

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

И. В. Царенко, А. Я. Григорьев

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу для студентов специальностей
1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии»,
1-26 02 02 «Менеджмент» и 1-26 02 03 «Маркетинг»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2012

УДК 658.512(075.8)
ББК 34я73
Ц18

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 9 от 30.05.2011 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Металлургия и литейное производство» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Ю. Л. Бобарикин*

Ц18 **Царенко, И. В.**

Производственные технологии : лаборатор. практикум по одноим. курсу для студентов специальностей 1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии», 1-26 02 02 «Менеджмент» и 1-26 02 03 «Маркетинг» днев. и заоч. форм обучения / И. В. Царенко, А. Я. Григорьев. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – 54 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-535-054-6.

Содержит лабораторные работы, позволяющие экспериментальным путем освоить методы оценки основных свойств материалов и их структуры; изучить минеральное сырье, цветные и черные металлы и сплавы; металлообрабатывающее производство и производство изделий из синтетических полимеров.

Для студентов специальностей 1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии», 1-26 02 02 «Менеджмент», 1-26 02 03 «Маркетинг» дневной и заочной форм обучения.

УДК 658.512(075.8)
ББК 34я73

ISBN 978-985-535-054-6

© Царенко И. В., Григорьев А. Я., 2012
© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2012

Лабораторная работа № 1

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: изучить основные свойства материалов; ознакомиться с методами исследования механических свойств материалов; изучить устройство и принцип действия универсальной испытательной машины ZD-20; получить навыки снятия диаграммы растяжения.

Оборудование и принадлежности: универсальная испытательная машина ZD-20; набор образцов.

Основные положения

Выделяют четыре группы свойств материалов:

1. *Механические свойства* отражают способность материала сопротивляться силовым, тепловым, усадочным и другим напряжениям без нарушения структуры.

1.1. *Прочность* – способность материала противостоять (сопротивляться) разрушению при внешних воздействиях.

Основные прочностные характеристики: предел упругости, предел тягучести. Но самая важная характеристика – *предел прочности* образца – рассчитывается как отношение разрушающей нагрузки к площади поперечного сечения образца:

$$\sigma = F/S, \text{ МПа.}$$

Пример

Для строительного кирпича:

$$\sigma = 7,5\text{--}30 \text{ МПа}; \quad \sigma_{\text{изг}} = 15\text{--}40 \text{ МПа.}$$

Для торфяных плит:

$$\sigma = 0,5 \text{ МПа.}$$

Для стали:

$$\sigma = 500\text{--}1500 \text{ МПа.}$$

1.2. *Твердость* – способность металла сопротивляться проникновению в него других тел (шарика, конуса, пирамиды).

1.3. *Истираемость* – способность материала противостоять (сопротивляться) изнашиванию при трении. Характеризуется потерей массы за определенное время. Зависит от твердости.

2. Физические свойства.

2.1. **Плотность** – отношение массы материала к объему:

$$\rho = m/V, \text{ кг/м}^3.$$

2.2. **Пористость** – отношение объема пор к объему материала.

Колеблется от 0 (сталь, стекло) до 0,9 (плиты из минеральной ваты).

Пористость влияет на: 1) прочность; 2) способность проводить теплоту, звук, поглощать воду.

2.3. **Теплотехнические:**

2.3.1. **Теплопроводность** – способность проводить тепло (передавать тепловой поток), Вт/м³. λ показывает количество теплоты Q , которое проходит через стенку толщиной 1 м и площадью 1 м² при перепаде $t = 1$ °С в течение 1 ч.

$$\lambda = Q/(\Delta t \delta).$$

Пример:

– гранит $\lambda = 3,2\text{--}3,5$ Вт/м³;

– кирпич керамический $\lambda = 0,8\text{--}0,85$ Вт/м³;

– кетон $\lambda = 1,0\text{--}1,5$ Вт/м³;

– утеплитель: минеральная вата $\lambda = 0,06\text{--}0,09$ Вт/м³;

– вода $\lambda = 0,59$ Вт/м³;

– лед $\lambda = 2,1$ Вт/м³.

2.3.2. **Теплоемкость** – способность материала аккумулировать теплоту при нагревании (C – коэффициент теплоемкости). Если C материалов пола, стен выше, то они лучше удерживают тепло (в помещении теплее).

Каменные материалы:

$$C = 0,75 \cdot 10^3 \text{--} 0,94 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}.$$

Лесные материалы:

$$C = 2,42 \cdot 10^3 \text{--} 2,75 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}.$$

Сталь:

$$C = 0,5 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}.$$

2.3.3. **Огнестойкость** – способность материала удерживать без разрушения действие высоких температур.

По огнестойкости материалы делят на 3 группы:

– *несгораемые* – не воспламеняются в открытом пламени, не тлеют, не обугливаются (кирпич, черепица, природные камни (гранит), стали);

– *трудносгораемые* – с трудом воспламеняются, тлеют и обугливаются, если убрать источник огня, то горение прекращается (фибролит, гидроизол, асфальтовый бетон и др.);

– *сгораемые* – воспламеняются, горят и тлеют, причем и после устранения источника огня (органический металл, древесина, битумы, смолы, войлок и др.).

2.3.4. **Огнеупорность** – свойство материала противостоять длительному воздействию высоких температур не расплавляясь.

В зависимости от температуры материалы делят на 3 группы:

1) *огнеупорные* – плавятся при $t \geq 1580$ °С (шамот, динас, магнетитовый кирпич и др.);

2) *тугоплавкие* – плавятся при $1350 \leq t_{пл} < 1580$ (гжельский кирпич);

3) *легкоплавкие* – $t_{пл} < 1350$ °С (обычный глиняный кирпич).

2.4. Свойства, характеризующие устойчивость материала к воздействию воды и низких температур.

2.4.1. **Водопоглощение** – способность материала впитывать и удерживать воду. Определяется как отношение

$$\frac{(m_{\text{образец, насыщенный водой}} - m_{\text{образец сухой}})100}{m_{\text{образец сухой}}}, \%$$

– обычный кирпич: 8–20 %;

– керамическая плитка: меньше 2 %;

– гранит: 0,5–0,7 %.

2.4.2. **Водостойкость** – способность материала сохранять прочностные свойства при увлажнении. Водостойкость оценивается по коэффициенту размягчения $K_{\text{разм}}$:

$$K_{\text{разм}} = \frac{\text{Прочность при сж. насыщенного водой материала } (\sigma_{\text{нас}})}{\text{Прочность при сж. сухого материала } (\sigma_{\text{сух}})}$$

Материал считается водостойким, если $K_{\text{разм}} > 0,8$ (это гранит, бетон, асбестоцемент и др.). Характеристика важна при подборе материалов для работы во влажных условиях (бани, прачечные и др.).

2.4.3. **Водопроницаемость** – способность материала пропускать воду под давлением. Зависит от плотности, пористости. Водопроницаемость характеризуется m (V) воды, прошедшей за 1 ч через участок поверхности в 1 см^3 . Характеристика важна при подборе материалов для строительства резервуаров, для труб (водопровод, канализация).

2.4.4. **Морозостойкость** – способность материалов, насыщенных водой, выдерживать многократное циклическое замораживание и оттаивание без разрушения и без значительного уменьшения прочности. (Вода при переходе в пар расширяется на 85 %, следовательно, вода, поглощенная материалом (в порах, трещинах), после замерзания будет создавать дополнительные внутренние напряжения). Этот показатель выражен для кровельных, стеновых материалов.

2.4.5. **Влажность** – содержание (массовая доля) воды в материале, выраженное в % от его массы. Обычно устанавливается равновесие между влажностью строительной конструкции и влажностью воздуха.

3. Химические свойства.

Эта группа свойств выражает способность и степень активности материала к химическому воздействию с реагентами внешней среды, способность сохранять постоянными состав и структуру материала.

Большинство строительных материалов проявляет активность при взаимодействии с кислотами, щелочами, агрессивными газами.

3.1. **Коррозионная стойкость** – способность металла сопротивляться воздействию агрессивных реагентов среды, вызывающих коррозию.

3.2. **Атмосферостойкость** – способность неметалла (полимера, минерального материала) сопротивляться воздействию агрессивных реагентов среды, вызывающих коррозию.

3.3. **Биостойкость** – стойкость к воздействию грибов, прорастанию растений, порчи насекомыми, жучками-точильщиками. Особенно важна характеристика при работе с древесными материалами и полимерами.

3.4. **Долговечность** – комплексная характеристика способности материала сопротивляться воздействию механических, физических и химических факторов.

О долговечности материала, выражаемой в единицах времени, судят по ухудшению его качества (главных функциональных свойств).

4. Технологические свойства.

Это группа свойств, характеризующих способность материала к восприятию определенных технологических операций с целью изменения формы, размеров, свойств.

4.1. *Формуемость.*

Например, по формуемости смеси бывают: литые, жесткие, пластичные.

4.2. *Раскальваемость.*

4.3. *Шлифуемость.*

4.4. *Полируемость.*

4.5. *Дробимость.*

4.6. *Гвоздимость* (способность удерживать гвозди и принимать их).

Рассмотрим *методы определения механических свойств* материалов. Классификацию методов определения механических свойств материалов и изделий проводят по следующим признакам:

а) по схеме приложения нагрузки (растяжение, сжатие, изгиб, кручение);

б) по способу и времени действия нагрузки (статические, динамические, усталостные);

в) по температуре, при которой проводят испытания (при нормальной, пониженной или повышенной температуре).

Статические испытания проводят таким образом, что нагрузка, приложенная к образцу, возрастает с постоянной скоростью либо не изменяется в течение времени испытания.

Методы *испытаний на растяжение* регламентированы ГОСТ 1497–84. С их помощью определяют следующие механические характеристики материалов: предел пропорциональности $\sigma_{\text{пц}}$; предел упругости $\sigma_{0,05}$; модуль упругости E ; предел текучести физический σ_T ; предел упругости условный $\sigma_{0,2}$; временное сопротивление σ_B ; относительное удлинение образца после разрыва δ ; относительное сужение поперечного сечения после разрыва ψ .

Испытание на растяжение включает операции закрепления цилиндрических или плоских образцов в захватах испытательной машины и растягивании их под действием постепенно возрастающей нагрузки. Фиксируется зависимость удлинения образца Δl от прилагаемой нагрузки P , по которой строится диаграмма растяжения, схематически изображенная на рис. 1.1.

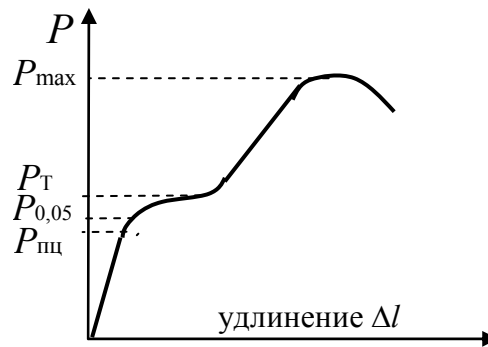


Рис. 1.1. Схематическая диаграмма растяжения

Определение предела пропорциональности $\sigma_{пц}$. $\sigma_{пц}$ – напряжение, которое материал образца выдерживает без отклонений от закона Гука, вычисляется по формуле

$$\sigma_{пц} = \frac{P_{пц}}{F_0}, \text{ МПа}, \quad (1.1)$$

где F_0 – начальная площадь поперечного сечения образца.

Определение предела упругости $\sigma_{0,05}$. $\sigma_{0,05}$ – напряжение, при котором остаточное удлинение образца достигает 0,05 % от его первоначальной длины. $\sigma_{0,05}$ характеризует прочность металлических материалов в области очень малых деформаций. $\sigma_{0,05}$ определяют по формуле

$$\sigma_{0,05} = \frac{P_{0,05}}{F_0}, \text{ МПа}. \quad (1.2)$$

Модуль упругости E – постоянная материала, характеризующая деформацию детали в пределах действия закона Гука. E , МПа, определяют как отношение растягивающего напряжения σ к упругой деформации ε образца:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}. \quad (1.3)$$

На диаграмме растяжения модуль упругости можно представить как тангенс угла наклона прямой, соответствующей начальному участку диаграммы растяжения, подчиняющемуся закону Гука.

Определение предела текучести физического σ_T и условного $\sigma_{0,2}$.
 σ_T – напряжение, при котором образец деформируется без увеличения нагрузки, (МПа) вычисляют по формуле

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0}, \text{ МПа.} \quad (1.4)$$

Прочность металлов, не имеющих четко выраженного σ_T , характеризуют с помощью предела текучести условного. Под *условным пределом текучести $\sigma_{0,2}$* понимают напряжение, при котором остаточное удлинение образца соответствует 0,2 % от его начальной длины:

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0}. \quad (1.5)$$

Определение временного сопротивления (предела прочности) σ_B .
Это основной показатель прочности материалов, который характеризует напряжение в образце, соответствующее наибольшей нагрузке и предшествующее разрушению образца. σ_B , вычисляют по формуле

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0}, \text{ МПа.} \quad (1.6)$$

Для пластичных металлов наибольшая нагрузка при растяжении соответствует не разрушению образца, а переходу его пластической деформации от равномерной к сосредоточенной на определенном (обычно более ослабленном) участке. Поэтому σ_B характеризует сопротивление материала пластической деформации.

Относительное удлинение образца после разрыва (δ) – отношение приращения длины образца $l_k - l_0$ после разрушения к начальной длине l_0 , %:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} 100. \quad (1.7)$$

Относительное сужение поперечного сечения образца после разрыва (ψ) – отношение уменьшения площади поперечного сечения образца после разрыва $F_k - F_0$ к первоначальной площади поперечного сечения F_0 , выраженное в процентах:

$$\psi = \frac{F_k - F_0}{F_0} 100. \quad (1.8)$$

Методические рекомендации

В настоящей лабораторной работе проводят испытания материалов на универсальной испытательной машине ZD-20 (Германия), позволяющей реализовать испытания на растяжение, сжатие и изгиб образцов из металла и других материалов. Большие рабочие пространства, имеющиеся в машине при испытаниях на растяжение и сжатие, допускают возможность проводить испытания не только стандартных образцов, но некоторых узлов и деталей конструкций. Узел нагружения машины – гидравлический, с приводом от электродвигателя.

Основные части установки (рис. 1.2):

1. *Основание 1.*

2. *Силовая рама*, состоящая из колонн 2, трех рабочих поперечин (нижней 3, средней 4 и верхней 5) и верхней направляющей траверсы 6. Поперечины 3 и 5 жестко соединены между собой посредством соединительных колонн. Поверхность нижней поперечины приспособлена для установки на ней опоры для испытаний на сжатие или траверсы изгиба. Верхняя поперечина силовой рамы работает только при испытаниях на растяжение и в центре имеет вертикальное сквозное отверстие для вставки зажимов, в которых крепят образцы частей. Для открытия и закрытия зажимов в верхней поперечине служит рукоятка 7. При ее перемещении вниз зажимные плашки открываются. Для фиксации закрытых и открытых зажимов предусмотрена зажимная рукоятка 8. Средняя поперечина 4 используется при испытаниях на растяжение, на сжатие и изгиб. Рукоятки 9 и 10 работают аналогично рукояткам 7 и 8, описанным выше.

3. *Устройство для измерения деформации.* Измерительная линейка прикреплена к правой колонне силовой рамы машины. На средней поперечине (которая при испытании не движется) установлена стрелка, по отношению к которой измерительная линейка устанавливается в исходное для испытания положение. При испытании стрелка, в соответствии с движением силовой рамы, показывает деформацию образца (мм).

4. *Пульт управления* состоит из:

- 1) корпуса 11, в котором размещен насос 12 и электродвигатель 13. Подача масла в рабочий цилиндр регулируется вращением маховика 14;
- 2) силоизмерительного устройства, состоящего из торсиона с силоизмерительными цилиндрами (малоинерционный стержень кручения), шкалы нагрузки 15 и переключателя пределов измерения 16;

3) самопишущего прибора, состоящего из барабана 17 и привода. Барабан служит для передвижения диаграммной ленты, перфорированной по краям;

4) панели управления 18.

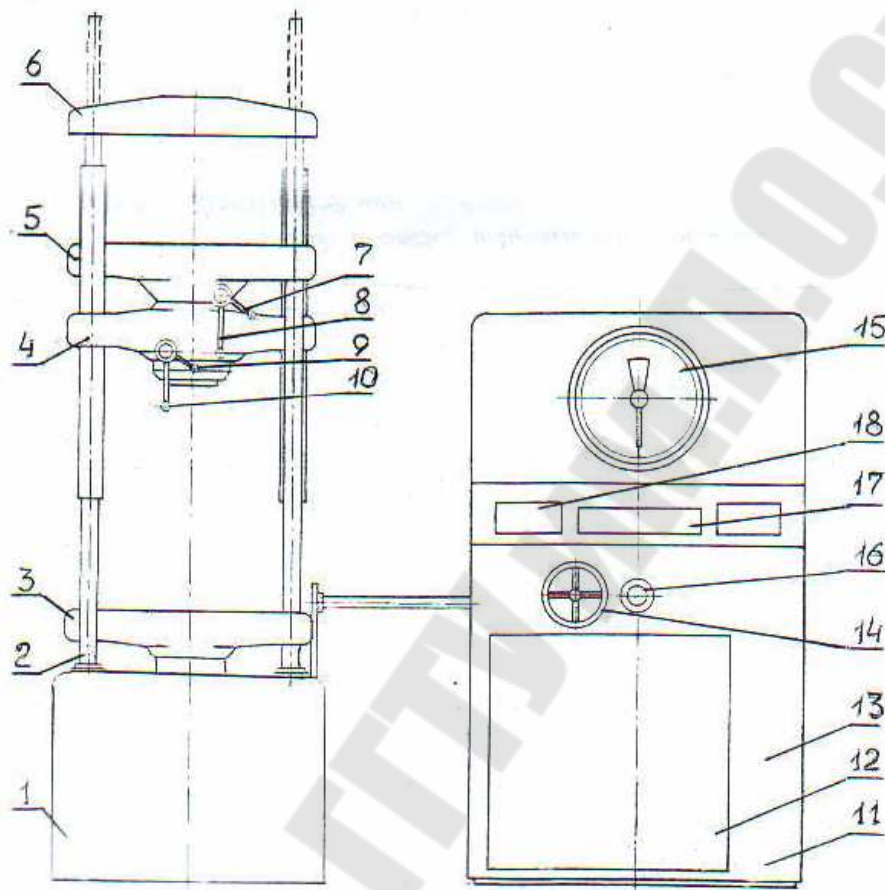


Рис. 1.2. Схема универсальной испытательной машины ZD-20

Кроме основных частей машина оснащена следующими приставками:

1. Трубчатая электропечь с управляющим и измерительным устройствами для испытания на растяжение при температурах от 300 до 900 °С, включая тензометр для измерения деформации при температурах до 600 °С.

2. Холодильная камера с термоизмерительным и регулирующим устройствами, а также тензометром для испытания на растяжение образцов при температурах от +150 до -50 °С.

3. Опоры для образцов при испытаниях на изгиб с диаметром роликов 12,5; 15; 20; 25; 30; 50 и 100 мм.

4. Призма изгиба жесткая со сменными вкладышами.

Принцип работы машины

Растягивающие усилия действуют на образец, закрепленный между поперечинами 5 и 4. Средняя поперечина в исходном для испытания положении неподвижна, верхняя – поднимается поршнем рабочего цилиндра.

Сжимающие усилия создаются между поперечинами 4 и 3, при этом верхняя поперечина остается ненагруженной.

Для проведения *испытаний на изгиб* на нижней поперечине устанавливается траверса изгиба; в среднюю поперечину вставляется призма изгиба.

Порядок выполнения работы

1. Изучить основные свойства материалов.
2. Ознакомиться с основными методами исследования механических характеристик материала.
3. Изучить устройство и принцип действия универсальной испытательной машины ZD-20.
4. Провести испытания предложенных преподавателем образцов на растяжение. Получить зависимость: нагрузка P /удлинение образца Δl (при растяжении образца).
5. По полученным данным построить диаграмму растяжения.
6. Рассчитать основные механические характеристики материала по формулам (1.1)–(1.7), результаты расчета занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Механические характеристики

Механическая характеристика	Вид испытания		
	Образец 1	Образец 2	Образец 3
$\sigma_{\text{пц}}$			
$\sigma_{0,05}$			
E			
$\sigma_{0,2}$			
σ_T			
σ_B			
δ			

7. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Теоретическая часть, содержащая описание основных свойств материала и основных методик исследования механических характеристик материала.
3. Устройство универсальной испытательной машины ZD-20 (включая рисунок).
4. Диаграмма растяжения.
5. Таблица механических характеристик исследуемых материалов.
6. Выводы, включающие сравнение прочностных свойств различных материалов.

Контрольные вопросы

1. Классификация свойств материала.
2. Основные механические характеристики материала.
3. Основные физические свойства.
4. Основные теплотехнические свойства.
5. Классификация материалов по огнестойкости.
6. Классификация материалов по огнеупорности.
7. Основные химические свойства.
8. Основные технологические свойства.
9. Что такое прочность и плотность?
10. Что такое твердость и долговечность?
11. Что такое биостойкость и влажность?
12. Что такое пористость и коррозионная стойкость?
13. Классификация методов оценки механических свойств.
14. Построение диаграммы растяжения и ее значение.
15. Как проводится испытание на растяжение?
16. Как рассчитываются $\sigma_{\text{пц}}$; $\sigma_{0,05}$; E ; σ_T ; $\sigma_{0,2}$; σ_B ; δ ; ψ ; f ?

Темы для индивидуальных заданий

1. Испытание материалов на растяжение.
2. Испытание на растяжение при повышенных и пониженных температурах.
3. Испытание на растяжение тонких листов и лент, проволоки и труб.
4. Испытание на сжатие.
5. Испытание на длительную прочность. Испытание на вязкость разрушения.

6. Испытание на ползучесть.
7. Испытание на усталость.
8. Испытание при переменных нагрузках.
9. Испытание на ударное растяжение (разрыв).
10. Испытание на ударный изгиб.
11. Испытание на кручение.
12. Испытание на чистый изгиб.
13. Испытание на простой (сосредоточенный) изгиб.
14. Общая характеристика методов исследования механических свойств материалов.
15. Классификация методов механических испытаний.
16. Статические методы механических испытаний.
17. Динамические методы механических испытаний.
18. Усталостные методы механических испытаний.
19. Определение прочностных характеристик материалов при испытании на растяжение.
20. Определение прочностных характеристик при испытании на изгиб.
21. Определение прочностных характеристик при испытании на кручение.
22. Механические испытания материалов при низких температурах.
23. Механические испытания материалов при повышенных температурах.
24. Диаграмма растяжения.
25. Диаграмма сжатия.
26. Диаграмма испытания на изгиб.
27. Диаграмма кручения.
28. Кратковременные механические испытания при повышенных температурах.
29. Изотермический метод испытаний на ползучесть.
30. Дилатометрический метод испытаний на ползучесть.
31. Релаксационный метод испытаний на ползучесть.

Литература

1. Геллер, Ю. А. Материаловедение (методы анализа, лабораторные работы и задачи) / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт. – 4-е изд. – М. : Металлургия, 1975. – С. 134–167.

2. Технология конструкционных материалов : учеб. для машиностр. специальностей вузов / А. М. Дальский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 655 с.

3. Костин, П. П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и механических материалов / П. П. Костин. – М. : Машиностроение, 1990. – С. 56–109.

Лабораторная работа № 2

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: изучить основные методы оценки структуры материалов; ознакомиться с устройством и принципом действия профилографа-профилометра; снять профилограмму поверхности детали щуповым методом.

Оборудование и принадлежности: профилограф-профилометр типа АІ модели 252, комплект образцов.

Основные положения

Под *структурой* материала понимают пространственное расположение частей материала: атомов, молекул, ионов (микроструктура), зерен, конгломератов частиц, пор, капилляров, трещин (макроструктура).

Существует связь между степенью порядка в расположении частиц микроструктуры и агрегатным состоянием вещества.

Различают две степени порядка в структуре:

1) *ближний* порядок – упорядоченность только в окружении одного атома (отдельных атомов);

2) *дальний* порядок распространяется на весь объем материала.

Газообразные вещества имеют структуру характеризующуюся отсутствием какого-либо порядка в расположении атомов (т. е. структура – хаос).

Жидкие вещества имеют структуру, характеризующуюся наличием только ближнего порядка в расположении атомов (молекул).

Для *твердых* веществ возможно существование двух вариантов структур: (а) – кристаллической и (б) – аморфной.

а) структура, характеризуемая и ближним и дальним порядком называется *кристаллической*. Атомы, ионы, молекулы в кристаллических телах соединяются в строго определенном порядке, называемом *кристаллической решеткой*. Соответственно бывает атомарная кри-

сталлическая решетка, ионная кристаллическая решетка, молекулярная кристаллическая решетка.

Кристаллическая решетка – форма расположения микрочастиц в пространстве, характеризуемая и ближним и дальним порядком. Кристаллические решетки бывают: атомарные (ковалентная связь), ионные (ионная связь), металлические (водородная связь). Тип кристаллической решетки определяет форму кристалла и свойства материала. Пример: алмаз, и графит – это кристаллы углерода, т. е. химический состав алмаза и графита один – чистый углерод (С), и тот и другой имеют кристаллическое строение, атомы расположены в строго определенном порядке. Разница только в форме кристалла: у алмаза кристаллическая решетка объемная, у графита – плоская. И как результат: алмаз – самый твердый материал в природе, графит – мягок, используется как смазка, стержень карандашей. Явление существования одного и того же кристаллического вещества в различных формах (или модификациях) называется *полиморфизмом*;

б) структура, характеризующаяся наличием ближнего порядка и отсутствием дальнего порядка (как для жидкости), называется *аморфной*. Твердые тела с такой структурой называются, соответственно, аморфными. Самый известный представитель аморфных тел – стекло. Одно и то же вещество может находиться и в кристаллическом и в аморфном состоянии. Например, SiO₂ кварц:

– кристаллическая форма SiO₂ – кварцевый песок, горный хрусталь;

– аморфная форма SiO₂ – кварцевое стекло.

Основные *методы оценки структуры материалов* – спектроскопия, рентгеноструктурный анализ. Изучение тонкой *структуры поверхности материалов* проводится с помощью методов микроскопии (оптической, электронной, зондовой). Более грубая структура (микрорельеф) поверхности твердого тела описывается набором параметров, чаще всего высотных (*H*) и шаговых (*S*). В зависимости от диапазона *S*, *H* и их отношения *S/H* различают: 1) макрогеометрические отклонения (отклонения формы детали от идеально гладкой поверхности); 2) волнистость; 3) шероховатость; 4) субмикрощероховатость. Измерение *макрогеометрических отклонений* осуществляется с помощью индикаторов, оптиметров, микрометров, лекальных линеек и другого измерительного инструмента. Измерение *волнистости* возможно с помощью метода красок и угольных пленок; растрового метода; метода теневой проекции профиля; волномеров, волногра-

фов и др. Измерение *шероховатости* осуществляется с помощью следующих методов:

1. *Метод визуального сравнения*. Метод применим только для грубо обработанных поверхностей ($Ra > 0,6$) и заключается в визуальном сравнении поверхностей детали и эталона известной шероховатости.

2. *Щуповой метод*. Игла-щуп с малым радиусом закругления (2–10 мкм) скользит по поверхности исследуемого образца, повторяя ее рельеф. Перемещения иглы в вертикальном направлении преобразуются в электрические сигналы, которые записываются в виде профилограмм. Соответственно приборы называются профилографами (профилометрами). *Достоинство* метода – простота. *Недостатки*: игла, вследствие своих размеров действует как низкочастотный фильтр, «выглаживая» поверхность; чем меньше размер иглы, тем существеннее контактные давления, даже при незначительных нагрузках и вызывающие деформацию (царапание) поверхностного слоя образца.

Методические рекомендации

Лабораторная работа предусматривает изучение структуры поверхности твердых тел методом щуповой профилометрии.

Метод щуповой профилометрии рассматривается на примере профилографа-профилометра типа АІ модели 252 (производство Россия, завод «Калибр»), который предназначен для измерения в лабораторных условиях шероховатости и волнистости поверхности плоских изделий.

Основные *составные части* прибора: а) стойка; б) мотопривод; в) блок питания; г) измерительный блок; д) счетно-решающий блок; е) датчики; ж) предметный стол; з) записывающий прибор.

На столе прибора размещен мотопривод, на котором крепится датчик. Усилие и преобразование электрических сигналов с датчика, а также управление работой прибора осуществляется блоком питания и измерительным блоком. Они связаны с расчетно-решающим блоком, предназначенным для обработки электрических сигналов и выдачи результатов измерения на цифровое устройство и записывающий прибор (для записи результатов на диаграммную ленту). На стойку устанавливается предметный стол, позволяющий перемещать измеряемую деталь в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Принцип действия прибора (рис. 2.1) основан на скольжении по неровностям исследуемой поверхности 1 алмазного шупа 2, закрепленного на датчике 3 и преобразовании возникающих при этом колебаний шупа в электрические сигналы, пропорциональные этим колебаниям.

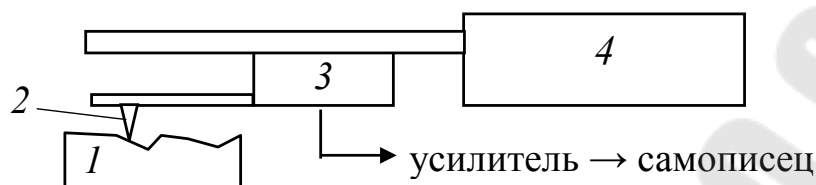


Рис. 2.1. Схема шупового профилометра:
1 – образец; 2 – игла; 3 – датчик вертикальных перемещений; 4 – привод

Прибор может быть использован для работы в качестве профилографа и профилометра.

При работе в режиме профилографа диапазон измерений (высотных) прибора может изменяться от 0,02 мкм (2000 Å) до 250 мкм; максимальная длина трассы ощупывания составляет 50 мм; вертикальное увеличение может задаваться в пределах 200–100 тыс. крат; горизонтальное увеличение – 0,5–2 тыс.

При работе в режиме профилометра прибор измеряет среднее арифметическое отклонение профиля Ra ; высоту наибольшего выступа профиля H_{\max} ; глубину наибольшей впадины профиля H_{\min} ; относительную опорную длину профиля tp ; число шагов неровностей в пределах длины трассы ощупывания n . Диапазон измерения составляет: для Ra 0,02–100 мкм; для H_{\max} и H_{\min} – 0,1–100 мкм; для tp – 0–100 %, для n – 1000 шагов. Длина трасс ощупывания при этих измерениях может изменяться от 1,5 до 6 мм.

Порядок выполнения работы

1. Изучить основные понятия, изложенные в общем положении лабораторной работы.
2. Изучить основные методы оценки структуры материалов.
3. Ознакомиться с принципом действия профилографа-профилометра модели 252.
4. Научиться снимать профилограмму поверхности и основные топографические характеристики (Ra , H_{\max} , H_{\min}) предложенной преподавателем детали в режиме профилометрирования.
5. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Теоретическая часть, включающая определения структуры (в том числе определения структуры твердого, жидкого и газообразного тел), кристаллической решетки, явления полиморфизма, основных методов оценки структуры материала и структуры поверхности материала.
3. Описание структуры поверхности (топографии) изучаемой детали: профилограмма и основные топографические характеристики поверхности (Ra , H_{\max} , H_{\min}).
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Структура материала. Макро- и микроструктура.
2. Связь между степенью порядка в расположении частиц микроструктуры и агрегатным состоянием вещества.
3. Описание структуры твердых, жидких и газообразных тел.
4. Кристаллическая решетка, виды кристаллических решеток.
5. Полиморфизм. Примеры полиморфизма.
6. Аморфная структура.
7. Основные методы оценки структуры материала.
8. Основные методы оценки структуры поверхности материала.
9. Основные параметры, описывающие микрорельеф поверхности.
10. Виды отклонений поверхности от идеальной формы и их определение.
11. Методы измерения волнистости поверхности.
12. Оценка макрогеометрических отклонений поверхности.
13. Методы оценки шероховатости поверхности.
14. Метод визуального сравнения. Достоинства и недостатки.
15. Щуповой метод. Достоинства и недостатки.
16. Принцип действия профилометра.
17. Принцип действия профилографа.
18. Разница между профилографом и профилометром.

Темы для индивидуальных заданий

1. Методы изучения химической структуры материала.
2. Метод рентгено-фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС).
3. Метод Оже-электронной спектроскопии (ОЭС).

4. Метод ультрафиолетовой фотоэлектронной спектроскопии (УФЭС).
5. Метод спектроскопии ионного рассеяния (СИР).
6. Метод вторичной ионной масс-спектрометрии (ВИМС).
7. Метод лазерного микронзондового масс-анализа (ЛАММА).
8. Метод инфракрасной спектроскопии (ИКС).
9. Метод спектроскопии комбинационного рассеяния (КР).
10. Методы электронной спектроскопии для химического анализа (ЭСХА).
11. Метод рентгеновского флуоресцентного (РФ) анализа.
12. Способы послойного анализа образца при использовании методов электронной спектроскопии.
13. Методы колебательной спектроскопии.
14. Методы электронной спектроскопии.
15. Методы изучения морфологии поверхности.
16. Метод растровой электронной микроскопии (РЭМ).
17. Метод просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ).
18. Метод сканирующей туннельной микроскопии (СТМ).
19. Метод атомно-силовой микроскопии (АСМ).
20. Методы измерения волнистости поверхности.
21. Растровый метод измерения волнистости.
22. Щуповые методы для измерения волнистости.
23. Методы измерения шероховатости.
24. Методы сравнения (визуального и с применением оптической системы) для оценки шероховатости поверхности.
25. Метод светового сечения для измерения шероховатости.
26. Интерференционный метод оценки микрогеометрии поверхности.
27. Щуповой метод оценки микрогеометрии поверхности.
28. Методы сканирующей зондовой микроскопии.
29. Метод световой сканирующей микроскопии.

Литература

1. Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах : учеб. для вузов / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак. – Минск : Выш. шк., 1999. – С. 48–57.
2. Методы анализа поверхностей / под ред. А. Зандерны. – М. : Мир, 1979. – 582 с.
3. Нефедов, В. И. Физические методы исследования поверхности твердых тел / В. И. Нефедов, В. Т. Черепин. – М. : Наука, 1983. – 293 с.

Лабораторная работа № 3

НЕРАЗРУШАЮЩАЯ ДИАГНОСТИКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И ИЗДЕЛИЯ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ИЗ НЕГО

Цель работы: изучить основные горные породы и минералы, их химический состав, структуру и область применения.

Оборудование и принадлежности: набор образцов основных горных пород и минералов, применяемых в промышленном производстве.

Основные положения

Горная порода (ГП) – природный материал, состоящий из минералов. ГП образуют слой земной коры мощностью от 15 до 60 км. **Минерал** – неорганическое химическое соединение или химический элемент (например, графит, алмаз), природный или выращиваемый искусственно, однородного химического состава и структуры. Всего известно около 2–4 тыс. минералов, но в образовании горных пород участвует 25–40 минералов. Их называют породообразующими или основными минералами. Остальные встречаются в виде примесей и называются второстепенными минералами.

По агрегатному состоянию горные породы делят на твердые (гранит, мрамор и др.) и жидкие (нефти). Твердые ГП классифицируют по плотности и размеру частиц на твердые монолитные ГП (гранит, мрамор и др.) и твердые рыхлые ГП. Твердые рыхлые ГП различаются по размеру и форме частиц и делятся на: валуны (размером более 300 мм), булыжники (размером от 100 до 300 мм), галька, щебень (размером 100–10 мм, галька по форме окатанная, щебень – остроугольный); гравий, дресва (размером 10–1 мм); песок (размером 1–0,1 мм); лёсс (размером 0,1–0,01 мм); глина (размером 0,01–0,001 мм).

По количеству входящих минералов различают одноминеральные и многоминеральные ГП.

Одноминеральные ГП – горные породы, которые состоят из одного минерала (рис. 3.1).

Примеры одноминеральных ГП:

- кварцевый песок (рис. 3.1, б, А – минерал кварц, SiO_2);
- кварцит (рис. 3.1, а, А – минерал кварц);
- гипс (рис. 3.1, а, А – минерал гипс, $\text{CaSO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$);
- каменная соль (рис. 3.1, а, А – галит, NaCl);

- мел (рис. 3.1, б, А – кальцит, CaCO_3);
- мрамор (рис. 3.1, а, А – кальцит);
- известняк (рис. 3.1, а, А – кальцит).

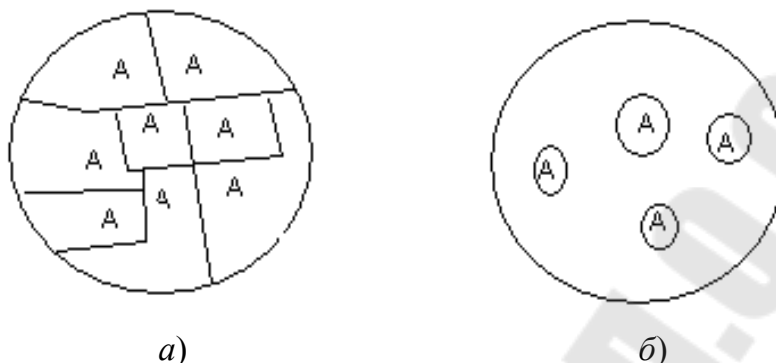


Рис. 3.1. Виды структур одноминеральных ГП:
 а – плотная горная порода; б – рыхлая горная порода; А – вид минерала

Примечание. Разные горные породы могут состоять из одного и того же минерала и отличаются друг от друга структурой. Например, горные породы – песок и кварцит – состоят из кварца SiO_2 , но песок – рыхлая ГП, кварцит – монолитная ГП. Точно так же горные породы – мел, известняк и мрамор – состоят из одного минерала – кальцита CaCO_3 , но отличаются структурой.

Многоминеральные ГП – горные породы, которые состоят из двух и более минералов (рис. 3.2).

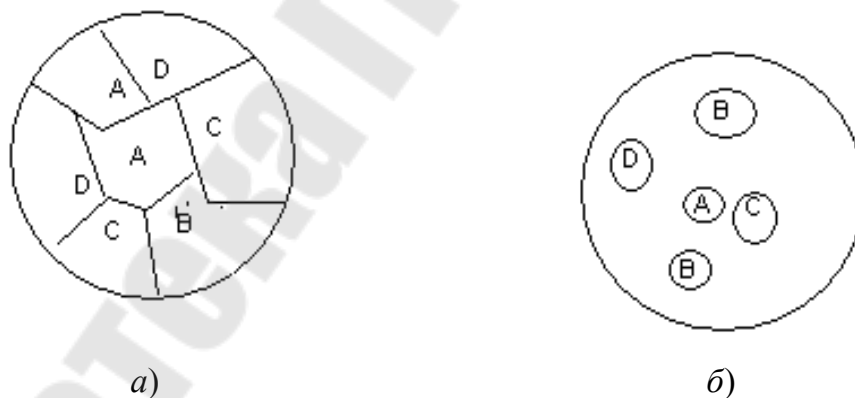


Рис. 3.2. Виды структур многоминеральных ГП:
 а – плотная горная порода; б – рыхлая горная порода;
 А, В, С, D – виды минералов

Примеры многоминеральных ГП: гранит (табл. 3.1), пески полимиктовые (табл. 3.2), глины смешанные (табл. 3.3).

Таблица 3.1

Состав гранита

Минерал		Формула, класс химических соединений	Содержание, %
A	Полевые шпаты	Алюмосиликаты Na, K, Ca Пример: ортоклаз $K(AlSi_3O_8)$	40–60
B	Кварц	SiO_2	20–40
C	Слюды	Алюмосиликаты $KAl_2(OH)_2(AlSi_3O_{12})$	5–20
D	Роговая обманка	Силикаты: $Si+O+Na, Ca, Mg, Fe$	

Примечание. Структура гранита плотная. Из гранита могут быть образованы различные рыхлые ГП: галька, щебень, булыжник, гравий и т. д.

Существует достаточно много монолитных ГП по своему минералогическому составу близких к граниту, например, сиенит (состав аналогичен составу гранита, но не содержит кварц), габбро (состав аналогичен составу гранита, но вместо слюды содержит оливин).

Таблица 3.2

Состав песка полимиктового

Минерал		Формула, класс химических соединений	Содержание, %
A	Кварц	SiO_2	90–10
B	Полевые шпаты	Алюмосиликаты	10–90

Таблица 3.3

Состав глины смешанной

Минерал		Формула, класс химических соединений	Содержание, %
A	Каолинит	Алюмосиликаты $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	Различное соотношение
B	Монтмориллонит	Алюмосиликаты $(Al, Mg)_2(OH)_2(Si_4O_{12})$	

Рыхлые ГП появляются в результате старение первичных (массивных) горных пород: обветривание приводит к механическому разрушению ГП, ее измельчению и превращению в рыхлую горную породу. При соединении рыхлой ГП с природным цементом образуется сцементированная ГП. Так, например, в результате цементации песка образуется песчаник. Далее под действием высокой температуры и/или высокого давления возможно образование метаморфических ГП, например, мрамора из известняка (мела), или гнейса из гранита.

Основные изделия, получаемые из минерального сырья, представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Изделия из минерального сырья

№	Сырье минеральное	Производство	Изделия
1	Рудные ГП Руда – минеральное сырье, содержащее металлы в количестве, пригодном для их промышленного получения	а) металлургическое производство; б) машиностроительное производство	а) металлы и сплавы; б) металлические изделия
2	Нерудные ГП: 1. Рыхлые ГП: – щебень, гравий, галька, песок, известняк, глина и др.	Строительное производство	Строительные материалы (цемент, бетон и др.)
	– песок (+добавки)	Стекловарение	Стекло
	– глина (+добавки)	Спекание	Керамика (посуда, раковины, унитазы, черепица, кирпичи и др.)
	2. Плотные ГП (граниты, кварциты, мрамор и др.)	Механическая обработка	Облицовочные, конструкционные строительные материалы

Методические рекомендации

Лабораторная работа предусматривает изучение состава и структуры основных горных пород и минералов, применяемых в промышленном производстве Беларуси. Для изучения подобран специальный комплект образцов, включающий массивные и рыхлые горные породы, первичные, вторичные и метаморфические.

Порядок выполнения работы

1. Изучить основные понятия лабораторной работы: горная порода, минерал, состав многоминеральных горных пород.
2. Научиться распознавать основные горные породы и породообразующие минералы.
3. Заполнить табл. 3.5 с указанием названия горной породы образца, предложенного преподавателем, его минерального состава и назначения.
4. Составить отчет.

Результаты наблюдений

Номер образца	Название ГП	Минералы, входящие в ГП образца	Назначение ГП
Образец 1			
Образец 2			
Образец 3			
Образец 4			

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Теоретическая часть, включающая основные определения (в том числе определения горной породы, минерала), классификацию горных пород.
3. Описание структуры образцов горной породы, предложенных преподавателем.
4. Таблица 3.5 с указанием названия ГП образца, предложенного преподавателем, его минерального состава и назначения.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Описание ГП.
2. Описание минерала.
3. Классификация рыхлых ГП по размеру частиц.
4. Классификация ГП по количеству минералов. Примеры.
5. Примеры ГП, одинаковых по составу, но разных по структуре.
6. Последовательность преобразования ГП.
7. Основные изделия, получаемые из минерального сырья.
8. Гранит. Его минералогический состав и возможная трансформация (в результате каких процессов и во что может трансформироваться гранит).

Темы для индивидуальных заданий

1. Мрамор. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
2. Кварцит. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
3. Гранит. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.

4. Известняк. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
5. Габбро. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
6. Сиенит. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
7. Диабаз. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
8. Гнейсы. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
9. Диорит. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
10. Мигматит. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
11. Волластонит. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
12. Лабрадорит. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
13. Базальт. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.
14. Порфиры. Минералогический и химический состав, свойства, получение, применение.

Литература

1. Минерально-сырьевая база Гомельской области: состояние и перспективы развития / А. А. Махнач [и др.] ; под ред. А. А. Махнача. – Минск : ин-т геохимии и геофизики НАН Беларуси. – 2009.
2. Высоцкий, Э. Ф. Геология и полезные ископаемые республики Беларусь : учеб. пособие / Э. Ф. Высоцкий, Л. А. Демидович, Ю. А. Деревянкин. – Минск : Университетская, 1996. – 184 с.

Лабораторная работа № 4

ЧЕРНЫЕ И ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Цель работы: изучить основные черные и цветные металлы и сплавы, их состав, классификацию, маркировку и область применения.

Оборудование и принадлежности: набор образцов основных черных и цветных металлов и сплавов, применяемых в народном хозяйстве.

Основные положения

Три четверти всех известных химических элементов составляют металлы. Однако чистые металлы в машиностроении почти не применяют, а используют их сплавы. *Сплав* – система, состоящая из двух или более металлов, может также содержать некоторые неметаллы, например, углерод. Если количество металлов измеряется в десятках, то количество сплавов – десятки тысяч. Более широкое применение сплавов объясняется их лучшими специальными свойствами по сравнению с чистыми металлами и, кроме того, сплавы, часто получить легче и поэтому они дешевле, чем чистые металлы.

Металлы разделяют на две группы: черные и цветные. К *черным* металлам относят железо и его сплавы: сталь и чугун. К *цветным* – все металлы за исключением железа и его сплавов.

На долю черных металлов приходится более 90 % всей массы применяемых металлов. Основное *достоинство* черных металлов – они обладают достаточной прочностью, чтобы использоваться как основной конструкционный материал, в сочетании с относительно невысокой себестоимостью (по сравнению со стоимостью большинства цветных металлов). *Железо* (Fe) – четвертый по распространенности в земной коре элемент (после O, Si, Al). Содержание железа в земной коре – 4,5 %, температура плавления ($T_{пл}$) = 1539 °С.

В зависимости от содержания углерода в сплаве различают три сплава железа с углеродом: 1) *техническое железо*: сплав Fe + C, содержащий углерода менее 0,02 % (самый «чистый» сплав на основе железа). Технически чистое железо имеет весьма ограниченное применение – в электротехнике для изготовления сердечников и якорей электрических машин; 2) *сталь*: сплав Fe + C, содержащий углерода от 0,02 до 2,14 %. Из всех металлов и сплавов сталь является наиболее применимым машиностроительным и конструкционным материалом благодаря оптимальному сочетанию характеристик; 3) *чугун*: сплав Fe + C, содержащий углерода от 2,14 до 4,5 %. Несмотря на то, что чугуны дешевле сталей, они значительно уступают сталям по свойствам и широте применения.

Общее и различие в химическом составе, структуре и свойствах стали и чугуна отражено в табл. 4.1.

Сравнительная характеристика стали и чугунов

Характеристика сравнения	Общее и различие	Характеристика сплавов	
		Сталь	Чугун
Химический состав	Общее	Fe+C+примеси (Mn, Si, P, S)+легирующие добавки (Cr, Mo, W, Ti...). <i>Легирующая добавка</i> – искусственно добавляемый элемент для придания материалу особых свойств. Пример: нержавеющая сталь (Fe+C+Cr+Ni). <i>Примеси</i> – вещества остаточные от сырья (руды)	
	Различие	C: 0,02–2,14 %, примесей меньше	C: 2,14–4,5 %, примесей больше
Структура	Общее	Кристаллическая зернистая структура	
	Различие	«С» расположен в порах кристаллической решетки Fe. Таким образом образуется твердый раствор углерода в железе (феррит, перлит)	«С» находится самостоятельно в виде: а) самостоятельного минерала (графита); б) химического соединения Fe ₃ C (карбида)
Свойства	Общее	Механическая прочность, твердость, электро-, теплопроводность	
	Различие	Более пластичный, (гибкий) сплав	Более хрупкий, твердый сплав; большинство чугунов менее прочные
Технологические свойства	Общее	Льется (обрабатывается литьем)	
	Различие	Хорошо обрабатывается давлением	Давлением не обрабатывается

Стали классифицируют:

- по *способу производства* на мартеновские, конверторные и электростали;
- по *назначению* на конструкционные, инструментальные и специальные (нержавеющие, жаростойкие и др.);
- по *химическому составу* на легированные (содержащие легирующие добавки) и нелегированные (углеродистые, легирующих добавок не содержат).

Маркировка стали в зависимости от химического состава и назначения:

1) углеродистая сталь (нелегированная), если она обыкновенного качества, обозначается буквами «Ст» и цифрами от 0 до 6, например, Ст0, Ст1. Качественные углеродистые стали маркируют двумя цифрами: 08, 10, 15, где цифра обозначает содержание углерода в сотых долях %;

2) легированная сталь маркируется цифрами и буквами: цифры перед буквами обозначают содержание углерода в сотых долях, буквы обозначают легирующие элементы (например: Н – никель, К – кобальт, Т – титан, Х – хром и т. д.), цифра после букв обозначает содержание легирующего элемента в процентах. Если содержание углерода больше 1 %, то цифра вначале не ставится. Пример: Х23Н20 (С – более 1 %, Cr – 23 %, Ni – 20 %).

Чугуны классифицируют в зависимости от того, в каком состоянии в сплаве находится углерод.

1. **Белый чугун.** Углерод находится в виде карбида (Fe_3C). 90 % всего выплавляемого чугуна – белый. Из белого чугуна не делается ни одно изделие, но он используется в качестве сырья для производства стали. Название «белый» чугун получил от цвета излома.

2. **Серый чугун.** Углерод содержится в виде пластинок графита. Это основной материал для получения чугунных изделий. Название «серый» получил от цвета излома. Маркировка: СЧ 20, где 20 – предел прочности при растяжении;

3. **Ковкий чугун** получают из белого чугуна с помощью дополнительной термообработки. Углерод находится в виде хлопьев графита. Название этого чугуна не соответствует его назначению (его ковать нельзя), оно устарело, но по традиции употребляется и по сей день. Маркировка: КЧ 60-3, где 60 – предел прочности; 3 – относительное удлинение при разрыве.

4. **Высокопрочный чугун** получают из серого чугуна добавлением марганца (Mn) или цезия (Ce). Углерод находится в виде шаровидного графита. Маркировка: ВЧ45-5, где 45 – предел прочности при растяжении; 5 – относительное удлинение при разрыве.

Цветные металлы обладают уникальными свойствами, которых нет у черных металлов, поэтому используются там, где нельзя применить черные металлы (достоинство). Однако большинство цветных металлов (кроме алюминия) достаточно редки и дороги (недостатки).

Цветные металлы можно разделить на следующие группы:

– *легкие* (имеют малый удельный вес): алюминий (Al, плотность 2,7 г/см³); титан (Ti); бериллий (Be); магний (Mg, самый легкий, плотность 1,74 г/см³) и др. Легкие металлы широко используются в транспортной, особенно в авиационной технике;

– *тяжелые*: медь (Cu, плотность 8,9 г/см³), свинец (Pb, плотность 11,7 г/см³), никель (Ni); олово (Sn); и другие. Имеют широкое применение;

– *редкие*: вольфрам (W), тантал (Ta), молибден (Mo), ванадий (V) и другие. Изделия из них в основном не делают, а применяют как легирующие элементы (добавки к другим материалам для получения особых свойств). Редкие металлы тоже можно разделить на группы: *редкие радиоактивные*: уран (U), актиний (Ac), торий (Th) и др., применяются как сырье в атомной энергетике, и *редкие рассеянные*: галлий (Ga), таллий (Tl) и др., которые не образуют собственных минералов;

– *благородные*: золото (Au), серебро (Ag), платина (Pt), палладий (Pd);

Среди цветных металлов наибольшее значение имеют Al, Cu, Ti, Mg, Au и сплавы на их основе.

Алюминий (Al) – третий по распространенности элемент земной коры (8 %) и первый по распространенности среди металлов. В свободном состоянии не встречается (быстро окисляется на воздухе), но в виде различных алюмосиликатов входит в состав большинства горных пород. Основной минерал, содержащий алюминий – глинозем (Al₂O₃). *Основные свойства*: 1) легкость, пластичность, хорошая электропроводность, высокие антикоррозионные свойства (достоинства); 2) относительно невысокая прочность (недостаток). *Применение*: машиностроение (особенно авиастроение). *Маркировка*: обозначают буквой А и цифрой, которая указывает на чистоту металла, например, А999 (0,001 % примесей). *Сплавы на основе алюминия*: 1) дуралюмины (дюралюмины): Al + Mg + Cu. Кроме перечисленных основных элементов, дуралюмины также могут содержать небольшое количество железа и кремния. Сверхлегкий и прочный сплав. Имеет широкое применение, особенно в авиации и другом транспортном машиностроении. Маркируют буквой Д. Например, фюзеляж самолета изготавливают из Д16, лопасти винтов – из Д1; 2) силумины: Al + Si (до 14 % кремния). По прочности не уступают некоторым маркам сталей, но значительно легче их. Применяются в машиностроении. Маркируют буквами АЛ. Например, поршни цилиндров изготавливают из АЛ2.

Медь (Cu). В природе встречается как в самородном состоянии, так и в виде различных минералов: медный колчедан, медный блеск, малахит и др. *Основные свойства:* высокая тепло-, электропроводность, пластичность (достоинства), относительно невысокая прочность (недостаток). *Применение меди:* электро-, радиопромышленность (контакты, провода) и др. *Сплавы на основе меди:* 1) *латуни:* Cu + Zn (до 40 %). Маркируют буквой Л. Цифра указывает на процентное содержание меди. Например, в Л90 содержится 90 % Cu и 10 % Zn. *Применение:* для изготовления различных металлических изделий; 2) *мельхиоры:* Cu + Ni. Маркируют буквами МН. Цифра указывает на содержание никеля. Например, в МН30 содержится 30 % Ni, остальное медь. *Применение:* столовые приборы, украшения, медицинский инструмент; 3) *бронзы:* Cu + другие металлы. Например, Cu + Sn (олово) – оловянистые бронзы (БрО6), Cu + Al – алюминиевые бронзы (БрА5), Cu + Be – бериллиевые бронзы (БрБ5). Буквы Бр указывают на то, что это бронза, а следующая буква – на второй металл в сплаве с медью: О – олово, А – алюминий, Б – бериллий. *Применение:* художественные изделия (памятники) и различные технические детали (подшипники и др.).

Титан (Ti). *Основные свойства:* 1) легкость, прочность, термостойкость (достоинство); 2) относительно высокая стоимость (недостаток). *Применение:* обшивки ракет, авиационные двигатели.

Магний (Mg). *Основные свойства:* 1) легкость (достоинство); 2) низкая коррозионная стойкость во влажных средах (недостаток). *Применение:* легирующая добавка в сплавах, сталях и чугунах.

Золото (Au). Проба указывает на содержание золота. Например, в золоте пробы 583 содержится золота 58,3 %, остальное – медь. Кроме меди в золотых сплавах чаще всего применяются также никель (Ni) и серебро (Ag). *Основные свойства:* 1) высокая коррозионная стойкость (достоинство); 2) высокая стоимость (недостаток). *Применение:* ювелирная промышленность, валютная ценность, покрытие в контактах, медицина (стоматология).

При выборе материала для изделия учитываются следующие факторы: 1) свойства материала; 2) условия работы изделия, 3) стоимость материала.

Методические рекомендации

Лабораторная работа предусматривает изучение свойств и области применения основных черных и цветных металлов и сплавов, используемых в промышленном производстве Беларуси. Для изуче-

ния подобран специальный комплект образцов, включающий широкий спектр металлов и сплавов: углеродистые и легированные стали, серые, ковкие и высокопрочные чугуны, алюминий, дюрали, силумины, медь, бронзы, латуни, и другие металлы и сплавы.

Порядок выполнения работы

1. Изучить основные понятия лабораторной работы.
2. Научиться распознавать основные черные и цветные металлы и сплавы.
3. Заполнить табл. 4.2 с указанием названия металла и сплава, его состава, основных свойств и применения.
4. Составить отчет.

Таблица 4.2

Характеристика образцов

Номер образца	Название металла или сплава	Химический состав сплава	Назначение металла или сплава
Образец 1			
Образец 2			
Образец 3			
Образец 4			

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Теоретическая часть, включающая основные понятия лабораторной работы.
3. Таблица 4.2 с указанием названия металла и сплава, его состава, основных свойств и применения.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Две основные группы металлов. Определение черных металлов и сплавов, их достоинства и применение.
2. Сплавы. Определение, достоинство, количество и применение.
3. Сплавы Fe + C. Сталь, чугун (определения).
4. Общее и различие в химическом составе, структуре и свойствах стали и чугуна.
5. Классификация стали.
6. Маркировка стали.

7. Классификация чугунов.
8. Маркировка чугунов.
9. Классификация цветных металлов.
10. Достоинства и недостатки цветных металлов.
11. Классификация цветных металлов.
12. Алюминий и сплавы на основе алюминия.
13. Медь и сплавы на основе меди.
14. Свойства и применение титана.
15. Свойства и применение магния.
16. Свойства и применение золота.

Темы для индивидуальных заданий

1. Литий. Свойства, технология получения, область применения.
2. Натрий. Свойства, технология получения, область применения.
3. Калий. Свойства, технология получения, область применения.
4. Кальций. Свойства, технология получения, область применения.
5. Скандий. Свойства, технология получения, область применения.
6. Ванадий. Свойства, технология получения, область применения.
7. Хром. Свойства, технология получения, область применения.
8. Марганец. Свойства, технология получения, область применения.
9. Кобальт. Свойства, технология получения, область применения.
10. Никель. Свойства, технология получения, область применения.
11. Цинк. Свойства, технология получения, область применения.
12. Галлий. Свойства, технология получения, область применения.
13. Германий. Свойства, технология получения, область применения.
14. Рубидий. Свойства, технология получения, область применения.
15. Стронций. Свойства, технология получения, область применения.
16. Иттрий. Свойства, технология получения, область применения.
17. Цирконий. Свойства, технология получения, область применения.
18. Ниобий. Свойства, технология получения, область применения.
19. Молибден. Свойства, технология получения, область применения.
20. Технеций. Свойства, технология получения, область применения.

21. Рутений. Свойства, технология получения, область применения.
22. Родий. Свойства, технология получения, область применения.
23. Палладий. Свойства, технология получения, область применения.
24. Серебро. Свойства, технология получения, область применения.
25. Кадмий. Свойства, технология получения, область применения.
26. Индий. Свойства, технология получения, область применения.
27. Олово. Свойства, технология получения, область применения.
28. Сурьма. Свойства, технология получения, область применения.
29. Цезий. Свойства, технология получения, область применения.
30. Барий. Свойства, технология получения, область применения.
31. Лантан. Свойства, технология получения, область применения.

Литература

1. Материаловедение и конструкционные материалы : учеб. пособие / Л. С. Пинчук [и др.]. – Минск : Высш. шк., 1989. – 461 с.
2. Геллер, Ю. А. Материаловедение : учеб. пособие / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1989. – 455 с.
3. Ройтман, И. А. Основы машиностроения в черчении : учеб. для вузов : в 2 кн. / И. А. Ройтман, В. И. Кузьменко. – М. : ВЛАДОС, 2000. – Кн. 1. – 224 с.
4. Технология конструкционных материалов : учеб. для машиностр. специальностей вузов / А. М. Дальский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 655 с.
5. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие для вузов / А. М. Дальский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.

Лабораторная работа № 5

ЗАГОТОВИТЕЛЬНОЕ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО. ЛИТЬЕ И ОМД

Цель работы: изучить основные виды заготовительного металлообрабатывающего производства: технологию и оборудование для получения заготовок методами литья и обработкой давлением.

Оборудование и принадлежности: станочный парк, включающий литейное и кузнечнопрессовое оборудование; комплект образцов, полученных с помощью различных видов заготовительного производства.

Основные положения

К основным заготовительным производствам металлообработки относятся: литейное производство (литье); обработка металлов давлением (ОМД); спекание металлических порошков (порошковая металлургия); резка.

Литейное производство – производство изделий (отливок) путем заливки расплавленного металла в полую форму, воспроизводящую форму изделия. Теоретически все металлы можно лить, но, чаще всего, литье применяют для получения заготовок из малопластичных металлов (например, чугун, бронза, силумин). Отливки, как правило, являются заготовками, которые затем подвергаются дальнейшей обработке.

Достоинства литья: 1) возможность использования в машиностроении наиболее дешевых чугунных деталей; 2) простота (не для всех видов литья); 3) доступность для всех металлов; 4) стоимость отливок, как правило, ниже стоимости поковок; 5) возможность получения деталей больших размеров и сложной формы (например, Царь-колокол, 20-метровые стволы орудий, станины станков).

Недостатки литья: 1) более низкие прочностные характеристики из-за наличия дефектов литья: пустот-раковин, неоднородности химического состава и других литейных дефектов (за исключением отливок, полученных особыми способами литья).

Применение литья: 1) для изделий технически неотвественных (урны, ванны, памятники, люки); 2) для изделий, которые получить методом обработки металлов давлением невозможно, либо из-за малопластичности материала (например, чугунные детали только льются), либо из-за больших размеров (например, Царь-колокол), либо из-за сложной конфигурации (например, корпуса двигателей в машине); 3) для изделий, работающих в статике (например, станины станков, памятники, урны и т. д.).

Наиболее распространенный способ литья – это *литье в разовые песчано-глинистые формы*. Этим способом получают до 85 % всех отливок. **Достоинство:** самый дешевый способ. **Недостатки:** 1) форма разовая (разрушается при выбивке); 2) качество отливки низкое (низкая

точность размеров, высокая шероховатость поверхности). *Применение:* в основном для технически неответственных деталей.

Технология этого вида производства включает следующие основные этапы:

1. Приготовление модели изделия. Модель соответствует (копирует) отливаемой детали по форме, но больше по размеру, из-за последующей усадки металла. Изготавливать модели могут, например, из дерева, а при крупносерийном производстве – из металла.

2. Приготовление песчано-глинистой формы. Материал формы: песок+глина+масло/жидкое стекло. Для приготовления формы производят следующие операции: приготавливают формовочную смесь (смешиванием песка, глины и жидкого стекла); вдавливают модель в формовочную смесь (или смесью засыпают модель); сушат форму вместе с моделью (температура до 350 °С); вынимают модель из уже сухой формы. Формы готовятся либо в полу литейного цеха, либо в специальных ящиках (опоках). В зависимости от сложности геометрической формы отливки литейные формы могут простыми или разборными (наиболее распространенные). Если в отливаемой детали есть внутренние полости, например отверстия, то на их место в форму вставляют стержни.

3. Расплав металла и заливка его в форму.

4. Выбивка отливки из формы после застывания металла (при этом форма разрушается).

Существуют и *другие способы литья*, например, литье в металлические формы («кокиль»). Кокиль – металлическая форма, изготовленная из стали или чугуна. *Достоинство* литья в кокиль: более высокое качество получаемой отливки (выше точность размеров, поверхность отливки менее шероховатая). *Недостаток* литья в кокиль: это более дорогой метод, по сравнению с литьем в разовые песчано-глинистые формы. Кроме этого известны непрерывное литье, литье под давлением, литье в керамические формы, центробежное литье, вакуумное литье, литье по выплавляемым моделям, литье в поле ультразвука, литье методом выжимания и другие способы. Достоинство всех вышеперечисленных специальных способов литья – более высокое качество отливки (выше точность размеров, ниже шероховатость поверхности), основной недостаток – более высокая стоимость. Экономическая целесообразность применения того или иного способа литья просчитывается для каждого конкретного случая.

Обработка металлов давлением (ОМД) – получение заготовок и изделий путем деформирования металла в холодном или горячем

состоянии. Давлением обрабатываются только пластичные металлы и сплавы (дуралюмины, медь, сталь, золото, латунь). При обработке давлением меняется не только форма и размеры заготовки, но и структура металла, его механические характеристики.

Достоинство ОМД: механические свойства штампованных деталей выше, чем литых.

Недостатки ОМД: 1) стоимость поковок выше, чем отливок; 2) ограниченность применения по размеру изделия (методом ОМД нельзя получить очень большие изделия); 3) ограниченность применения по материалу (ОМД обрабатываются только пластичные металлы).

Применение ОМД: около 90 % всей выплавляемой стали и 55 % цветных металлов обрабатывается давлением. В современном автомобиле около 80 % деталей получено штамповкой (один из видов ОМД).

В зависимости от температуры обрабатываемого металла различают: холодную ОМД и горячую ОМД. Температура обработки зависит и от пластичности материала (например, свинец, олово, медь обладают более высокой пластичностью, чем сталь), и от вида изделия.

Основными видами ОМД являются прокатка, волочение, ковка и штамповка.

Прокатка (рис. 5.1, а) – вид ОМД, при котором процесс деформирования металла осуществляется сдавливанием его между вращающимися валками (цилиндрами). При этом сдавливаемый металл вытягивается вдоль, сжимаясь в поперечнике. Размеры и форма поперечного сечения, полученного прокаткой изделия, определяются профилем отверстия между сжимающими металл валками. Для прокатки листов поверхность валка делается ровной, а для получения фасонного и сортового проката применяют калиброванные валки.

Волочение (рис. 5.1, б) – вид ОМД, при котором осуществляется протаскивание металла через волоку. Волока – инструмент для волочения. В результате волочения уменьшается площадь поперечного сечения, но увеличивается длина заготовки.

Ковка (рис. 5.1, в) – вид ОМД, при котором деформирование металла осуществляется ударами молота или пресса. Заготовку предварительно нагревают и подвергают многократной и прерывистой обработке ударами ручного или механизированного молота или пресса. Металл при этом течет свободно, не ограничиваясь поверхностями инструмента.

Штамповка (рис. 5.1, г, д) – вид ОМД, при котором придание формы металлу осуществляется с помощью специального инструмен-

та – штампа. Различают штамповку объемную (рис. 5.1, з) и листовую (рис. 5.1, д). Для объемной штамповки заготовкой является объемный (чаще всего нагретый) металл, а для листовой – лист (лента, полоса), полученный с помощью прокатки.

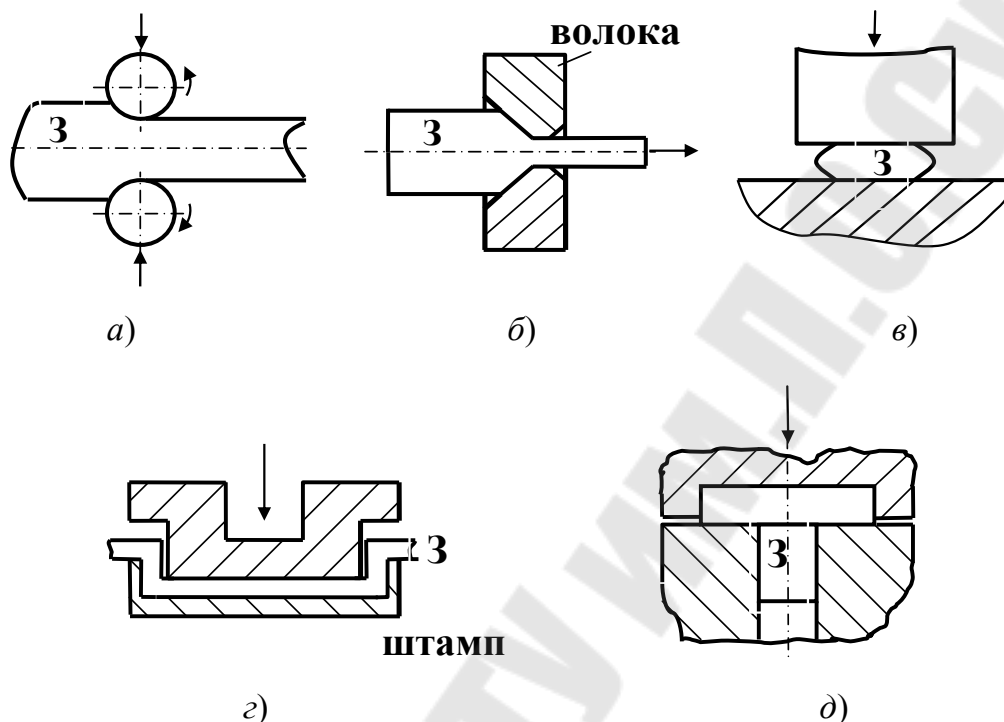


Рис. 5.1. Схемы основных видов обработки металлов давлением:
 а – прокатка; б – волочение; в – ковка; г – листовая штамповка;
 д – объемная штамповка; З – заготовка

Характеристика основных видов ОМД приведена в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Основные виды ОМД

Вид ОМД	Оборудование, инструмент	Изделие	Применение
Прокатка	Прокатный стан	Прокат: листовой, трубный, проволочный, сортовой простой (круг, квадрат и т. д.), сортовой фасонный (рельс, швеллер, угловой, тавр и т. д.)	75 % всей стали идет на изготовление проката. Основное применение проката – строительство
Волочение	Волоочильный стан Инструмент – волока	Проволока, прутки	Строительство

Вид ОМД	Оборудование, инструмент	Изделие	Применение
Ковка	Кузнечное оборудование: наковальня, ковочные молота, пресса	Поковка	Детали крупных размеров (ручная ковка), детали единичного и мелкосерийного производства (когда штамповка экономически не оправдана)
Штамповка – объемная – листовая	Пресс; инструмент – штамп	Поковка	Детали серийного и массового производства. 80 % деталей в современном автомобиле – штампованные

Длинномерные изделия, например листы и трубы, получают, как правило, прокаткой. Волочение используется для уменьшения диаметра изделия, полученного прокаткой, например, проволоки. Ковка и штамповка может быть применима для получения одних и тех же изделий, поэтому выбор конкретного метода получения заготовки осуществляется исходя из достоинств и недостатков каждого из этих методов, которые отражены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Сравнение ковки и штамповки

Характеристика сравнения	Ковка	Штамповка
Простота	«+» более простой вид ОМД	«-» более сложный вид ОМД, т. к. требуется специальный инструмент – штамп
Себестоимость	«+» более низкая себестоимость	«-» более высокая себестоимость (из-за дополнительной стоимости штампа)
Ограничение по весу	«+» коются заготовки весом до 250 т	«-» штампуются изделия весом до 350 кг
Производительность	«-» низкая	«+» высокая
Точность заготовки	«-» низкая	«+» высокая
Требуемая квалификация рабочего	«-» требуется высокая квалификация рабочего	«+» не требуется высокая квалификация рабочего

Холодная листовая штамповка – наиболее экономичный и прогрессивный метод изготовления деталей. Заготовкой для листовой штамповки является листовая прокат. Различают два вида операций листовой штамповки:

1) разделительные операции: а) вырубка (отделение детали по контуру от листовой заготовки); б) пробивка (получение отверстий) и др.;

2) формообразующие операции: а) гибка (изменение угла заготовки); б) чеканка (выдавливание рисунка); в) формовка (изменение формы листа); г) вытяжка (более глубокая формовка для получения полостных деталей); д) отбортовка (образование бортов по наружному контуру заготовки) и др.

Примеры операций листовой штамповки для производства отдельных изделий: вилка: вырубка + гибка; монета: вырубка + чеканка; ложка: вырубка + формовка; кастрюля: вырубка + вытяжка.

Методические рекомендации

Лабораторная работа предусматривает изучение технологии получения заготовок методами литья и различных видов обработки металла давлением: прокаткой, волочением, ковкой, штамповкой. Лабораторная работа проводится на базе ЛКТО, оснащенного основными видами литейного и кузнечнопрессового оборудования, а именно прессами – пресс гидравлический ПА 2634, пресс листогибочный ИГ 1428, пресс кривошипный КД2124Е, пресс кривошипный К2130В, пресс кривошипный КД2128, пресс дугостаторный ДГ2432А, пресс фрикционный Ф1750А, пресс-автомат для изготовления шайб АВ6224, холодновысадочный автомат для изготовления заклепок АА1218, гильотинные и сортовые ножницы для рубки металла, волочильный стан, молот пневматический М410, вальцы правильные 4А132М4УЗ, набор штампов, индукционная печь ИСТ006, вагранка емкостью 300 кг, печь сопротивления для плавки алюминия, литейные формы, кокиль, пресс-формы для литья под давлением.

Для изучения подобран специальный комплект образцов, включающий широкий спектр деталей, полученных с помощью различных видов заготовительного производства.

Порядок выполнения работы

1. Изучить основные понятия лабораторной работы.
2. Ознакомиться с литейным и кузнечнопрессовым оборудованием.
3. Научиться выбирать наиболее приемлемый вид заготовительного производства для детали, предложенной преподавателем.

4. Заполнить табл. 5.3 с указанием названия сырья (С), последовательно всех технологий (Т), включая название оборудования и инструмента, и промежуточных продуктов производства (Пр) для предложенного преподавателем металлического образца.

5. Составить отчет.

Таблица 5.3

Технологическая цепь

С	Т (оборудование, инструмент)	Пр	Т (оборудование, инструмент)	Пр	...	Пр

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Теоретическая часть, включающая основные понятия лабораторной работы.
3. Таблица 5.3 с указанием названия сырья (С), последовательно всех технологий (включая название оборудования и инструмента) и промежуточных продуктов производства (Пр) для предложенного преподавателем металлического образца.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Виды заготовительного производства.
2. Литье. Определение.
3. Достоинства и недостатки литья.
4. Применение литья.
5. Способы литья: наиболее распространенные и прогрессивные.
6. Достоинства и недостатки прогрессивных способов литья.
7. Основные этапы получения отливки.
8. ОМД. Определение.
9. Достоинства и недостатки ОМД.
10. Применение ОМД.
11. Основные виды ОМД.
12. Прокатка. Определение, применение, название оборудования, инструмента и изделия.
13. Волочение. Определение, применение, название оборудования, инструмента и изделия.
14. Ковка. Определение, применение, название оборудования, инструмента и изделия.

15. Штамповка. Определение, применение, название оборудования, инструмента и изделия.
16. Сравнениековки и штамповки.
17. Холодная листовая штамповка.

Темы для индивидуальных заданий

1. Непрерывное литье.
2. Литье под давлением.
3. Литье в керамические формы.
4. Центробежное литье.
5. Вакуумное литье.
6. Корковое или оболочковое литье.
7. Электрошлаковое литье.
8. Литье по выплавляемым моделям.
9. Литье в поле ультразвука.
10. Литье методом выжимания.
11. Литье в металлические формы.
12. Изотермическая штамповка.
13. Штамповка резиной.
14. Штамповка жидкостью.
15. Штамповка взрывом.
16. Магнитно-импульсная формовка.
17. Электрогидравлическая штамповка.

Литература

1. Ройтман, И. А. Основы машиностроения в черчении : учеб. для вузов : в 2 кн. / И. А. Ройтман, В. И. Кузьменко. – М. : ВЛАДОС, 2000. – Кн. 1. – 224 с.
2. Основы технологии важнейших отраслей промышленности / под ред. И. В. Ченцова. – Минск : Выш. шк., 1989. – 325 с.
3. Литейное производство : учеб. для вузов / под ред. Н. Б. Куманина. – М. : Машиностроение, 1971. – 319 с.
4. Литейное производство : учеб. для вузов / А. М. Михайлов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1987. – 255 с.
5. Брюханов, А. Н. Ковка и объемная штамповка : учеб. пособие для вузов / А. Н. Брюханов. – М. : Машиностроение, 1975. – 408 с.
6. Охрименко, Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства : учеб. для вузов / Я. М. Охрименко. – М. : Машиностроение, 1976. – 560 с.

Лабораторная работа № 6

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Цель работы: изучить основные методы обработки металлов резанием (ОМР): технологию и оборудование для получения деталей механической обработкой.

Оборудование и принадлежности: станочный парк, включающий основные виды металлорежущих станков; комплект образцов, полученных с помощью различных видов ОМР; комплект различных металлорежущих инструментов.

Основные положения

Хотя в современном машиностроении имеется тенденция к снижению объема обработки металлов резанием (ОМР) за счет повышения точности исходных заготовок (получаемых, например, методами литья или ОМД), но большинство деталей машин изготавливается с использованием технологии ОМР. **Обработка металлов резанием** (механическая обработка) – обработка со снятием стружки. Цель механической обработки – получение необходимой формы, размеров детали и чистоты поверхности (шероховатости). Оборудование – металлорежущие станки (МРС). Краткое описание основных видов механической обработки представлено в табл. 6.1 и на рис. 6.1.

Таблица 6.1

Наиболее распространенные способы механической обработки

Способ	Применение	Движение	Станок	Инструмент
Точение	Для обработки цилиндрических деталей	Вращение цилиндрической детали	Токарный	Резец
Сверление	Для получения и обработки отверстий	Вращение инструмента, деталь не подвижна	Сверлильный	Сверло, зенкер, развертка и др.
Шлифование	Для уменьшения шероховатости поверхности	Вращение инструмента	Шлифовальный	Шлифовальный круг
Фрезерование	Для обработки поверхностей, отверстий и др.	Вращение инструмента	Фрезерный	Фреза

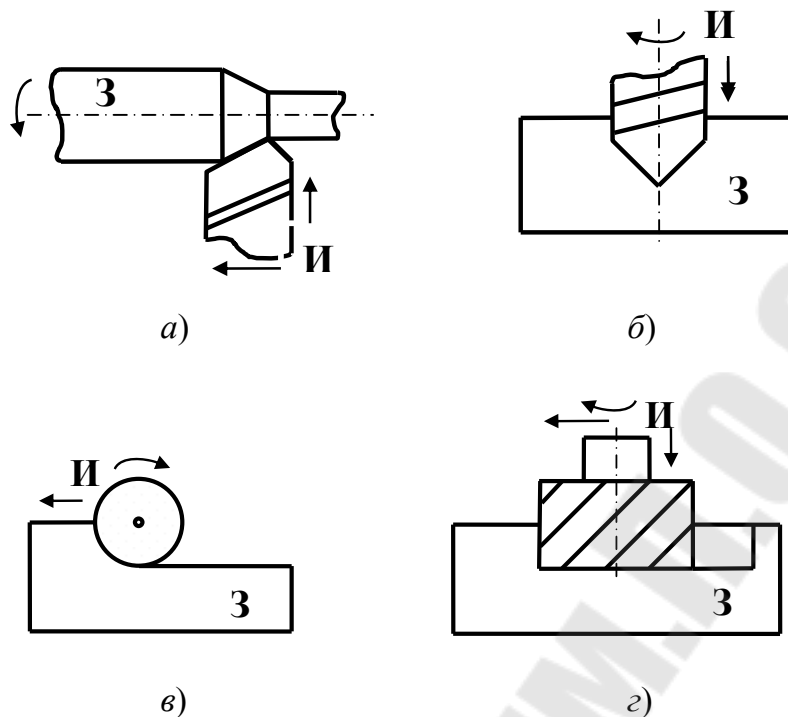


Рис. 6.1. Схемы основных видов механической обработки металлов:
 а – точение; б – сверление; в – шлифование; г – фрезерование;
 З – заготовка; И – инструмент

Кроме отмеченных выше основных видов, ОМР также включает строгание, долбление, протягивание.

В маркировке станков первая цифра указывает на назначение (группу) станка: 1 – токарные, 2 – сверлильные, 3 – шлифовальные, 4 – электрофизические, электрохимические, 5 – зубо-, резьбообрабатывающие, 6 – фрезерные, 7 – строгальные, 8 – разрезные, 9 – разные.

Например, 16К20 – токарный станок, 6Р13 – фрезерный станок, 2М125 – сверлильный станок.

Методические рекомендации

Лабораторная работа предусматривает изучение технологии получения деталей из заготовок методом обработки металлов резанием. Лабораторная работа проводится на базе ЛКТО, оснащенного основными видами механического оборудования, а именно станками токарной группы – токарно-винторезный станок 1А616, токарно-револьверный станок 1425, токарно-винторезный станок 1К62, станками сверлильной группы – вертикально-сверлильный станок 2Р135Ф2-1, настольно-сверлильный станок 2М112А, вертикально-сверлильный станок 2Н135, станками шлифовальной группы – плоскошлифовальный станок 372Б,

круглошлифовальный станок 3А227, плоскошлифовальный станок 3Д711ВФ11, полировальный станок 3Б853, плоскошлифовальный станок 3ГН1, зубо-, резьбообрабатывающими станками – полуавтомат резьбофрезерный 5Д63Г, станок зубодолбежный 5111, станок зубофрезерный 53А05В, станками фрезерной группы – станок универсально-фрезерный 6Р81, станок горизонтально-фрезерный 6Р80, станок фрезерный 6Н81; станками строгальной группы – станок поперечно-строгальный 7Д36; станками разрезной группы – станок ножовочный 8Б72К, станок фрезерно-отрезной 8А641.

Для изучения подобраны: 1) специальный комплект образцов, включающий широкий спектр деталей, полученных с помощью различных видов обработки металлов резанием – точения, сверления, фрезерования, шлифования, и т. д.; 2) комплект различных металло-режущих инструментов, таких как резец, сверло, зенкер, развертка, цилиндрическая фреза, торцевая фреза, дисковая фреза, фасонная фреза, протяжка, плашка, метчик, шлифовальный круг и др.

Порядок выполнения работы

1. Изучить основные понятия лабораторной работы.
2. Ознакомиться с оборудованием и инструментами для проведения обработки металлов резанием.
3. Научиться определять вид механической обработки на примере образцов деталей, предложенных преподавателем.
4. Заполнить табл. 6.2 с указанием названия инструмента и вида МРС, где он применяется для образцов инструментов, предложенных преподавателем.

Таблица 6.2

Результаты наблюдений

Образец инструмента	Название инструмента	Вид МРС
Инструмент 1		
Инструмент 2		
Инструмент 3		
...		

5. Заполнить табл. 6.3 с указанием вида МРС, на которых обрабатывались образцы, предложенные преподавателем.

Таблица 6.3

Результаты наблюдений

Образец детали	Вид МРС
Деталь 1	
Деталь 2	
Деталь	

6. Заполнить табл. 6.4 с указанием названия заготовки и последовательно всех металлорежущих операций (включая название оборудования и инструмента) для предложенного преподавателем образца.

Таблица 6.4

Результаты наблюдений

Заготовка	Вид ОМР, оборудование, инструмент	Деталь	Вид ОМР, оборудование, инструмент	Деталь	...	Деталь

7. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Теоретическая часть, включающая основные понятия лабораторной работы.
3. Таблица 6.2 с указанием названия инструмента и вида МРС, где он применяется для образцов инструментов, предложенных преподавателем.
4. Таблица 6.3 с указанием вида МРС, на которых обрабатывались образцы, предложенные преподавателем.
5. Таблица 6.4 с указанием названия заготовки и последовательно всех металлорежущих операций (включая название оборудования и инструмента) для предложенного преподавателем образца.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. ОМР. Определение.
2. Цель механической обработки.
3. Виды ОМР.
4. Точение. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.

5. Фрезерование. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
6. Шлифование. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
7. Сверление. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
8. Маркировка станков.

Темы для индивидуальных заданий

1. Стругание. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
2. Протягивание. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
3. Долбление. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
4. Суперфиниширование. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
5. Хонингование. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
6. Прогрессивные материалы для режущего инструмента.
7. Зенкерование. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
8. Развертывание. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
9. Зенкование. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
10. Анодно-механическая обработка. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
11. Обработка жидкой абразивной струей. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
12. Алмазное выглаживание. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
13. Вибрационное выглаживание. Применение, характер движения заготовки и инструмента, название станка и инструмента.
14. Ультразвуковая обработка металлов.
15. Электроискровая обработка металлов.
16. Лазерная обработка металлов.

Литература

1. Ройтман, И. А. Основы машиностроения в черчении : учеб. для студентов высш. учеб. заведений : в 2 кн. / И. А. Ройтман, В. И. Кузьменко. – М. : ВЛАДОС, 2000. – Кн. 1. – 224 с.
2. Основы технологии важнейших отраслей промышленности / под ред. И. В. Ченцова. – Минск : Выш. шк., 1989. – 325 с.
3. Основы технологии машиностроения : учеб. для вузов / Е. И. Махаринский [и др.]. – Минск : Выш. шк., 1997. – 424 с.

Лабораторная работа № 7

ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

Цель работы: изучить основные методы переработки синтетических полимеров в изделия.

Оборудование и принадлежности: литьевая машина, пресс, пресс-форма, экструдер, комплект образцов полимеров, полученных с помощью различных технологий.

Основные положения

Полимеры – химические соединения с высокой молекулярной массой (от нескольких тысяч до многих миллионов), молекулы которых (макромолекулы) состоят из многократно повторяющихся звеньев (мономеров). Число повторяющихся звеньев, которым определяется длина цепи макромолекулы полимера, называется степенью полимеризации n .

По происхождению различают полимеры:

– **природные** – образуются в результате жизнедеятельности растений и животных. Это полисахариды (целлюлоза, крахмал), белки, латекс и др.;

– **искусственные** – являются продуктом переработки природных полимеров; при этом сама структура основных цепей полимера остается неизменной. Например, натуральный каучук, изготавливаемый из латекса, целлулоид, получаемый модификацией целлюлозы и др.;

– **синтетические** – вещества, получаемые в результате синтеза из низкомолекулярных веществ (мономеров) и не имеющие аналогов в природе. Название полимера образуется от названия мономера с приставкой поли-. Например, полиэтилен, полистирол, и др.

По химическому составу различают полимеры:

– **органические** – основные цепи содержат только атомы углерода;
– **элементоорганические** – основные цепи содержат кроме углерода и другие элементы, например, кремний, алюминий. В природе таких веществ нет, они получены искусственно;

– **неорганические** – их основу составляют оксиды кремния, алюминия, кальция. Углеродородный скелет отсутствует. К ним относятся керамика, слюда.

По отношению к нагреву различают полимеры:

– **термопластичные** – при нагреве размягчаются, а при охлаждении переходят в твердое состояние без изменения своих первоначальных свойств. Поскольку этот процесс обратим, то такие полимеры могут перерабатываться вторично. К термопластам относятся: полиолефины (полиэтилен и полипропилен), стирольные пластики (полистирол), виниловые пластики (поливинилхлорид, поливинилбутираль), фторопласты (политетрафторэтилен) и др.;

– **терморезистивные** – полимеры, в которых при нагревании происходят не обратимые процессы; поэтому вторичной переработке подвергаться не могут. Например, эпоксидные пластики (эпоксидная смола), фенопласты (фенолоформальдегидная смола), полиэфирные, полиакриловые волокна.

Основные виды полимерных материалов – пластмассы, волокниты (волокнистые материалы), слоистые пластики, пленки, покрытия, клеи.

Основные свойства высокомолекулярных соединений:

- 1) труднорастворимость или вообще не растворимость;
- 2) нелетучесть;
- 3) не имеют ясно выраженной точки плавления, а некоторые из полимеров разлагаются до плавления;
- 4) эластичность (способность к высоким обратимым деформациям при относительно небольшой нагрузке) и гибкость (для большинства полимеров);
- 5) оптимальное соотношение свойств прочность/масса.

Основным сырьем для производства синтетических полимеров являются продукты переработки органических полезных ископаемых (в основном нефти или углей), из которых сначала получают органические мономеры. Далее из мономеров получают (синтезируют) полимеры с помощью какого-либо из процессов органического синтеза: полимеризацией, или поликонденсацией.

Полимеризация – процесс образования высокомолекулярных соединений – полимеров по принципу $nM \rightarrow M_n$, где M – молекула мо-

номера, M_n – макромолекула из n мономерных звеньев. В промышленности применяют блочную, эмульсионную, лаковую, капельную или бисерную полимеризацию, каждая из которых имеет свои технологические особенности. Если при получении полимеров участвуют два различных мономера, то такой процесс называется *сополимеризацией*. Полимеризация или сополимеризация происходит *без выделения побочных продуктов*.

При цепной полимеризации молекулярная масса возрастает почти мгновенно. В естественных условиях такой процесс невозможен (все природные полимеры образованы иным путем – по принципу поликонденсации). Реакция полимеризации проходит в сложных аппаратах (реакторах) под воздействием определенных факторов: температуры, химических веществ (катализаторов), электромагнитного излучения, электрического тока и других факторов.

Применение: производство термопластичных полимеров (полиэтилен, полипропилен, полистирол и др.).

Поликонденсация – объединение мономеров, сопровождающееся изменением их химического состава, а часто и *выделением побочных продуктов* (H_2O , CO_2 и др.). Эта реакция происходит медленнее, чем полимеризация, т. к. полимер образуется постепенно: от мономера к димеру, потом к тримеру, тетрамеру и т. д. Именно эта реакция реализуется в природе (при создании природных полимеров), т. к. не требует особых условий. В реакцию поликонденсации вступают как одноименные мономеры (гомополиконденсация), так и мономеры различного химического состава (гетерополиконденсация).

Применение: производство терморезистивных полимеров (полиэфиры, полиамиды, аминопласты, фенопласты и др.).

Основные технологии получения изделий из синтетических полимеров:

1. **Компаундирование** – создание полимерной композиции путем введения в смесь различных функциональных ингредиентов, таких как: пластификаторы (для размягчения полимера, повышения его гибкости), вулканизирующие агенты (для вулканизации эластомеров), отвердители, стабилизаторы (для защиты от термической, окислительной и фотодеструкции), наполнители, красители, пламегасители, и др. Необходимые ингредиенты смешивают с гранулами первичного полимера в смесителях или мешалках, а затем сплавляют все компоненты в единый полимерный компаунд.

2. **Литье**. Метод применяется для производства изделий из термопластичных полимеров. Полимерный компаунд расплавляют и за-

ливают в форму, соответствующую изделию. Формы для литья изготавливают из алебаstra, стекла или свинца. В процессе отверждения полимера происходит его усадка, что облегчает извлечение изделия из формы. Оборудование – литьевые машины, инструмент – литьевая форма.

3. **Прессование.** Метод широко используется для производства изделий из термореактивных полимеров. В процессе прессования термореактивный материал подвергается однократному воздействию температуры и давления. Оборудование – пресс, инструмент – пресс-форма.

4. **Экструзия.** Метод получения, в основном, пленочных, волокнистых, листовых материалов. Кроме этого экструзией получают полимерные шланги, трубы, ремни. Профиль изделия задается формой выходного отверстия головки экструдера, через которое выдавливается расплавленный пластик.

5. **Вспенивание.** Метод применяется для получения пено- и губкообразных материалов. Обычными вспенивающимися полимерами являются полиуретан, полистирол, полиэтилен, ПВХ, и пр. Через расплавленный полимерный компаунд продувают воздух или азот до его полного вспенивания. Вспенивание может достигаться также добавлением в полимерную массу пенообразователей.

6. **Армирование.** При армировании пластической матрицы высокопрочным волокном получают системы, называемые «армированные волокнами пластики» (АВП). Красивый внешний вид, небольшой вес, и коррозионная стойкость – основные достоинства этих материалов, имеющих широкое применение (от емкостей для хранения кислот до обшивки морских судов). Существует несколько методов армирования: метод пропитки распылением, метод наматывания волокна и др.

7. **Прядение волокон.** Существуют три принципиально различных метода прядения: прядение из расплава, сухое и мокрое прядение. В процессе прядения из расплава полимер находится в расплавленном состоянии, а в других случаях – в виде растворов. Однако во всех случаях полимер, в расплавленном или растворенном состоянии, протекает через многоканальный мундштук, представляющий собой пластину с очень мелкими отверстиями для выхода волокон.

Методические рекомендации

Лабораторная работа предусматривает изучение технологии получения изделий из синтетических полимеров методами литья, прессования и экструзии. Лабораторная работа проводится на базе инсти-

туда механики металлополимерных систем (ИММС НАБ), располагающего оборудованием для переработки полимеров вышеперечисленными методами, а также достаточным количеством полимеров и полимерных изделий.

Для изучения подобран специальный комплект образцов, включающий широкий спектр деталей, полученных с помощью различных технологий переработки полимеров.

Порядок выполнения работы

1. Изучить основные понятия лабораторной работы.
2. Ознакомиться с технологией и оборудованием для получения полимерных изделий методами литья, прессования и экструзии.
3. Научиться определять вид обработки на примере образцов деталей, предложенных преподавателем.
4. Заполнить табл. 7.1 с указанием сырья (С) и последовательно всех технологий (Т) и промежуточных продуктов (Пр) вплоть до получения полимерного изделия для предложенного преподавателем образца.

Таблица 7.1

Технологическая цепь

С	Т	Пр	Т	Пр	...	Изделие

5. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Теоретическая часть, включающая основные понятия лабораторной работы.
3. Таблица с указанием сырья и последовательно всех технологий и промежуточных продуктов вплоть до получения полимерного изделия для предложенного преподавателем образца.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Полимеры. Определение.
2. Классификация полимеров по происхождению.
3. Классификация полимеров по химическому составу.
4. Классификация полимеров по отношению к нагреву.

5. Основные виды полимерных материалов.
6. Основные свойства высокомолекулярных соединений.
7. Сырье для получения синтетических полимеров.
8. Технологии получения синтетических полимеров.
9. Полимеризация. Принцип технологии. Оборудование и применение.
10. Поликонденсация. Принцип технологии. Оборудование и применение.
11. Компаундирование.
12. Получение полимерных изделий методом литья.
13. Получение полимерных изделий методом прядения волокон.
14. Получение полимерных изделий методом вспенивания.
15. Получение полимерных изделий методом экструзии.
16. Получение полимерных изделий методом армирования.
17. Получение полимерных изделий методом прессования.

Темы для индивидуальных заданий

1. Производство и применение полиэтилена.
2. Производство и применение полистирола.
3. Производство и применение полипропилена.
4. Производство и применение полиуретана.
5. Производство и применение полиамида.
6. Производство и применение полиметилметакрилата.
7. Производство и применение капроновых волокон и изделий из них.
8. Производство и применение полиэфирных волокон и изделий из них.
9. Производство и применение эпоксидных пластиков.
10. Производство и применение полиимидов.
11. Производство и применение фенопластов.

Литература

1. Технология конструкционных материалов : учеб. для машиностр. специальностей вузов / А. М. Дальский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 655 с.
2. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие для вузов / А. М. Дальский [и др.]. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.
3. Физический энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Сов. энцикл., 1983. – 928 с.

Содержание

<i>Лабораторная работа № 1. Методы оценки основных свойств материалов</i>	3
<i>Лабораторная работа № 2. Методы оценки структуры материалов</i>	15
<i>Лабораторная работа № 3. Неразрушающая диагностика минерального сырья и изделия, получаемые из него</i>	21
<i>Лабораторная работа № 4. Черные и цветные металлы и сплавы</i>	26
<i>Лабораторная работа № 5. Заготовительное металлообрабатывающее производство. Литье и ОМД</i>	34
<i>Лабораторная работа № 6. Методы обработки металлов резанием</i>	43
<i>Лабораторная работа № 7. Производство изделий из синтетических полимеров</i>	48

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Царенко Ирина Владимировна
Григорьев Андрей Яковлевич**

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Лабораторный практикум
по одноименному курсу для студентов специальностей
1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии»,
1-26 02 02 «Менеджмент» и 1-26 02 03 «Маркетинг»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор
Компьютерная верстка

*А. Д. Федорова
Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 28.02.12.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 3,53.

Изд. № 77.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр Учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48