

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей данной лабораторной работы является систематизация и закрепление знаний студентов по разделу "Обработка металлов давлением" при изучении дисциплины "Материаловедение и технология конструкционных материалов". При ее выполнении студенты должны приобрести практические навыки в определении степени и усилий деформации при различных способах обработки металлов давлением.

Данные методические указания дополняют учебный материал, изложенный в литературе [1– 4].

Отчет по лабораторной работе оформляется в соответствии с требованиями, изложенными в методических указаниях и рекомендуемой литературе [5].

Цель работы: изучить сущность процессов прессования, волочения, применяемое оборудование и оснастку; освоить методику расчета степени деформации и определения усилий на примере данных способов обработки металлов давлением; установить зависимость усилия деформации от степени деформации.

Материалы и оборудование: гидравлический пресс с номинальным усилием 0,62 МН; лабораторный волочильный стан с тянущим усилием 4000 Н; ковочный молот с массой падающих частей 75 кг; технологическая оснастка для прямого и обратного прессования свинцовых цилиндрических прутков; набор волок; штангенциркуль; алюминиевая проволока; свинцовые образцы.

1. ИЗУЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Общие положения

При обработке давлением на заготовку действуют внешние активные силы. Силовое воздействие инструмента на обрабатываемую заготовку определяется усилием, действующим на единицу площади контакта между инструментом и заготовкой. Это усилие называется **удельным усилием деформирования** и определяется по формуле

$$\sigma_k = P/F_k, \quad (1)$$

где P – полное усилие деформирования, Н;

F_k – площадь поверхности контакта между инструментом и заготовкой, m^2 .

Под действием внешних сил в деформируемой заготовке возникают внутренние силы, противодействующие внешним и уравнивающие их. **Внутренняя сила, приходящаяся на единицу площади поперечного сечения заготовки, называется напряжением (σ)**. Напряжение является векторной величиной и определяет не только значение внутренних сил, но и их направления (рис. 1).

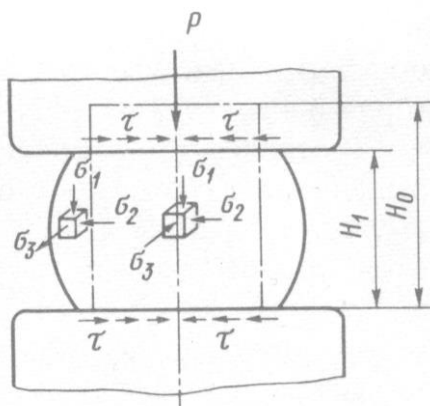


Рис. 1. Напряженное состояние металла при кузнечной осадке.

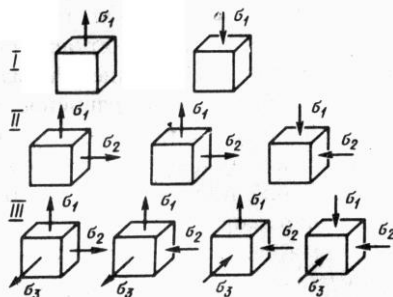


Рис. 2. Схемы главных напряжений: I – одноосное напряженное состояние при растяжении и сжатии; II – двухосное напряженное состояние; III – трехосное напряженное состояние.

Схема напряженного состояния оказывает существенное влияние на пластичность, сопротивление деформированию и полное усилие обработки давлением. Схемы главных напряжений при одноосном (линейном), двухосном (плоском) и трехосном (объемном) напряженном состоянии приведены на рис. 2. Одноосное напряженное состояние имеет место при растяжении длинного стержня (рис.3,а). Плоская пластина, растягиваемая в двух взаимно перпендикулярных направлениях, находится в условиях двухосного напряженного состояния (рис.3,б). В большинстве случаев обработки давлением, в том числе при выполнении операцийковки, металл деформируется в условиях трехосного напряженного состояния (рис. 1).

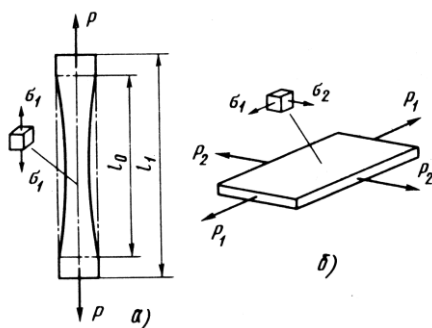


Рис. 3. Напряженное состояние металла при растяжении длинного стержня (а) и растяжении плоской тонкой пластины (б).

Каждый метод обработки давлением сопровождается действием растягивающих и сжимающих напряжений. Чем выше в деформируемом металле растягивающие напряжения, тем больше снижается его пластичность и тем вероятнее появление в нем трещин. Поэтому следует стремиться обрабатывать металл таким образом, чтобы в нем возникали сжимающие напряжения и отсутствовали растягивающие.

Процессы обработки металлов давлением возможны только тогда, когда обрабатываемый материал обладает **пластичностью – способностью необратимо изменять свою форму без разрушения под действием внешних сил.** Пластичность металлов не безгранична и в наибольшей степени зависит от схемы напряженного состояния, их химического состава и структуры, температуры и скорости деформирования.

При обработке металлов давлением относительное изменение площади поперечного сечения или линейных размеров заготовки количественно оценивается степенью деформации. При расчете степени деформации считают, что при пластическом деформировании объем заготовки остается постоянным. Так как каждый метод обработки давлением характеризуется определенными характером приложения внешних сил и схемой деформирования заготовки, расчетные зависимости для определения степеней деформаций и усилий деформирования имеют различный вид.

1.2. Расчет показателей, характеризующих процессы прессования, волочения иковки

Прессование – процесс выдавливания металла из контейнера через одно или несколько отверстий в матрице с площадью меньшей, чем поперечное сечение исходной заготовки. При прессовании реализуется одна из самых благоприятных схем нагружения – всестороннее неравномерное сжатие. Это позволяет обрабатывать даже малопластичные материалы.

Прессование может выполняться двумя методами – прямым и обратным (рис.4). Усилие при обратном прессовании примерно на 25% меньше, чем при прямом. Остающаяся в контейнере часть заготовки (пресс-остаток) почти вдвое меньше и при прямом прессовании составляет до 30–40 % от массы исходной заготовки.

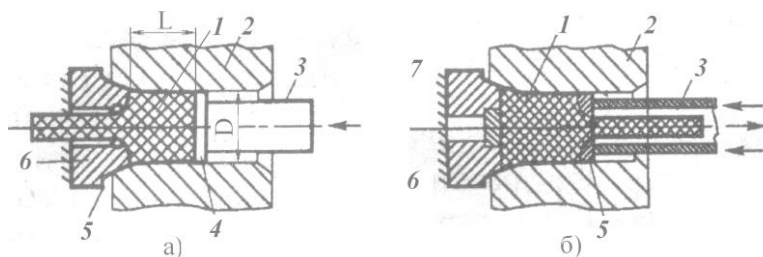


Рис. 4. Схемы прессования: а – прямого; б – обратного: 1 – заготовка; 2 – контейнер; 3 – пуансон; 4 – пресс-шайба; 5 – матрица; 6 – матрица-держатель; 7 – заглушка; L – длина заготовки, м; D – диаметр контейнера, м.

Степень деформации при прессовании характеризуется коэффициентами обжатия (ε) и вытяжки (λ):

$$\varepsilon = [(F_K - F_M)/F_K] 100 \%, \quad (2)$$

$$\lambda = F_K/F_M, \quad (3)$$

где F_K и F_M – площади поперечного сечения контейнера и матрицы, m^2 .

При прессовании изделий, которые в дальнейшем будут обрабатываться ковкой, прокаткой или волочением, минимальная вытяжка должна быть не менее 10-кратной (при прессовании вытяжка меди может достигать 280, алюминия – 1000).

Усилие прямого прессования определяется по формуле

$$P = F_K \cdot \sigma_T \left(\frac{2 \cdot L}{D} + \frac{1}{\alpha} \ln \frac{F_K}{F_M} + \frac{4f\ell}{d} \right), \text{ Н}, \quad (4)$$

где σ_T – предел текучести металла при температуре прессования, МПа;

L – длина заготовки в контейнере в момент выхода металла из отверстия матрицы, м;

D – диаметр контейнера, м;

d – диаметр цилиндрической части отверстия матрицы, м;

f – коэффициент трения;

α – угол при вершине конуса матрицы, рад;

ℓ – длина цилиндрической части отверстия матрицы, м (рис. 5).

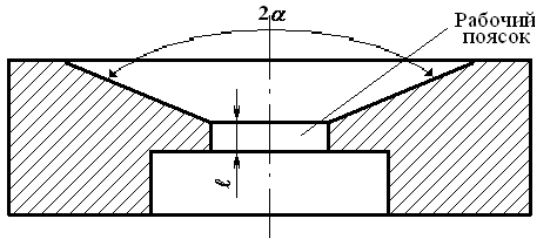


Рис. 5. Сечение типовой матрицы: 2α – угол при вершине конуса матрицы, рад; ℓ – длина цилиндрической части отверстия матрицы, м

На рис.6 представлены примеры поперечного сечения профилей, полученных прессованием.

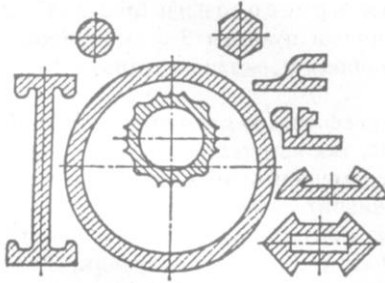


Рис. 6. Примеры прессованных профилей.

Волочение – процесс протягивания заготовок через инструмент (волоку) с целью уменьшения их площади поперечного сечения. Волочение осуществляется обычно в холодном состоянии, что обеспечивает хорошую чистоту поверхности и высокую размерную точность изделий. Схема волочения и геометрические параметры волоки представлены на рис. 7, 8.

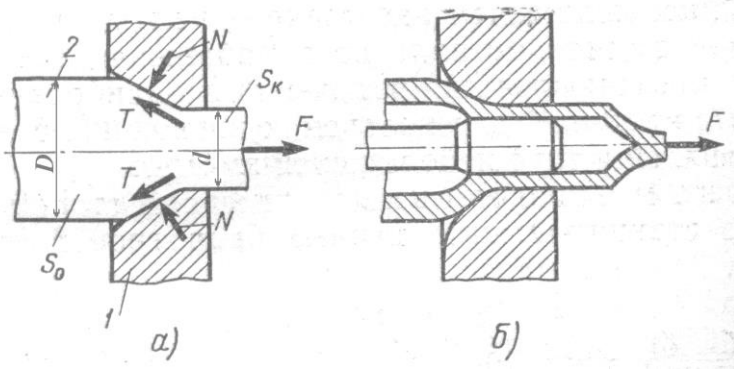


Рис. 7. Схемы волочения: а – прутка (D – диаметр заготовки, m ; d – диаметр изделия, m); б – трубы.

Степень деформации при волочении характеризуется коэффициентом вытяжки (λ) или коэффициентом обжатия (ε):

$$\varepsilon = [(F_0 - F_n) / F_0] 100 \%, \quad (5)$$

$$\lambda = 1/L = F_0 / F_n, \quad (6)$$

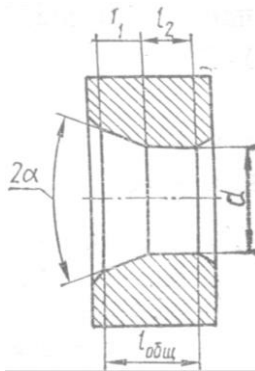


Рис. 8. Геометрические параметры волокна: d – диаметр изделия; 2α – угол при вершине конуса волокна, рад; l_1 и l_2 – длины деформирующей и калибрующей зон волокна, м.

где L, l – соответственно длины заготовки и готового изделия, м;
 F_0, F_n – соответственно площади заготовки и готового изделия, m^2 .

Для того чтобы при волочении металл не разрушался, коэффициент обжатия за один проход не должен превышать 30...35 %, а коэффициент вытяжки $\lambda = 1,25...1,45$. Эти значения определяются из условия допустимого усилия волочения, которое не должно превышать

$$P_b < \sigma_T F_0, \text{ Н}, \quad (7)$$

$$P_b < K F_n \sigma_b, \text{ Н}, \quad (8)$$

где σ_b – предел текучести металла, МПа;

$K = 0,7...0,8$ – коэффициент.

Усилие волочения сплошного прутка определяется по формуле

$$P = F_n \cdot \ell_n \left(\frac{F_0}{F_n} \right) \left[\sigma_T + f \cdot \text{ctg} \alpha_1 (\sigma_T - \sigma_q) + \sigma_q \right], \text{ Н}, \quad (9)$$

где σ_T – среднее значение предела текучести металла в очаге деформации, МПа;

σ_q – напряжение противонапряжения, МПа;

f – коэффициент трения;

α_1 – приведенный угол условного конуса деформации, рад.

$$\alpha_1 = \arctg (D-d)/2(l_1+l_2), \text{ рад}, \quad (10)$$

где D, d – диаметры соответственно заготовки и готового изделия, m , l_1, l_2 – длина соответственно деформирующей и калибрующей зон волокна, m (рис. 7, 8).

На рис.9 представлены примеры поперечного сечения профилей, полученных волочением.

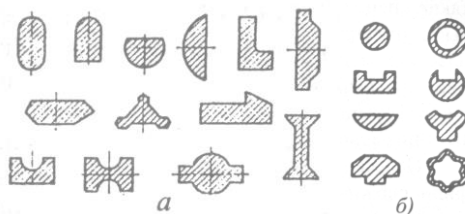


Рис. 9. Примеры профилей, полученных волочением.

Ковка – вид обработки давлением, при котором исходную заготовку деформируют универсальным инструментом – бойками: при этом течение металла в стороны перпендикулярно действующему усилию не ограничивается. Ковка предназначена для придания заготовке формы, приближающейся к форме готовой детали. Основные операции ковки – осадка, протяжка, пробивка, прошивка, гибка, скручивание, отрубка и кузнечная сверка.

При каждой кузнечной операции наблюдается определенный характер течения металла. Поэтому усилия деформирования, схемы напряженного состояния и зависимости для расчета степени деформации в каждом случае различны.

Степень деформации при осадке выражается в процентах:

$$\varepsilon = [(H_0 - H_1)/H_0] 100 \%, \quad (11)$$

где H_0, H_1 – исходная и конечная высоты заготовок, m .

Масса падающих частей молота, необходимая для осадки заготовки круглого и квадратного сечения, определяется по формуле

$$m = 1,7 \cdot 10^4 \left(1 + 0,17 \frac{D_1}{H_1} \right) \sigma_s \cdot \varepsilon_k \cdot V, \text{ кг}, \quad (12)$$

где D_1 и H_1 – диаметр и высота заготовки после осадки, m ;

σ_s – напряжение текучести металла при температуре осадки, приближенно равное пределу прочности при той же температуре, МПа (приложение);

ε_k – степень деформации за последний удар (0,025 – для крупных и 0,060 – для мелких поковок);

V – объем заготовки, м³.

Контрольные вопросы

1. Что такое пластичность металла и как она зависит от условий деформирования?
2. Что такое напряжение? Какие схемы напряженных состояний вам известны?
3. Как определяется степень деформации при прессовании, волочении, осадке?
4. От каких факторов и каким образом зависит усилие деформирования?
5. Почему при прессовании обеспечивается большая пластичность, чем при волочении?
6. Как различают свойства стального прутка до и после волочения?

2. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

После изучения раздела "Получение машиностроительных профилей. Прокатка. Волочение. Ковка" [1– 4], данных методических указаний и ответов на контрольные вопросы необходимо приступить к выполнению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство, принцип работы и особенности эксплуатации оборудования и оснастки для прессования, волочения иковки.
2. Произвести прямое прессование круглого профиля (материал образцов и получаемого прессованием профиля задается преподавателем) при различном диаметре отверстия матрицы. Результаты расчетов занести в табл. 1.
3. Определить расчетным путем (формула 4) усилие (давление) прямого прессования при различных значениях диаметра (отверстия) матрицы. Результаты расчетов занести в табл. 1.
4. Построить графики зависимости усилия (давления) прямого прессования от степени деформации для экспериментальных и расчетных значений.

5. Произвести обратное прессование круглого профиля. Результаты испытаний и вычислений занести в строку 4 табл. 1. Сравнить значения усилия (давления) деформации при прямом и обратном прессовании для одного значения диаметра отверстия матрицы.

Таблица 1. Результаты экспериментов и расчетов при прессовании

№ п.п.	Вид ОМД	Материал заготовки	Размеры заготовки, мм		Коэффициент вытяжки λ	Коэффициент обжатия ε , %	Усилие (давление) деформации	
			до деформирования	после деформирования			экспериментальная	расчетная
1	Прямое прессование	Свинец						
2	То же	То же						
3	То же	То же						
4	Обратное прессование							

6. Произвести волочение алюминиевой проволоки через волоки с заданным диаметром калибрующего отверстия (диаметры задаются преподавателем). Результаты испытаний и вычислений занести в табл. 2.

Таблица 2. Результаты экспериментов и расчетов при волочении

№ п.п.	Вид ОМД	Материал заготовки	Размеры заготовки, мм		Коэффициент вытяжки λ	Коэффициент обжатия ε , %	Усилие (давление) деформации	
			до деформирования	после деформирования			экспериментальная	расчетная
1	Волочение	Алюминий						
2	То же	То же						
3	То же	То же						

7. Определить расчетным путем (формулы 7–10) усилие (давление) волочения при различных значениях диаметра отверстия волокна. Результаты расчетов занести в табл. 2.

8. Построить графики зависимости усилия (давления) волочения от степени деформации для экспериментальных и расчетных значений.

9. Определить массу падающих частей молота для осадки круглой заготовки. Материал заготовки, ее исходные и конечные размеры задаются преподавателем.

Отчет о выполнении работы

Отчет может быть выполнен либо на отдельных листах, либо в тетради. Содержание отчета приведено ниже.

1. Фамилия, имя, отчество студента, номер группы и курса, название факультета.

2. Порядковый номер, тема и цель лабораторной работы.

3. Пояснительная часть отчета, в которой приводятся сведения о таких видах обработки металлов давлением, как прессование, волочение и ковка (определение, назначение, схема процесса, получаемая продукция, достоинства и недостатки), расчетные зависимости для определения усилий, напряжений и степени деформации при указанных способах обработки металлов давлением.

4. Табл. 1 и 2 с результатами экспериментов и расчетов.

5. Графики зависимостей усилия (давления) прямого прессования от степени деформации $P_n = f(\epsilon)$ – для экспериментальных и расчетных значений. Дать необходимые пояснения.

6. Графики зависимостей усилия (давления) волочения от степени деформации $P_v = f(\epsilon)$ – для экспериментальных и расчетных значений. Дать необходимые пояснения.

7. Масса падающих частей и марка ковочного пневматического молота для осадки заданной заготовки.

8. Выводы по работе, дата и подпись студента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суворов, И.К. Обработка металлов давлением: учебник. 2-е изд., испр. и доп. / И.К. Суворов. М.: Высш. шк., 1973.
2. Материаловедение и технология металлов: учебник / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.Н. Матюшин и др. М.: Высш. шк., 2005.
3. Технология конструкционных материалов: учебник. 6-е изд., испр. и доп. / А.М. Дальский, Г.М. Барсукова, А.Ф. Вязов и др. М.: Машиностроение, 2005.
4. Технология конструкционных материалов: лабораторные работы / И.П. Волчок, В.М. Плескач, П.А.Марченко и др. Киев: Выща шк., 1990.
5. Баранов, Л.Ф. Проекты (работы) курсовые и дипломные. Общие требования и оформление. СТП БГСХА 2.0.01-99 / Л.Ф. Баранов, А.К. Трубилов. Горки: БГСХА, 2000.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Предел прочности стали (σ_B) при ковочных температурах (ориентировочно)

Предел прочности при нормальной температуре, МПа	Температура, °С					
	800	900	1000	1100	1200	1300
400	66	45	30	22	19	14
600	111	75	54	36	22	20
800	165	111	75	51	36	24
1000	230	159	109	68	50	30