{дет}}$  – площадь заготовки, мм;

$n_{\text{дет}}$  – количество деталей;

$n_{\text{пол}}$  – количество полос;

$m$  – отход листа по длине, мм;

c- отход листа по ширине, мм.

$$n_{\text{пол}} = \frac{2000}{104,4} = 19,$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{600}{91,7} = 6,$$

$$K_p = \frac{19 \cdot 6 \cdot 8312,5}{600 \cdot 2000} \cdot 100\% = 78 \%,$$

$$m = (19 \cdot 104,4) - 2000 = 16,4 \text{ мм},$$

$$c = (6 \cdot 91,7) - 600 = 49,8 \text{ мм}.$$

Для заготовки мы выбираем поперечный раскрой, так как коэффициент больше чем в продольном раскрое.

### 1.3 Усилие резания листового металла ножницами

Резка листового металла гильотинными ножницами. Листовые материалы для холодной листовой штамповки предварительно нарезают на полосы или заготовки необходимых размеров. Резка полос является заготовительной операцией и производится на рычажных, гильотинных, дисковых или вибрационных ножницах, а также на специальных отрезных штампах.

Усилие резание листового металла гильотинными ножницами (рисунок 6).

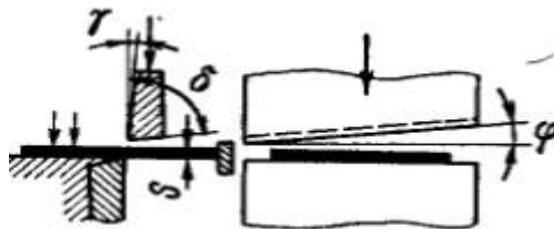


Рисунок 6 – Гильотинные ножницы [1]

Усилие резание определяется по формуле [1]:

$$P = 0,5 \frac{S^2}{\text{tg}\varphi} \cdot \sigma_{\text{ср}},$$

где S- толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}}$ - сопротивление срезу, Н/мм<sup>2</sup>;

$\varphi$ - угол створа ножниц (от 2 до 5°).

$$P = 0,5 \cdot \frac{5^2}{\text{tg}2} \cdot 380 = 95000\text{Н.}$$

#### 1.4 Усилие вырубki

Усилие вырубki листового металла. Определяется по формуле [1]:

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}},$$

$$L = (a + b) \cdot 2,$$

где  $L$  - длина периметра резания, мм;

$S$ - толщина материала, мм;

$\sigma_{\text{ср}}$ - сопротивление срезу, Н/мм<sup>2</sup>.

$$P = 365 \cdot 5 \cdot 380 = 693500 \text{ Н,}$$

$$L = (95 + 87,5) \cdot 2 = 365 \text{ мм.}$$

#### 1.5 Усилие пробивки

Усилие пробивки отверстий листового металла (рисунок 7).

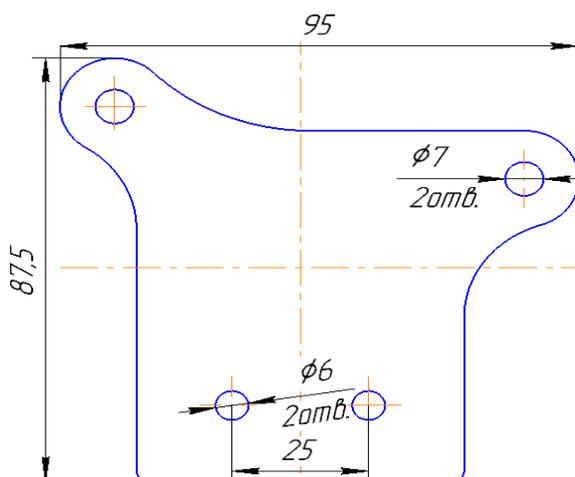


Рисунок 7 - Усилие пробивки отверстия

Усилие пробивки определяется по формуле [1]:

$$P_1 = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}},$$

$$L_1 = 2\pi r,$$

где  $P_1$ - усилие для одного отверстия, Н;

$L_1$ - периметр одного отверстия, мм.

$$P_1 = 21,98 \cdot 5 \cdot 380 = 41762 \text{ Н}$$

$$P_2 = 18,84 \cdot 5 \cdot 380 = 35796 \text{ Н}$$

$$L_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,5 = 21,98 \text{ мм}$$

$$L_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 = 18,84 \text{ мм}$$

$$L_4 = (21,98 \cdot 2) + (18,84 \cdot 2) = 81,64 \text{ мм}$$

$$P_4 = 81,64 \cdot 5 \cdot 380 = 155116 \text{ Н}$$

## 1.6 Усилие гибки

Гибка листового металла осуществляется в результате упругой деформации, которая протекает различно с каждой из сторон изгибаемой заготовки.

Слои металла внутри изгиба сжимаются и укорачиваются в продольном и сжимаются в поперечном направлении.

Усилие одноугловой гибки (рисунок 3).

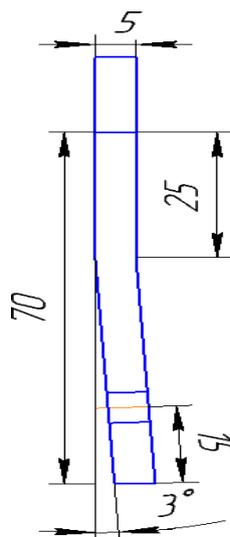


Рисунок 8 - Одноугловая гибка

Определяется по формуле [1]:

$$P = \frac{BS^2}{r + S} \cdot \sigma_B$$

где  $B$  – ширина полосы, мм;

$r$  - угол гибки;

$\sigma_B$ -предел прочности, Н/мм<sup>2</sup>;

$S$ - толщина материала, мм.

$$P = \frac{104,4 \cdot 5^2}{3+5} = 151380 \text{ Н}$$

### 1.7 Расчет исполнительных размеров. Рабочих деталей штампа

Рабочие детали штампов для пробивки и вырубки – матрицу и пуансон можно изготавливать отдельно и совместно.

Формула для расчета исполнительных размеров матрицы и пуансона [1]:

$$L_M = (L_H - \Pi_{и})_{\delta_M},$$

$$L_{\Pi} = (L_H - \Pi_{и} - z)_{-\delta_{\Pi}},$$

где  $\delta_M$  и  $\delta_{\Pi}$ - предельные отклонение исполнительного размера соответственно матрицы и пуансона;

$\Pi_{и}$ - припуск на износ пуансона и матрицы;

$z$  - наименьшее значение начального оптимального двустороннего зазора, мм;

$L_H$ - номинальный размер штампуемого элемента, мм.

$$L_M = (87,5 - 0,087)^{+0,026} = 87,413^{+0,026}$$

$$L_M = (95 - 0,087)^{+0,026} = 94,913^{+0,026}$$

$$L_{\Pi} = (87,5 - 0,087 - 0,4)_{-0,026} = 242,185_{-0,026}$$

$$L_{\Pi} = (95 - 0,087 - 0,4)_{-0,026} = 199,785_{-0,026}$$

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

Матрица. Форма матрицы определяется формой и размерами штампуемой детали. Размеры прямоугольной матрицы определяют исходя из размеров ее рабочей зоны.

Зависимость наименьших габаритных размеров прямоугольной  $A_r \times B_r$  матрицы от размеров  $a_p \times b_p$  ее рабочей зоны (рисунок 9)

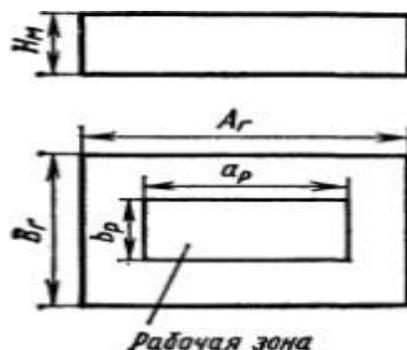


Рисунок 9 – Зависимость прямоугольной матрицы от размеров прямоугольной рабочей зоны

$$a_p \times b_p = 90 \times 95$$

$$A_r \times B_r = 160 \times 160$$

Толщину матрицы  $H_M$  определяют из следующей эмпирической зависимости, мм:

$$H_M = S + K_M \sqrt{a_p + b_p} + 7$$

где  $S$ -толщина штампуемого материала, мм;

$a_p$  и  $b_p$ - размеры рабочей зоны матрицы, мм;

$K_M$ - коэффициент.

$$H_M = 5 + 0,5\sqrt{94,939 + 87,439} + 7 = 18,75 \text{ мм}$$

Найденное таким образом значение  $H_M$  необходимо округлить до ближайшего числа. Соотношение габаритных размеров и толщины прямоугольных матриц следует принимать по ГОСТ 15861-81.  $H_M = 20$  мм

Диаметр винтов и штифтов для крепления матрицы: винт М10 и штифт 8.

Размеры и координаты винтов и штифтов для крепления матрицы  $e_1 = 15$  мм  $e_2 = 25$  мм

## 1.8 Блоки и направляющие узлы

Государственными стандартами предусмотрены блоки с направляющими узлами скольжения шариковыми направляющими узлами. ГОСТ на заготовки нижней и верхней плит блока ГОСТ 13110-83 для заготовки нижней плиты ГОСТ 13111-83 для заготовки верхней плиты.

## 1.9 Выбор оборудования

Основными параметрами для выбора прессы являются усилия штамповочных операций и закрытая высота штампа. Для всех операций, необходимых для получения детали типа «Кронштейн», с заданными размерами, подходит пресс П6324Б со следующими параметрами:

Номинальное усилие прессы, кН 25

Ход ползуна, мм 500

Наибольшее расстояние между столом и ползуном, мм 710

Размеры стола: влево - направо, мм 630

Размеры стола: спереди - назад, мм 480

Мощность привода, кВт 7,5

Предусмотрена возможность комплектации гидро-подушкой выталкивателем;

Предусмотрено исполнение прессы с правильным столом и дополнительным инструментом для правки заготовок различного сечения, по техническому заданию заказчика.

Габаритные размеры (без механизации), мм

Слева - направо 900

Спереди - назад 1530

Высота машины над уровнем пола, мм 2730

Масса прессы, не более, кг 2500

## 2 Проектирование технологического процесса холодной листовой штамповки детали «Крышка»

### 2.1 Определение размера заготовки

Деталь типа «Крышка» изготавливается из листа АТ-ПН-0-1,0 ГОСТ 19903-88 материал которого сталь конструкционная углеродистая качественная П-ВГ-08кп ГОСТ 1050-88.

Марка: 08кп (заменитель: 08)

Крышка изготовлена из стали 08 кп, механические свойства листовой стали, применяемой в холодной штамповке по ГОСТ 4041-71: сопротивление срезу  $\delta_{ср} = 380 \text{ Н/мм}^2$ , предел прочности  $\delta_{в} = 380 \text{ Н/мм}^2$ .

Основным правилом для определения размеров заготовок при вытяжке является равенство объемов заготовки и готовой детали.

Длина заготовки определяется в соответствии с чертежом детали (рисунок 1).

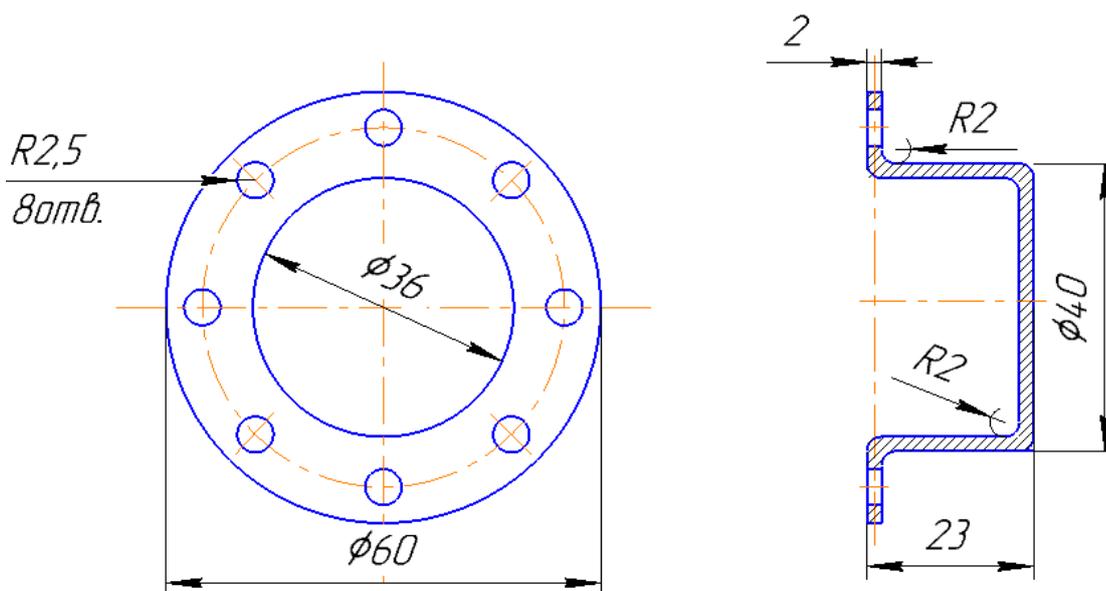


Рисунок 1 – Чертеж крышки

Определить размер при вытяжке круглых деталей. Диаметр заготовки определяется по формуле [1]:

$$D = \sqrt{d^2 + 4d_2H - 3,44rd_2}$$

$$D = \sqrt{62,5^2 + 4 \cdot 40 \cdot 23 - 3,44 \cdot 2 \cdot 40} = \sqrt{8341,45} = 91,3 \text{ мм.}$$

Диаметр заготовки равно  $D=91,3$  мм (рисунок 2).

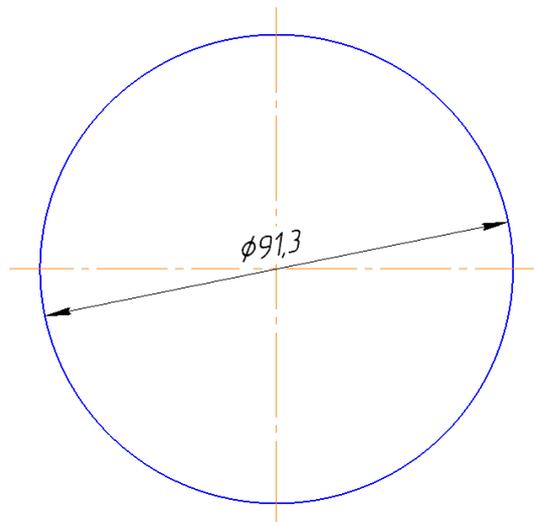


Рисунок 2 – Диаметр заготовки

## 2.2 Раскрой листа

Вырубку деталей будем производить в один ряд. Если учитывать технологичность конструкции детали, оптимальным расположением на полосе и на листе является прямой однорядный раскрой.

Для заданной заготовки раскрой исходного материала по величине технологических отходов относится к раскрою с отходами, то есть когда вырубка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму. Тип раскроя-прямой [2].

На основании размеров заготовки для вырубki определим размеры полосы, в зависимости от толщины металла  $S$ , предела прочности  $\delta_b$  и диаметра вырубаемой детали, определим размеры перемычек.

В данном случае  $S = 2$  мм,  $D = 91,3$  мм, размеры перемычек следующие: перемычка между вырезами  $a = 2,8$  мм и боковая перемычка при работе с боковым прижимом полосы  $b = 2,3$  мм.

Размер листа взяли в соответствии ГОСТ 19903-74 [2]. Размер листа равен  $A=600$  мм,  $C=1420$  мм.

Ширина полосы и шаг подачи полосы определяется по формуле [1]:

$$B_{\Pi} = D + 2a ,$$

$$t = D + b ,$$

где  $B_{\Pi}$ - ширина полосы, мм;

$t$  – шаг подачи листа, мм.

$$B_{\text{п}} = 91,3 + 2 \cdot 2,8 = 96,9 \text{ мм},$$

$$t = 91 + 2,3 = 93,6 \text{ мм}.$$

Продольный раскрой листа (рисунок 3).

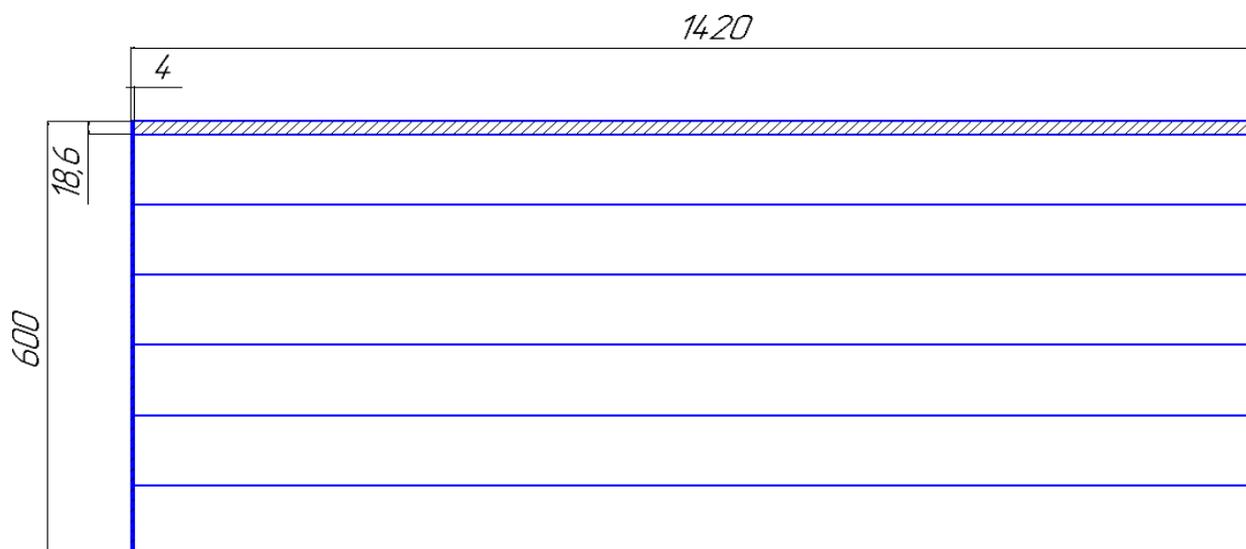


Рисунок 3 - Продольный раскрой

Продольный раскрой листа определяется по формуле [1]:

$$n_{\text{пол}} = \frac{A}{B_{\text{п}}},$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{C}{t},$$

$$K_{\text{р}} = \frac{n_{\text{дет}} \cdot n_{\text{пол}} \cdot F_{\text{дет}}}{A \cdot C} \cdot 100\%,$$

$$m = (n_{\text{пол}} \cdot B_{\text{п}}) - A,$$

$$c = (n_{\text{дет}} \cdot t) - C,$$

где  $K_{\text{р}}$  – коэффициент раскроя;

$F_{\text{дет}}$  – площадь заготовки, мм;

$n_{\text{дет}}$  – количество деталей;

$n_{\text{пол}}$  – количество полос;

$m$  – отход листа по ширине, мм;

$c$  – отход листа по длине, мм.

$$n_{\text{пол}} = \frac{600}{96,9} = 6,$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{1420}{93,6} = 15,$$

$$K_p = \frac{6 \cdot 15 \cdot 0,785 \cdot 91,3^2}{600 \cdot 1420} \cdot 100\% = 69 \%,$$

$$m = (6 \cdot 96,9) - 600 = 18,6 \text{ мм},$$

$$c = (15 \cdot 93,6) - 1420 = 4 \text{ мм}.$$

Поперечный раскрой листа (рисунок 4).

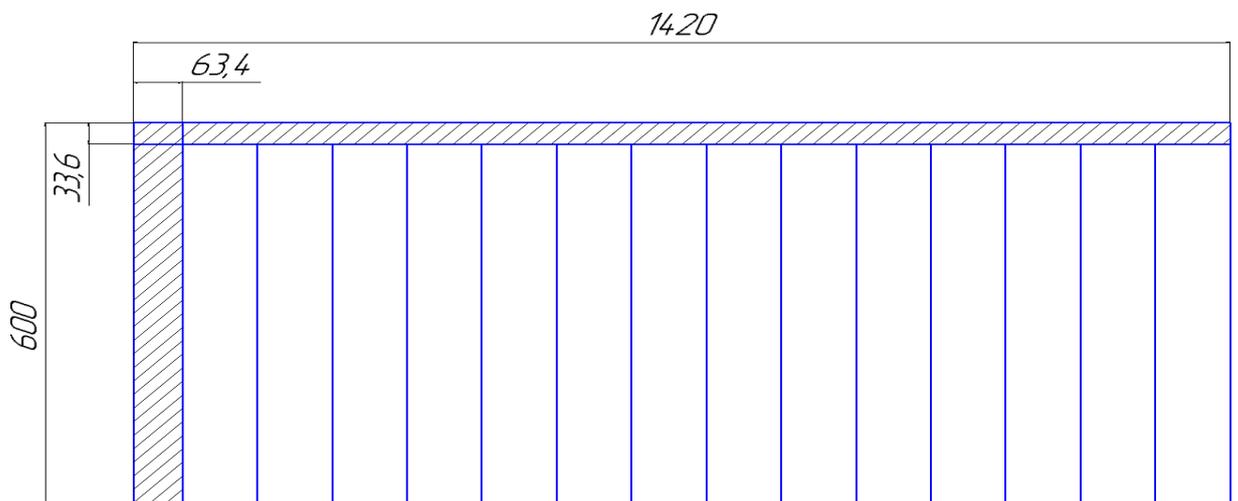


Рисунок 4 – Поперечный раскрой

Поперечный раскрой листа определяется по формуле [1]:

$$n_{\text{пол}} = \frac{C}{B_{\text{п}}},$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{A}{t},$$

$$K_p = \frac{n_{\text{дет}} \cdot n_{\text{пол}} \cdot F_{\text{дет}}}{A \cdot C} \cdot 100\%,$$

$$m = (n_{\text{пол}} \cdot B_{\text{п}}) - C,$$

$$c = (n_{\text{дет}} \cdot t) - A,$$

где  $K_p$  – коэффициент раскроя;

$F_{\text{дет}}$  – площадь заготовки, мм;

$n_{\text{дет}}$  – количество деталей;

$n_{\text{пол}}$  – количество полос;

$m$  – отход листа по длине, мм;

$c$  – отход листа по ширине, мм.

$$n_{\text{пол}} = \frac{1420}{96,9} = 14,$$

$$n_{\text{дет}} = \frac{600}{93,6} = 6,$$

$$K_p = \frac{14 \cdot 6 \cdot 0,785 \cdot 91,3^2}{600 \cdot 1420} \cdot 100\% = 64 \%,$$

$$m = (14 \cdot 96,9) - 1420 = 63,4 \text{ мм},$$

$$c = (6 \cdot 93,6) - 600 = 38,4 \text{ мм}.$$

Для нашей заготовки мы выбираем продольный раскрой, так как коэффициент раскроя больше чем в поперечном.

### 2.3 Усилие резания листового металла ножницами

Усилие резание определяется по формуле [1]:

$$P = 0,5 \frac{S^2}{\text{tg}\varphi} \cdot \sigma_{\text{ср}},$$

где  $S$  – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}}$  – сопротивление срезу, Н/мм<sup>2</sup>;

$\varphi$  – угол створа ножниц (от 2 до 5°).

$$P = 0,5 \cdot \frac{2^2}{\text{tg}2} \cdot 380 = 15200 \approx 15,2 \text{ кН}.$$

## 2.4 Усилие вырубki

Усилие вырубki листового металла. Определяется по формуле [1]:

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}},$$

$$L = \pi D,$$

где  $L$  - длина периметра резания, мм;

$S$  - толщина материала, мм;

$\sigma_{\text{ср}}$  - сопротивление срезу, Н/мм<sup>2</sup>.

$$P = 286,682 \cdot 2 \cdot 380 = 217878 \text{ Н} \approx 217,8 \text{ кН},$$

$$L = 3,14 \cdot 91,3 = 286,682 \text{ мм.}$$

## 2.5 Расчёт количества переходов и усилий при вытяжке

В зависимости от соотношения высоты и диаметра вытягиваемой детали, а также от относительной толщины заготовки, вытяжка может быть, произведена за одну или несколько операций.

Вытяжка определяется по формуле [1]:

$$d_1 = m_1 \cdot D,$$

где  $m_1$  - коэффициент вытяжки;

$D$  - диаметр заготовки, мм.

$$d_1 = 0,52 \cdot 91,3 = 47,5.$$

Высота вытяжки определяется по формуле [1]:

$$h_1 = 0,25 \left( \frac{D}{m_1} - \frac{d_1^2}{d_1} + 3,44r \right),$$

$$h_1 = 0,25 \left( \frac{91,3}{0,52} - \frac{3600}{40} + 3,44 \cdot 2 \right) = 21 \text{ мм.}$$

Высота по средней линии равна высоте головки пуансона.

Контрольная высота перехода вытяжки равна [1]:

$$h = h_1 + S,$$

где  $S$  - толщина материала.

$$h = 21 + 2 = 23 \text{ мм.}$$

Вид заготовки после вытяжки (рисунок 5).

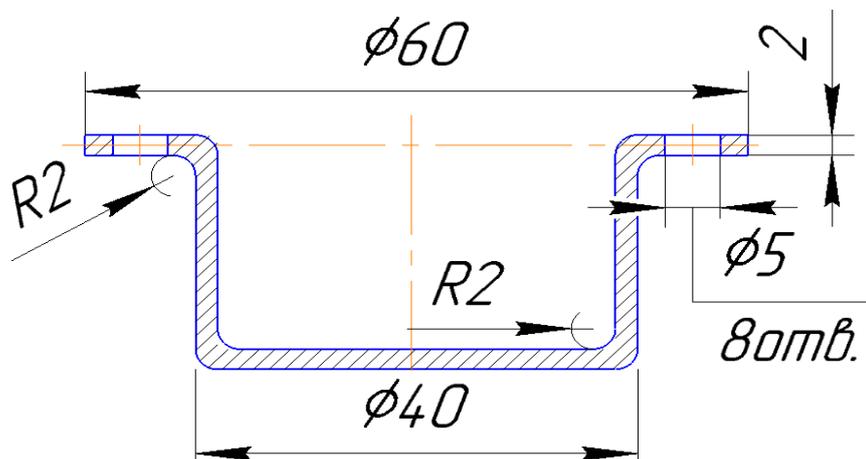


Рисунок 5 – Заготовка после вытяжки

Усилие вытяжки определяется по формуле [1]:

$$P_1 = \pi \cdot d_1 \cdot S \cdot \delta_B \cdot k_\phi,$$

где  $d_1$  - диаметры цилиндрической детали, мм;

$k_\phi$  - коэффициент;

$S$  - толщина материала, мм.

$$P_1 = 3,14 \cdot 40 \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 2 = 85910 \text{ Н} \approx 85,9 \text{ кН.}$$

Расчетное усилие прижима вытяжки определяется по формуле [1]:

$$Q_1 = \frac{\pi}{4} |D^2 - (d - 2r_m)^2| \cdot q,$$

где  $q$  - давление прижима, мм<sup>2</sup>;

$d_1$  - диаметры вытяжки матрицы, мм.

$$Q_1 = 0,785 \cdot |91,3^2 - (40 - 2 \cdot 2)^2| \cdot 0,2 = 1105 \text{ Н}$$

## 2.6 Расчет исполнительных размеров. Рабочих деталей штампа

Рабочие детали (элементы) штампов для вырубки и пробивки – матрицу и пуансон можно изготавливать отдельно и совместно.

Формула для расчета исполнительных размеров матрицы и пуансона [1]:

$$D_M = (D - \Delta)^{\delta_M},$$

$$D_{\Pi} = (D - \Delta - z)_{-\delta_{\Pi}},$$

где  $\delta_M$  и  $\delta_{\Pi}$  – предельные отклонение исполнительного размера соответственно матрицы и пуансона;

$\Delta$  – припуск на износ пуансона и матрицы;

$z$  – наименьшее значение начального оптимального двустороннего зазора, мм;

$$D_M = (91 - 0,2)^{+0,155} = 90,8^{+0,155} \text{ мм},$$

$$D_{\Pi} = (91 - 0,2 - 1,4)_{-0,063} = 89,4_{-0,063} \text{ мм}.$$

Зависимость наименьших габаритных размеров прямоугольной  $D_M$  матрицы от размеров  $d_M$  ее рабочей зоны (рисунок 6)

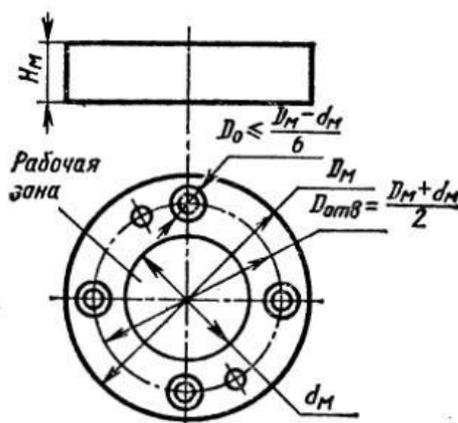


Рисунок 6 – Зависимость круглой матрицы от размеров круглой рабочей зоны

Толщину матрицы  $H_M$  определяют из следующей эмпирической зависимости, мм:

$$H_M = S + K_M \sqrt{1,57 d_M} + 7$$

где  $S$  – толщина штампуемого материала, мм;

$a_p$  и  $b_p$  – размеры рабочей зоны матрицы, мм;

$K_M$ - коэффициент.

$$H_M = 2 + 0,9\sqrt{1,57 \cdot 90,8} + 7 = 19,7 \text{ мм}$$

Найденное таким образом значение  $H_M$  необходимо округлить до ближайшего числа. Соотношение габаритных размеров и толщины прямоугольных матриц следует принимать по ГОСТ 15862-81.  $H_M = 20$  мм

Диаметр винтов и штифтов для крепления матрицы: винт М10 и штифт 8.

## 2.7 Блоки и направляющие узлы

Государственными стандартами предусмотрены блоки с направляющими узлами скольжения шариковыми направляющими узлами. ГОСТ на заготовки нижней и верхней плит блока ГОСТ 13110-83 для заготовки нижней плиты ГОСТ 13111-83 для заготовки верхней плиты.

## 2.8 Выбор оборудования

Основными параметрами для выбора прессы являются усилия штамповочных операций и закрытая высота штампа. Для всех операций, необходимых для получения детали типа «Крышка», с заданными размерами, подходит пресс П6324Б со следующими параметрами:

Номинальное усилие прессы, кН 25

Ход ползуна, мм 500

Наибольшее расстояние между столом и ползуном, мм 710

Размеры стола: влево - направо, мм 630

Размеры стола: спереди - назад, мм 480

Мощность привода, кВт 7,5

Предусмотрено исполнение прессы с правильным столом и дополнительным инструментом для правки заготовок различного сечения, по техническому заданию заказчика.

Габаритные размеры (без механизации), мм

Слева - направо 900

Спереди - назад 1530

Высота машины над уровнем пола, мм 2730

Масса прессы, не более, кг 2500

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной дипломной работе исследуются особенности холодной листовой штамповки, ее достоинства и недостатки, разработан технологический процесс для изготовления деталей, расчет деталей и штампов. Специфичность данной дипломной работы в том, что был выработан малоотходный раскрой материала, который позволит наиболее продуктивно и действенно использовать заданный материал.

Проведение дипломной работы позволило сгруппировать, закрепить и развить теоретические знания, а также приобрести навык индивидуального решения вопросов, взаимосвязанных с проектированием технологического процесса и созданием рабочего инструмента для холодной листовой штамповки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. Ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.: ил. – (Б-ка конструктора).
- 2 Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и. доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд – ние, 1979. – 520 с., ил.