

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
ПРЕССОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ**

**Методические указания**

**Уфа  
РИЦ УУНиТ  
2025**

УДК 621.777.01  
ББК 34.623

Печатается по решению  
кафедры Материаловедения и физики металлов УУНиТ.  
Протокол № 13 от 11.04.2025 г.

***Рецензенты:***

к.т.н., научный сотрудник **С.К. Киселева**  
(НПА «Технопарк АТ», г.Уфа);  
к.ф.-м.н, старший научный сотрудник **А.Ф. Галиев**  
(ФГБОУ ВО «БГПУ им. М.Акмуллы», г.Уфа)

**Зайнуллина Л.И., Сергеев С.Н., Прокофьев Е.А.**

Исследование процесса прессования металлов: методические указания  
/ Л.И. Зайнуллина, С.Н. Сергеев, Е.А. Прокофьев. – Уфа: РИЦ УУНиТ,  
2025. – 11 с.

Приведены методические рекомендации к выполнению лабораторной работы «Исследование процесса прессования металлов» кафедры материаловедения и физики металлов УУНиТ. Методические указания способствуют глубокому пониманию влияния различных факторов на параметры процессов обработки металлов давлением. Развивают инженерное мышление и способность к проведению научных исследований.

Предназначены для студентов всех направлений подготовки и форм обучения, изучающих дисциплину «Технологии конструкционных и композитных материалов», «Технологические процессы в машиностроении».

©Зайнуллина Л.И.,  
Сергеев С.Н.,  
Прокофьев Е.А., 2025  
©УУНиТ, 2025

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>16</b>
<b>4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....</b>	<b>17</b>
<b>5. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ .....</b>	<b>20</b>
<b>6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....</b>	<b>20</b>
<b>7. ТЕСТ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....</b>	<b>21</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>23</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Технологические процессы в машиностроении начинаются с производства заготовок. Способ их изготовления определяет качество, надежность и конечную стоимость изделия. Обработка металлов давлением основана на способности заготовок из металлов и сплавов менять свою форму без разрушения под действием внешнего усилия. Этот метод является одним из прогрессивных, экономичных и высокопроизводительных способов получения заготовок в промышленности. Почти все металлы и сплавы подвергаются тем или иным способам обработки давлением – прокатке, прессованию, волочению, ковке, объемной или листовой штамповке. У каждого из перечисленного способа есть преимущества и недостатки, в данном пособии уделяется особое внимание прессованию. Прессование широко применяют для получения изделий из разных металлов и сплавов, в том числе малопластичных материалов.

Цель данного учебного пособия – обеспечить студентов достаточной информацией, рекомендациями, необходимыми для изучения дисциплины «Технологии конструкционных и композитных материалов», «Технологические процессы в машиностроении». Пособие предназначено для проведения лабораторного занятия.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является: изучение характера деформации при прессовании.

#### 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Прессование – это способ обработки металлов давлением, в процессе которого металл 2, помещенный в контейнер 1, выдавливают из замкнутой полости через отверстие в инструменте, называемого матрицей 3, под действием сжимающих сил пуансона 4, снабженного пресс-шайбой 5 (рис. 1). При прессовании полых заготовок, в том числе труб, оснастка дополняется иглой 6, закрепленной либо на пуансоне, либо в иглодержателе, имеющем независимый привод [1].

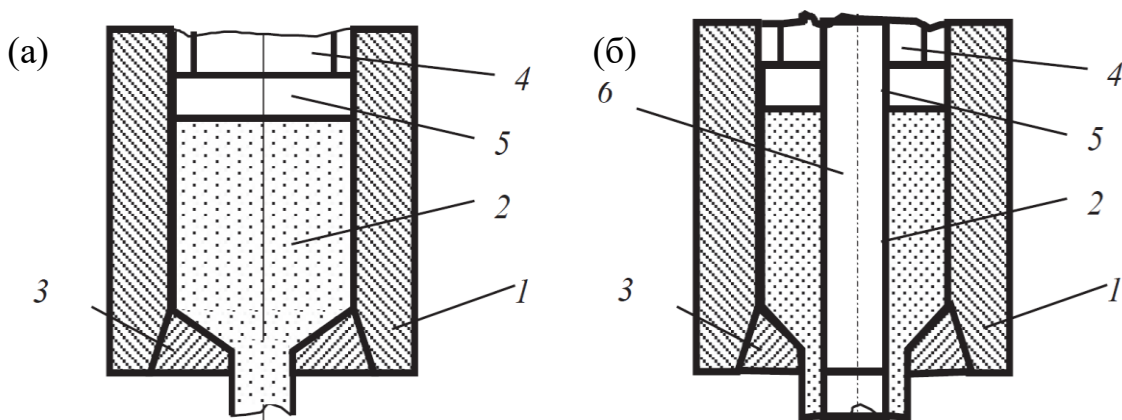


Рис. 1 Схема процесса прессования:

(а) прутка; (б) трубы: 1 – контейнер, 2 – заготовка (металл); 3 – матрица;  
4 – пуансон; 5 – пресс-шайба; 6 – игла

Заготовкой 2 обычно является цилиндрический слиток с диаметром чуть меньше внутреннего диаметра контейнера. Металл, нагретый до температуры, при которой ведется прессование, помещают в контейнер 1 гидравлического пресса, представляющей собой втулку с цилиндрической полостью (рис. 1). В процессе прессования контейнер подогревают, чтобы уменьшить охлаждение заготовки и повысить податливость материала.

Усилие прессования  $P$  передается от пресса заготовке через пресс-шайбу 5. Металл заготовки под давлением пресса заполняет полость контейнера и затем, не имея другого выхода, кроме отверстия в матрице, выдавливается из последнего в виде длинномерного пресс-изделия, называемого профилем.

Прессованием получают разнообразные изделия различного сечения (сплошные профили, гладкие и ребристые трубы) при этом, как показано на рис. 2, можно получать профили такой сложности, которые не могут быть получены другими видами обработки давлением [2].

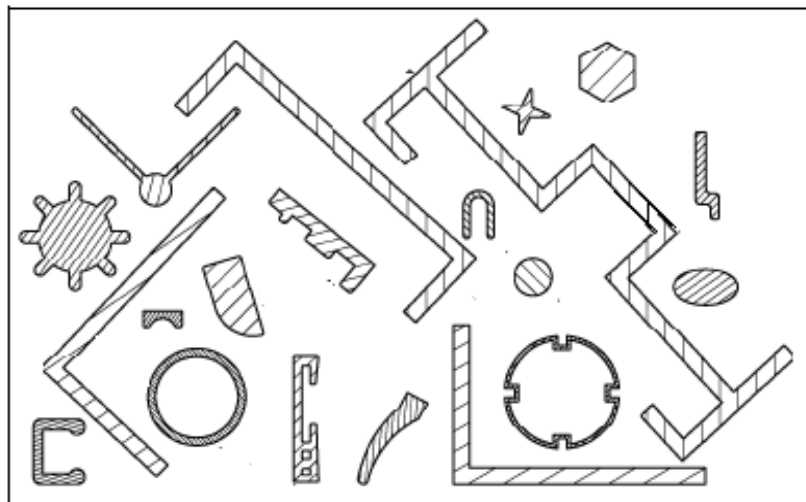


Рис. 2 Примеры профилей, получаемых прессованием

Прессование продолжается до тех пор, пока в контейнере между пресс-шайбой и матрицей остается незначительный объем металла, называемый пресс-остатком. В целом цикл прессования повторяется, так после завершения прессования пресс-остаток отрезают от профиля и

извлекают из контейнера, на его место загружают новую заготовку. Таким образом, прессование является периодическим, циклически повторяющимся процессом. Прессование называется с прямым истечением потому, что направление усилия прессования совпадает с направлением течения металла.

К достоинствам процесса можно отнести:

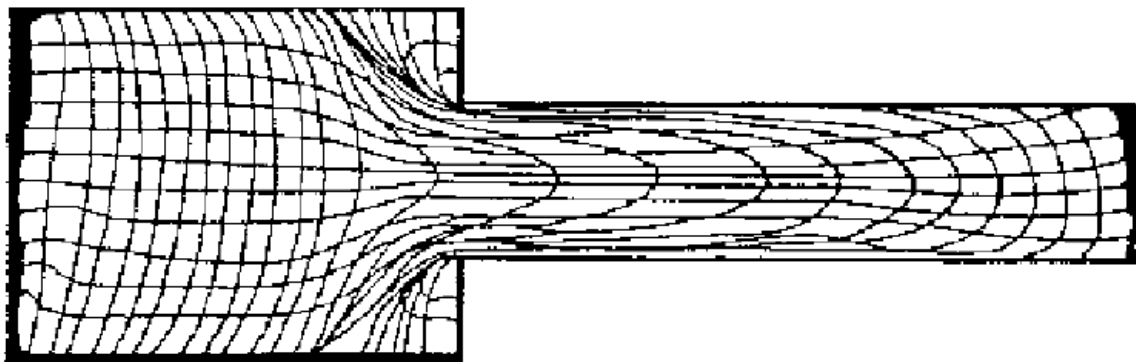
- возможность производства изделий сложного поперечного сечения;
- возможность достижения чрезвычайно высоких вытяжек за один цикл деформации;
- возможность быстрого перехода к изготовлению изделий другого профиля (гибкость технологии);
- возможность производства изделий из малопластичных материалов благодаря мягкой схеме напряженного состояния (высокий уровень сжимающих напряжений);
- достаточно высокие точность и качество поверхности изделий;
- относительно невысокие затраты.

К недостаткам процесса относятся:

- высокий уровень напряжений, действующих на инструмент (их величина составляет 500...1000 % от значения  $\sigma_s$  прессуемого металла), что неблагоприятно сказывается на стойкости оснастки;
- необходимость применения жаропрочных и соответственно дорогих материалов для изготовления инструмента, что повышает себестоимость продукции;
- невысокая производительность метода.

Для изучения процесса течения металла во время прессования заготовку предварительно разрезается на два полуцилиндра. На плоскость реза одного из полуцилиндров наносят координатную сетку. Затем части заготовки соединяют вместе по поверхности разъёма, предварительно покрытого, например, машинным маслом для предотвращения сварки и подвергают прессованию как цельное металлическое тело. После

прессования заготовка вновь разнимается, и по ней судят о характере течения металла (рис. 3). Рассмотрим типичную картину искажения координатной сетки при прямом методе прессования круглого профиля через плоскую матрицу на основной стадии процесса.



*Рис. 3* Схема искажения координатной сетки при прямом прессовании через плоскую матрицу

По искажениям координатной сетки видно, что [3]:

1. Все прямые продольные линии до прессования остаются прямыми после прессования за исключением переднего конца прутка.

2. Все продольные линии претерпевают изгибы у входа в очаг пластической деформации и у выхода из него. Изгибы линий определяют торцевые границы очага. Изгибы направлены во взаимно-противоположные стороны, что свидетельствует о немонотонности деформации. Немонотонность деформации уменьшается от периферии к центру.

3. Все поперечные линии начальной координатной сетки симметрично изгибаются выпуклостью в направлении движения прессуемого металла. Это указывает на большое отставание периферийных слоев от центральных. Отставание объясняется действием силы трения, формой канала матрицы и т.д.

4. На переднем конце прутка имеют место незначительные деформации. Причина - передний конец расположен напротив отверстия в

матрице и не претерпевает тех изменений, которым подвергается основная масса заготовки. Поэтому передний конец прутка удаляют в отход.

5. Все осевые квадраты превращаются в фигуры близкие к прямоугольникам, а все периферийные квадраты - к сильно вытянутым параллелограммам, что указывает на нарастание сдвиговых деформаций от центра к периферии.

6. Изменение ранее прямых продольных и поперечных линий указывает на большую неравномерность деформаций не только по длине прутка, но и по сечению.

Отличительной особенностью прессования является создание в очаге деформации ярко выраженной схемы всестороннего неравномерного сжатия, что способствует проявлению высокой пластичности и позволяет обрабатывать малопластичные труднообрабатываемые металлы [4].

При прессовании на весь ход процесса существенное влияние оказывает внешнее трение, что приводит к неравномерному распределению деформаций по сечению изделия и может являться причиной проявления заметной неравномерности механических и других свойств и по длине, и по поперечному сечению.

Сравним два вида прессования: прямое и обратное.

Прямое прессование (рис. 4, *a*) является одним из самых простых и распространенных способов получения длинномерных изделий с различной формой поперечного сечения [2,5]. При прямом прессовании заготовку 3 помещают в контейнер 4, укрепленный на раме 5 пресса, в отверстие которой устанавливают матрицу 6. При движении пуансона 1 с пресс-шайбой 2 металл заготовки выдавливается через отверстие матрицы 6. Давление на металл передается пуансоном 1, на конце которого укреплена сменная пресс-шайба 2, плотно входящая в полость контейнера 4. Пресс-шайба, медленно передвигаясь внутри контейнера, выдавливает изделие через отверстие матрицы. В конце прессования в контейнере остается небольшая часть пресс-остатка. В пресс-остаток попадает металл,

находящийся в «мёртвой» зоне, а также различные загрязнения с поверхности заготовки.

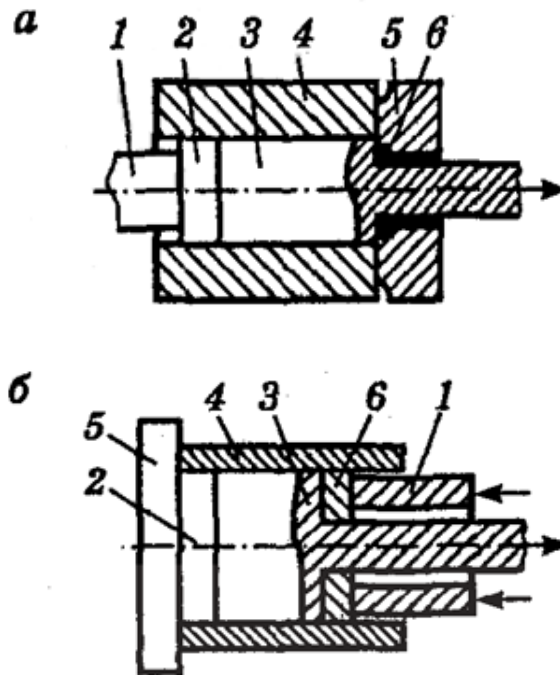


Рис. 4 Схема прямого (а) и обратного (б) процессов прессования:  
 1 – пуансон; 2 – пресс-шайба; 3 – заготовка;  
 4 – контейнер; 5 – рама пресса; 6 – матрица

При обратном прессовании (рис. 4, б) заготовка 3 помещается в глухой контейнер 4 и остается неподвижной. При этом деформируемый металл перемещается на встречу движущейся матрицы 6. Обратное прессование требует меньших усилий. Остаток металла от прессуемой заготовки (пресс-остаток) получается меньше, чем при прямом прессовании. Однако, прямое прессование технически более удобно для выполнения процесса с длинными заготовками [2,5].

Основными причинами образования пресс-остатка являются ускоренное охлаждение поверхности заготовки, которая контактирует с контейнером и наклеп поверхностных слоев за счет трения о стенки контейнера. Поскольку при прямом прессовании поверхностные слои заготовки перемещаются больше, чем при обратном прессовании, то и

усилие прессования, неравномерность деформации и пресс-остаток будут больше, соответственно.

При сравнении координатных сеток для прямого и обратного прессования (рис. 5) видно, что течение металла при обратном прессовании более равномерное.

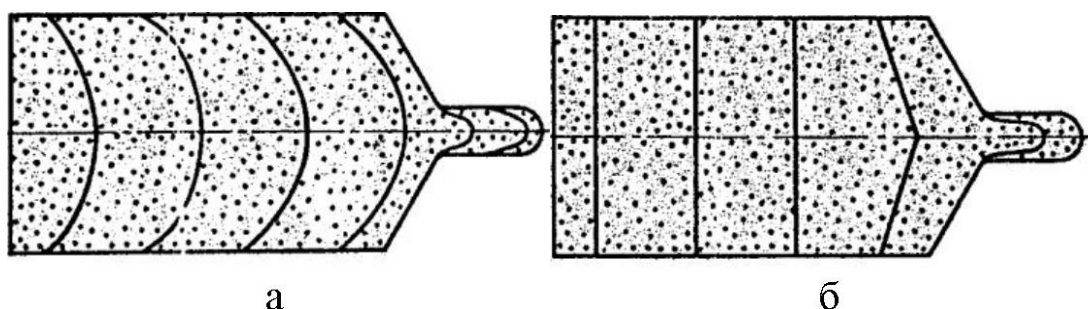


Рис. 5 Схема искажения поперечных линий координатной сетки при прямом (а) и обратном (б) прессовании.

Поперечные линии начинают изгибаться только вблизи матрицы, что способствует локализации пластического течения металла только у матрицы. Отчасти, это подтверждает моделирование с помощью программы Deform-2D (рис. 6), распределение интенсивности напряжений и деформаций при прямом и обратном методе прессования.

Следует отметить, что кроме прямого и обратного прессования на производстве используют и другие методы: прессование со сваркой, прессование с активными силами трения, с боковым истечением, с «рубашкой» и т.д.

Гидропрессование – один из быстро развивающихся методов, отличительная особенность метода, заготовка изолирована от инструмента слоем жидкости, поэтому трение между ними минимальное [3].

В полость контейнера 1 помещают заготовку 2 и подают жидкость 4, например минеральное или касторовое масло (рис. 6). При достижении в замкнутом объеме контейнера высокого гидростатического давления жидкости с помощью пресс-штемпеля 5 металл выдавливается в канал матрицы.

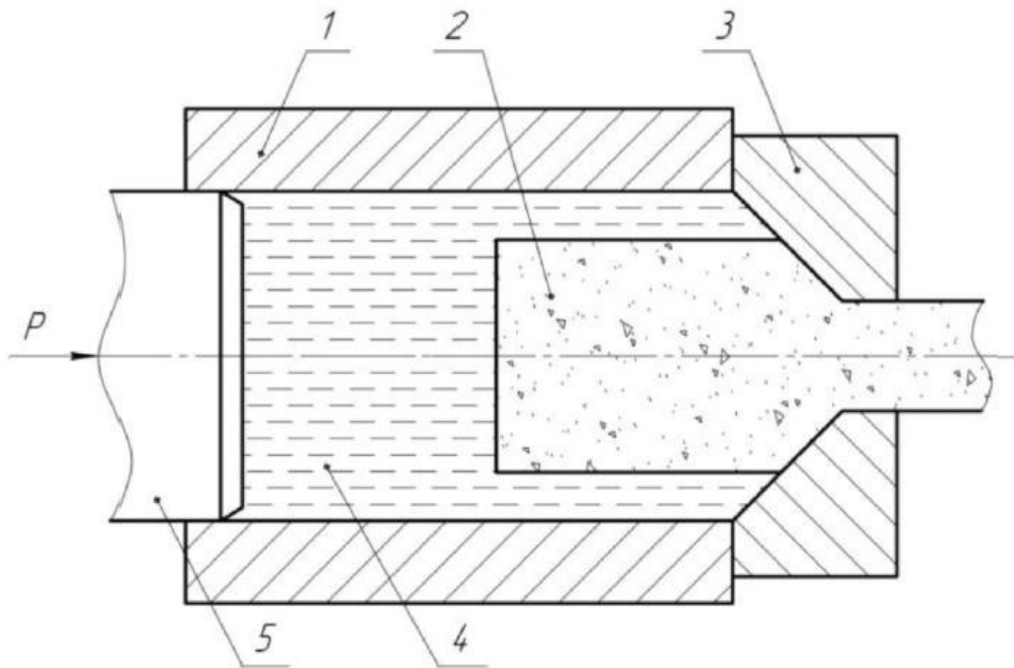


Рис. 6 Схема гидропрессования [6]

1 – контейнер, 2 – заготовка, 3 – матрица, 4 – жидкая среда, 5 – пресс-штемпель

Для уплотнения между заготовкой и матрицей, передний торец заготовки обтачивают по форме конуса матрицы. Этим методом под действием высокого давления хорошо обрабатываются самые неподатливые металлы, например чугун. По сравнению с обычными способами прессования при гидропрессовании уменьшается необходимое усилие; увеличивается равномерность деформации как по поперечному сечению, так и по длине изделия; улучшается качество профиля; достигается возможность деформации в холодном состоянии малопластичных металлов за один проход с большими (до 90%) степенями деформации; повышаются прочностные свойства изделий с сохранением пластичности, достаточной для последующей деформации обычными методами [6].

При прессовании с «рубашкой» пресс-шайба имеет диаметр несколько меньший, чем диаметр контейнера (рис. 7).

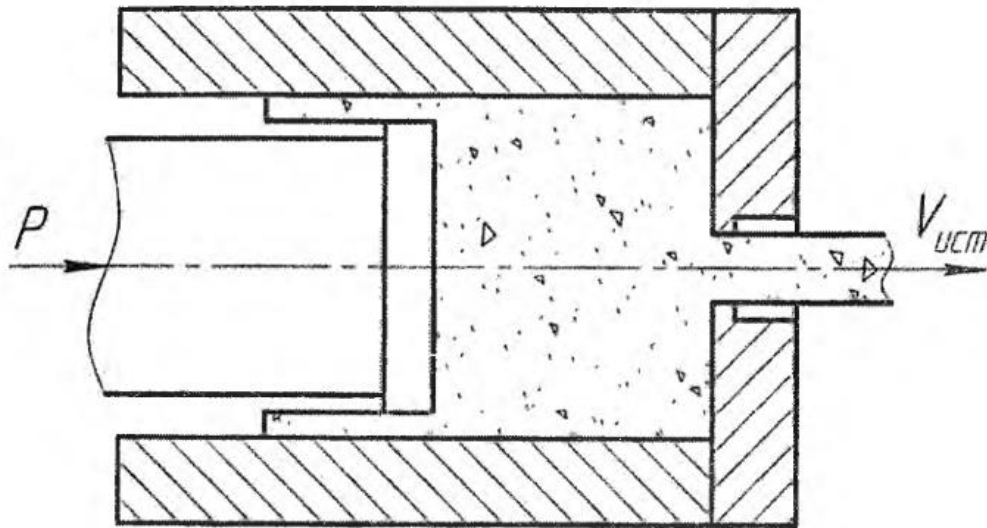


Рис. 7 Схема прессования с «рубашкой» [6]

При прямом методе прессования поверхностные слои металла срезаются пресс-шайбой в виде цельного стакана и вместе с пресс-остатком остаются в контейнере. Поверхностные дефекты заготовки и окислы, образовавшиеся при нагреве, остаются в рубашке и не попадают в пресс-изделие. После прессования рубашку из контейнера удаляют. Прессование с «рубашкой» эффективно при обратном прессовании. Недостатком метода является увеличенное количество металла, идущее в отход [6].

При всех процессах прессования вид напряженного состояния в очаге деформации определяется тремя главными нормальными напряжениями сжатия и иногда (в основном, у контактных поверхностей) двумя главными нормальными напряжениями сжатия и одним нормальным напряжением растяжения.

Моделирование позволяет сравнивать напряженно-деформированные состояния, скоростные и силовые параметры процесса прессования с прямым и обратным истечением металла (рис. 8).

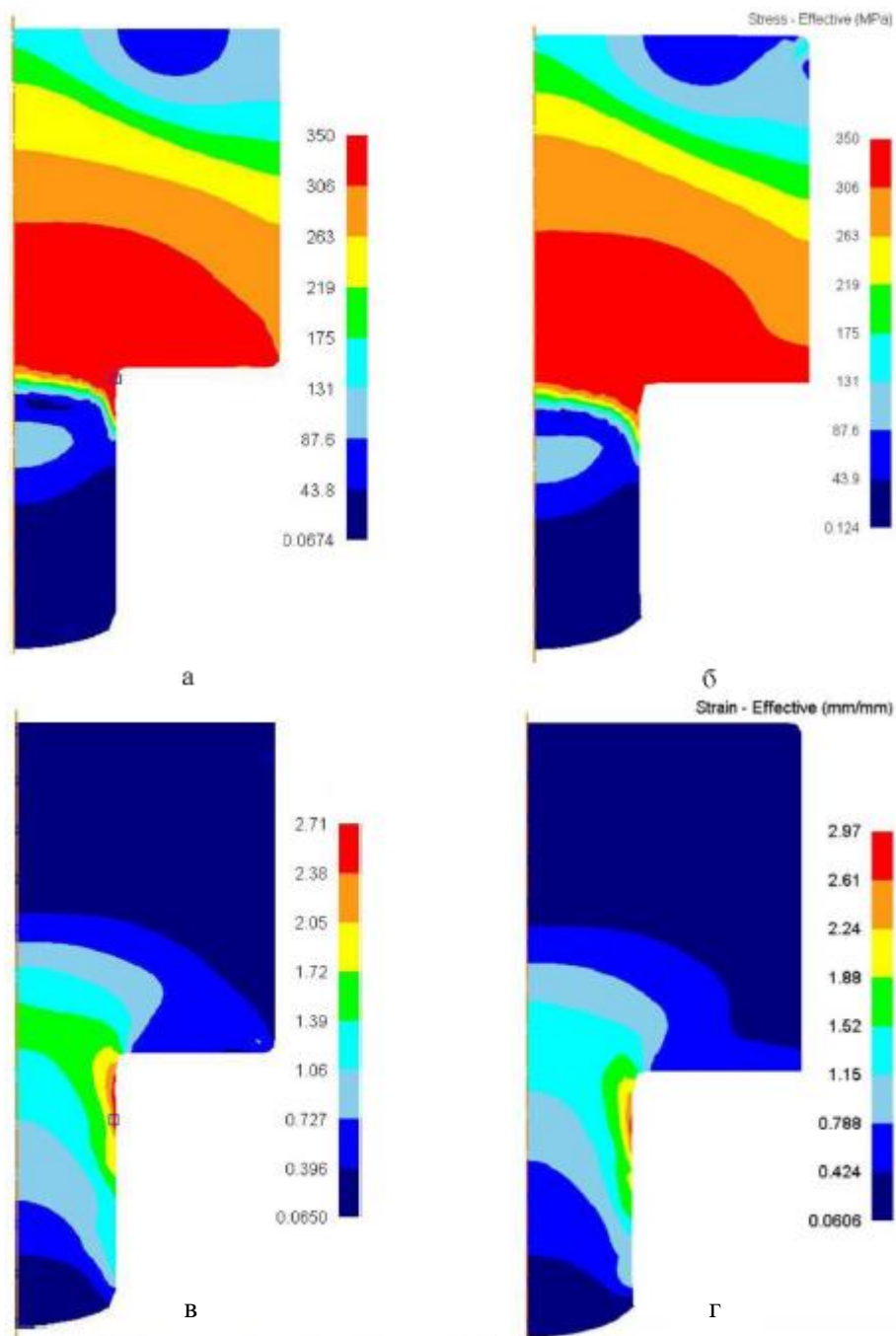


Рис.8 Распределение интенсивности напряжений (а, б) и деформаций (в, г):  
а, в - прямой метод; б, г - обратный метод прессования

Важно помнить, что кроме схемы напряженного состояния существенное влияние на пластичность металлов и сопротивлению пластическому деформированию оказывает температура, скорость деформации, а также химический и фазовый состав металла.

В качестве силового агрегата для прессования наибольшее распространение получили гидравлические прессы.

Для осуществления прессования (рис. 9) собранный с заготовкой контейнер 16 укладывается на нижнюю плиту 1 прессы. При закрытом положении крана 4 качательными движениями ручки 3 вверх-вниз нагнетается масло в полость цилиндра 9, что приводит к перемещению поршня 10 с крышкой 12 вниз. При этом крышка 12 давит на пуансон 13, совершая деформацию заготовки в разъемной вставке 14. Для снятия контейнера с прессы открывается кран 4 и под действием четырех пружин 15 траверса 11 вместе с поршнем 10 поднимается вверх, освобождая контейнер. При движении поршня вверх масло вытесняется из цилиндра в бак 2 по маслопроводу 7 через открытый кран 5.

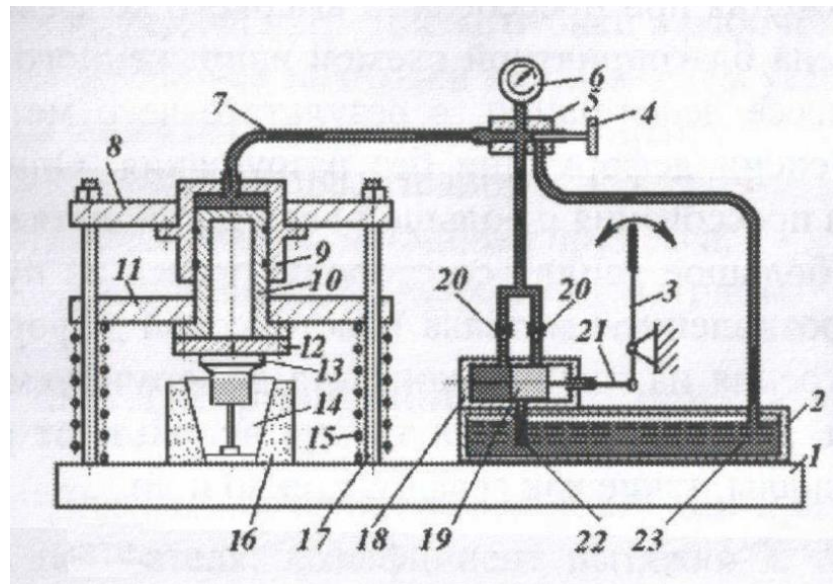


Рис. 9 Ручной гидравлический пресс для прессования:

- 1 – плита нижняя; 2 – бак; 3 – ручка масляного насоса; 4 – ручка крана;  
 5 – кран; 6 – манометр; 7 – маслопровод; 8 – плита верхняя; 9 – цилиндр; 10 – поршень; 11 – траверса; 12 – крышка поршня; 13 – пуансон; 14 – вставка разъемная; 15 – пружина; 16 – гильза; 17 – направляющие колонки; 18 – маслонасос; 19 – поршень маслонасоса; 20 – клапан обратный; 21 – тяга; 22 – маслозаборник; 23 – масло.

Управляя промышленными процессами прессования при высоких температурах, возможно получить регламентированные механические свойства изделий и полуфабрикатов [7].

Получаемые прессованием профили для изготовления деталей машин несущих конструкций часто оказываются более экономичными, имеют более высокие точность геометрии и прочностные характеристики по сравнению с изделиями, получаемыми другими способами обработки металлов давлением, например, прокаткой или штамповкой [8].

### **3. ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, МАТЕРИАЛЫ**

Для выполнения работы используются:

- 1) гидравлический пресс;
- 2) приспособления для прессования со сменными контейнерами;
- 3) штангенциркуль;
- 4) чертилка;
- 5) литые свинцовые образцы в виде полуцилиндров.

На рис. 10 представлена схема приспособления для прессования.

В работе используют последовательно четыре контейнера с разными диаметрами выходных отверстий ( $d=17;14;11;6$  мм).  $D$  – диаметр приемника контейнера.

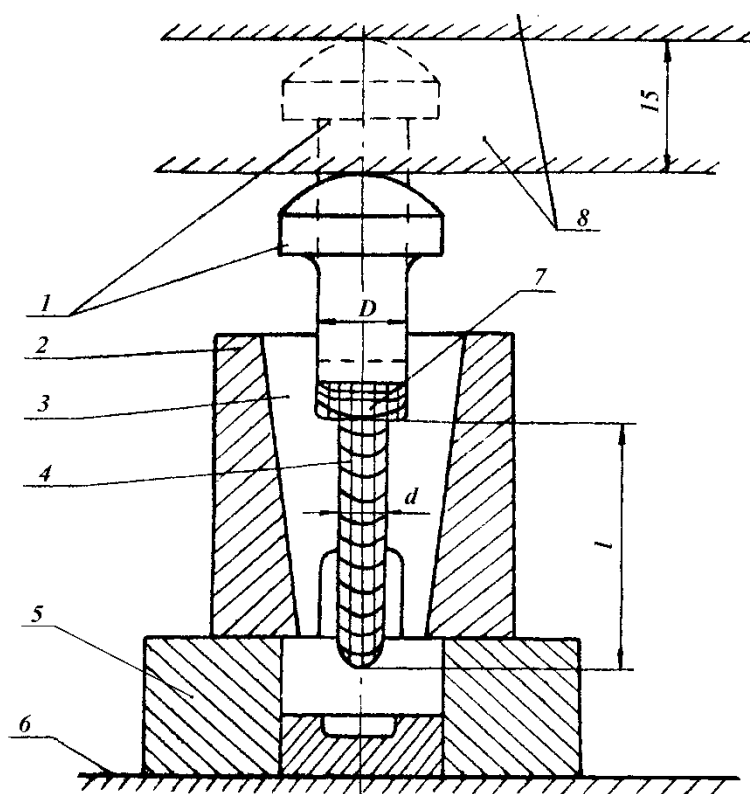


Рис. 10 Приспособление для прессования:  
 1 – пуансон, 2 – обойма, 3 – контейнер, 4 – прессуемый металл,  
 5 – основание, 6 – стол пресса, 7 – пресс остаток, 8 – траверса

#### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется в следующем порядке.

4.1. Из свинца отливают заготовки  $\varnothing 28$  мм и  $H=28$  мм в виде двух полуцилиндров. На диаметрально плоскость одного из полуцилиндров чертилкой наносят координатную сетку со стороной квадрата 4 мм как показано на рис. 11.

4.2. Выбирают составной контейнер с нужным выходным отверстием, вкладывают его в обойму и устанавливают собранную конструкцию на основание.

4.3. Половины образца (одна с координатной сеткой) складывают, полученный составной цилиндр вкладывают в контейнер и устанавливают пуансон.

4.4. Подготовленное приспособление с образцом устанавливают на площадку стола пресса. Перемещают траверсу пресса до соприкосновения с

пуансоном и с момента, когда начнет перемещаться стрелка манометра начинают отсчет. В тот момент, когда траверса переместится на 15 мм, фиксируют давление масла на манометре и прессование заканчивают.

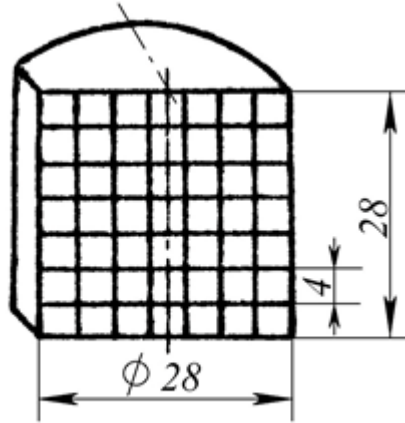


Рис. 11 Половина круглой заготовки для прессования с нанесенной координатной сеткой

4.5. После окончания прессования открывают вентиль пресса на масляной магистрали и под действием давления пружин траверса возвращается в исходное положение.

4.6. Контейнер извлекают из обоймы и извлекают из него прессованный образец. Замеряют диаметр  $D$  пресс-остатка, диаметр  $d$  и длину  $l$  отпрессованного образца. По формуле (1) определяют степень деформации:

$$\varepsilon = \frac{D^2 - d^2}{D^2} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – степень деформации, %;

$D$  – диаметр пресс-остатка;

$d$  – диаметр отпрессованного образца.

А по формуле (2) определяют коэффициент вытяжки для данной степени деформации:

$$\lambda = \frac{l}{L}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент вытяжки;

$l$  – длина отпрессованного образца, мм;

$L$  – путь, пройденный пуансоном, мм (в нашем случае  $L = 15$  мм).

4.7. Разъединяют образец по плоскости разъема на две половины и по виду координатной сетки определяют характер течения металла при различных степенях деформации. Для этого измеряют прогиб  $a$  горизонтальных линий координатной сетки как показано на рис. 12.

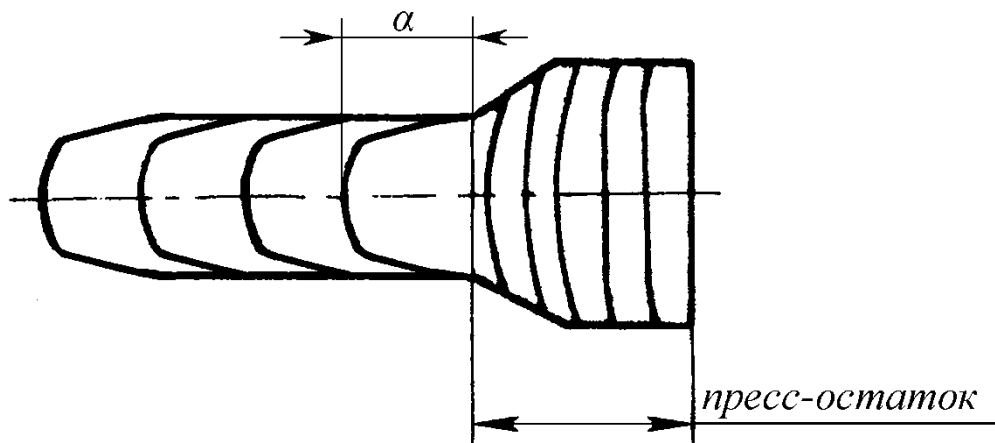


Рис. 12 Характер течения металла при прессовании

4.8. Полученные данные внести в таблицу 1.

Таблица 1

### Результаты исследования

Диаметр пресс-остатка $D$ , мм	Диаметр прессованного образца $d$ , мм	Степень деформации $\varepsilon$ , %	Рабочий ход пуансона $L$ , мм	Длина прессованного образца $l$ , мм	Коэффициент вытяжки, $\lambda$	Величина прогиба линий координатной сетки $a$ , мм
-	-	-	-	-	-	-

4.9. Построить графики зависимости  $\lambda = f(\varepsilon)$  и  $a = f(\varepsilon)$ .

4.10. Сделать выводы о влиянии степени деформации на коэффициент вытяжки  $\lambda$  и на прогиб  $a$ .

## 5. ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

5.1. Название работы

5.2. Цель работы

5.3. Теоретические сведения о прессовании

5.4. Оборудование, инструменты, материалы

5.4.1. Зарисовать приспособление для прессования

5.5. Кратко изложить последовательность работы, привести расчеты  $\varepsilon$  и  $\lambda$ , графики  $\lambda = f(\varepsilon)$  и  $a = f(\varepsilon)$ .

5.6. Выводы по работе

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение прессованию.
2. Какова роль внешнего трения при прессовании?
3. Что такое степень деформации и коэффициент вытяжки?
4. Какой вывод можно сделать по характеру изменения координатной сетки?
5. Каким образом степень деформации при прессовании влияет на неоднородность деформации по сечению?
6. Какой фактор ( $\varepsilon$ ,  $\lambda$ ,  $a$ ) свидетельствует о неоднородном характере деформации при прессовании?

## **7. ТЕСТ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

**1. Процесс выдавливания металла нагретой заготовки из замкнутой полости контейнера**

- 1) прессование
- 2) волочение
- 3) штамповка
- 4) прокатка

**2. Рабочий инструмент при прессовании**

- 1) штамп
- 2) валки
- 3) матрица
- 4) волока

**3. Какой метод прессования наиболее экономичен по расходу металла**

- 1) прямое прессование
- 2) обратное прессование

**4. При каком методе прессования усилие прессования меньше**

- 1) прямое прессование
- 2) обратное прессование

**5. Какова роль внешнего трения при прессовании?**

1) внешнее трение приводит к равномерному распределению деформаций по сечению

2) внешнее трение приводит к неравномерному распределению деформаций по сечению

3) не влияет на распределение деформаций

**6. Для устранения наклепа после холодной пластической деформации изделия подвергают**

- 1) низкому отпуску
- 2) рекристаллизационному отжигу

- 3) нормализации
- 4) изотермическому отжигу

**7. Параметр, с увеличением которого пластичность металла увеличивается, а сопротивление деформации уменьшается**

- 1) температура обработки
- 2) содержание углерода в стали
- 3) скорость деформации

**8. Прессование заключается:**

- 1) в обжатии заготовки между вращающимися валками
- 2) протягивании заготовки через сужающую полость матрицы
- 3) продавливания заготовки, находящейся в замкнутой форме, через отверстие матрицы
- 4) изменении формы и размеров заготовки путем последовательного воздействия на отдельные участки заготовки

**9. Подпрессовку при прямом прессовании заготовки используют:**

- 1) для удаления влаги
- 2) упрочнения
- 3) удаления газов

**10. При каком виде прессования можно получать заготовки с глубокими резьбовыми отверстиями?**

- 1) литьем под давлением
- 2) центробежным литьем
- 3) литьевым прессованием
- 4) выдавливанием

## Список литературы

1. Логинов Ю.Н. Прессование как метод интенсивной деформации металлов и сплавов: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 156 с.
2. Дальский А.М., Барсукова Т.М. и др. Технология конструкционных материалов. М.: Машиностроение, 2003. – 448с.
3. Каргин В.Р., Каргин Б.В., Ерисов Я.А. Моделирование прессования в программе Deform-2D. Учебное пособие. – Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2010. — 106 с.
4. Матюшкин Б.А., Денисов В.И. Технология конструкционных материалов. Учебное пособие. ИНФРА-М, 2019. – 263 с.
5. Коликов А.П., Романцев Б.А. Теория обработки металлов давлением: учебник. М.: МИСИС, 2015. – 451 с.
6. Быков А.П., Каргин В.Р., Каргин Б.В. Прессование: учеб. пособие. - Самара: Изд-во Международного института рынка, 2010. – 147 с.
7. Материаловедение и технология металлов: [учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по машиностроительным специальностям] / под ред. Г.П. Фетисова. – 5-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2007. – 862 с.
8. Ерманок М.З. Прессование труб и профилей специальной формы (теория и технология). – М.: Металлургия. 1971. – 455 с.