

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра технологии функциональных и конструкционных материалов

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
"ИСТОРИЯ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ И ТЕХНОЛОГИЯХ"**

Направление подготовки	22.03.01 «Материаловедение и технологии
	материалов»
Квалификация(степень) выпуска	бакалавр
Форма обучения	очная

Составитель
Д.т.н., профессор В.А. Кечин
А.В. Киреев

Владимир 2017 г.

Данные методические указания включают рекомендации по содержанию и выполнению практических работ по дисциплине «История науки о материалах и технологиях» для студентов направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ОПОП направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» ВлГУ, рабочей программы дисциплины «История науки о материалах и технологиях». Составитель д.т.н., профессор Кечин В.А., Киреев А.В. Владимир : 2017., 30 с.

Рассмотрены и одобрены на заседании УМК направления 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
Протокол № 8 от 7.05.2017 г.

**Рукописный фонд кафедры
ТФиКМ ВлГУ**

Методические указания к практическим работам по дисциплине "История науки о материалах и технологиях " /Владим. гос. ун-т; Сост. В.А. Кечин, А.В. Киреев, Владимир, 2017. 30 с.

Методические указания являются руководством к проведению практических занятий по дисциплине «История науки о материалах и технологиях», содержат общие сведения о истории развития материаловедения, литейного производства и металлургии. В указаниях представлены краткие теоретические представления, даны объемы и порядок выполнения практических работ, а также рекомендации по составлению отчетов и организации работ в период выполнения задания.

Табл. . Библиогр.: назв.

© Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2017

Введение

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «История науки о материалах и технологиях» написаны в соответствии с учебной программой курса по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

В результате освоения данной дисциплины у студентов формируются основные профессиональные компетенции, отвечающие требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО), к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Таблица 1

Требования к результатам освоения программы бакалавриата

Код	Требования к результатам освоения программы бакалавриата
ОПК-3	готовность применять фундаментальные математические, естественно-научные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины «Литейные сплавы и основы плавки» обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать: содержание учебного плана подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»; особенности и специфику профильной подготовки в рамках направления «Материаловедение и технологии материалов»; общие представления о технологических процессах и материалах (ОПК-3);

Уметь: осознавать социальную значимость своей будущей профессии; использовать общие представления о влиянии структуры на свойства материалов (ОПК-3);

Владеть: способностью применять общеинженерные знания в профессиональной деятельности (ОПК-3).

Практические занятия являются формой групповой аудиторной работы в небольших группах для освоения практических навыков с целью формирования компетенций, необходимых для освоения ОПОП ВО (ОПК- 3).

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА И ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

До начала выполнения работы студент должен подготовиться к ней, пользуясь для этого программой и соответствующей литературой. Подготовленность студента к выполнению задания проверяется преподавателем до начала работы.

В процессе проведения практических работ студенты должны:

- анализировать получаемые результаты, а также консультироваться по ним с преподавателем;

- заносить полученную информацию в тетрадь или на листы формата А4 с тем, чтобы после окончания работы студент мог предоставить преподавателю материалы выполненного задания для предварительной проверки.

Отчет по практическим работам оформляется каждым студентом в тетради или на стандартных листах формата А4. За титульным листом следует задание, полученное студентом в начале выполнения практического занятия. Далее идет оглавление, в котором должны быть указаны разделы отчета и номера страниц. Содержание отчета должно соответствовать оглавлению данных методических указаний. В отчете необходимо привести список литературы, а в тексте ссылки на литературу.

На вводном занятии раскрываются цели и задачи практических занятий, даются их общее содержание и характеристики основных разделов. Определяется порядок выполнения работ, форма отчетности и сроки приема выполненного задания.

ИСТОРИЯ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ

Цель работы: изучение истории получения и обработки материалов на основе металлов и неметаллов с древнейших времен.

Общие сведения

В истории человечества был очень длительный период (500 тыс.— 7 тыс. лет до н. э.), когда основным материалом для изготовления орудий труда, оружия, украшений и других предметов служил камень.

Однако наступило время, когда каменный век уступил место веку металла.

Первые изделия из металла появились еще в период так называемого *энеолита* (медно-каменного века), за 7—4 тыс. лет до н. э. В руки человека попадали необычные камни, имевшие блеск и легко изменявшие свою форму под ударами каменного молота. Это были самородные **золото, серебро, медь**, а первым видом их обработки былаковка.

Самородные металлы в природе встречались редко и не могли оказать существенного влияния на историю древнего общества.

Широкое использование металла началось в Азии, Африке и Европе примерно в одно и то же время.

Первые литейные формы изготавливали так: в камне мягких пород выдалбливали или выскабливали углубления — получались открытые, одно-сторонние формы. В 5 тыс. до н. э. появились двусторонние каменные формы, состоящие из двух, а затем и более, частей. Еще позже научились изготавливать отливки в формах из глины.

Древнейшие очаги культуры располагались в **Двуречье, в долинах Инда, Нила и на Крите**. В этих областях успешно развивалось земледелие, высокого уровня достигло развитие ремесел—ткацкого, гончарного и др.

Подлинный век металла начался тогда, когда человек научился выплавлять медь из руд. Это произошло на рубеже 5—4 тыс. лет до н. э.

Полагают, что своим латинским названием «**купрум**» медь обязана острову Кипр, где в древности было много медных рудников.

Металлические орудия оказались долговечнее каменных. Их форму можно было легко изменять, а при выходе из строя легко переплавлять и переделывать на другие изделия. Из металла можно было изготавливать различные виды орудий, которые нельзя было получить из камня.

К началу III тысячелетия ближневосточные металлурги заменяют чистую медь сплавами — различными бронзами. Есть данные, что древние мастера наряду с ковкой меди применяли литье ее в открытые каменные формы.

Со временем стали известные новые сплавы: мышьяковая бронза (медь и мышьяк) — 4 тыс. до н. э., оловянная бронза — 2 тыс. до н. э. Их широко применяли для изготовления отливок.

Знания металлургов хранилось в большом секрете и передавалось от отца к сыну из поколения в поколение в виде устных рецептов и нигде не записывались. Мало кто задумывался над химическими процессами, лежащими в основе металлургии. На процесс получения металлов смотрели как на чудо. До сего времени у некоторых племен и народностей кузнецы и металлурги считаются сродни богам, колдунам и волшебникам.

История других трех металлов — *олова, свинца и ртути* — не совсем ясна. Без олова нельзя получить бронзы. Изделия из олова и свинца найдены в древних египетских гробницах. Но известно также, что даже в более поздние античные времена эти два металла не очень ясно отличали друг от друга. Так, знаменитый историк Плиний называет в своих трактатах олово «белым свинцом», а сам свинец — «черным свинцом». Лишь в период алхимии (IX—XVIII вв. н. э.) олово и свинец были признаны как два индивидуальных металла.

Ртуть, хотя и найдена в гробницах египетских фараонов, вероятно, в те глубокие времена не считалась за металл. Ведь все металлы твердые, а блестящая подвижная ртуть — жидкость. Греции за несколько до нашей эры признали ее за настоящий металл и считали «жидким серебром». Историки античного периода и врачи отмечают и способность давать сплавы с золотом — амальгамы. Благодаря легкости выделения ртути из киновари HgS путем отнятия серы медью она была известна в Древнем Китае и Индии. В одной из индийских легенд божество оплакивает страдания и бедствия людей тяжелыми «ртутными слезами».

Интересное учение возникло в то время о том, что «настоящих» металлов не может быть более семи. Объяснялось это так. Каждый металл произрастает в земле под влиянием излучений особой планеты: «Семь металлов создал свет по числу семи планет». Раз планет к тому времени было известно семь, то и металлов должно быть семь.

Также нельзя не упомянуть о металлах пасынках: **висмуте, цинке и сурьме**.

Идея о превращении металлов в золото была неотразима. Мало кто из естествоиспытателей способен был устоять перед ней. Она довлела над умами исследователей вплоть до XVIII столетия. Даже И. Ньютон, гению которого мы обязаны знанием основных законов движения в физике, в соседней области естествознания оставался алхимиком. «Немало времени потратил он на бесплодные попытки превратить в золото неблагородные металлы».

1 марта 1869 г. русский химик Дмитрий Иванович и Менделеев сформулировал один из фундаментальных законов природы — периодический закон. Ко времени открытия периодического закона металлы составляли большинство (48 из 63) известных элементов.

Порядок проведения работы

Работа рассчитана на 2 часа.

1. Получить у преподавателя задание на выполнение работы.
2. Изучить историю получения металла в старину и настоящее время.
3. Ознакомиться с физико-химическими и механическими свойствами материала.
6. Пользуясь справочными материалами показать области применения заданного материала в старину и в настоящее время.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. В соответствии с заданием (материалом) представить в реферативной форме историю получения металла в старину и настоящее время, физико-химические и механические свойства материала, области применения заданного материала в старину и в настоящее время.

Контрольные вопросы

1. Какие материалы обрабатывались с древнейших времен?
2. Какие первые металлы применялись человечеством?
3. Над чем работали алхимики?
4. В честь каких материалов назывались исторические эпохи и почему?
5. Дайте определение понятия «сплав».

Работа № 2

КЛАССИФИКАЦИЯ, СОСТАВ И МАРКЕРОВКА МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: изучить классификацию материалов по составу, свойствам и применению.

Общие сведения

Все материалы делятся на металлические, полимерные, керамические, композиционные, органические, оксидные и др.

Углеродистые конструкционные стали по качеству (в зависимости от содержания вредных примесей) подразделяют на две группы: обыкновенного качества и качественные. Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества (содержащие повышенное количество вредных примесей и др.) применяются для металлических конструкций и неотчетственных деталей машин, поставляются по ГОСТ 380-71. В зависимости от способа раскисления могут быть спокойными (сп), полуспокойными (пс) и кипящими (кп). Допускается в спокойных сталях буквы (сп) не писать. Цифра (0-6) обозначает номер стали и не соответствует содержанию углерода, но с увеличением номера содержание углерода и прочностные характеристики растут.

Примеры маркировки:

- 1) **СтЗ** - спокойная углеродистая сталь обыкновенного качества (0,14-0,22% С);
- 2) **СтЗкп** - кипящая углеродистая сталь обыкновенного качества.

Качественные углеродистые конструкционные стали применяются для металлических конструкций и более ответственных деталей машин, поставляются по ГОСТ 1050-74. Цифры (05-65) обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Стали с содержанием углерода до 0,25% могут поставляться спокойными (сп), полуспокойными (пс) и кипящими (кп). Стали с содержанием углерода больше 0,25% поставляются только спокойными. Буква "Г" обозначает, что сталь имеет повышенное содержание марганца (до 1,2%). Буква Л в конце марки обозначает, что сталь в литом состоянии.

Примеры маркировки:

- 1) **Сталь 15кп** - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием 0,15% углерода, кипящая;
- 2) **Сталь 30Л** - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,30%, спокойная, применяется для деталей получаемых методом литья;
- 3) **Сталь 30Г** - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,30%, спокойная, содержащая повышенное количество марганца.

Маркировка легированных сталей

Конструкционные легированные стали обладают высокой конструктивной прочностью. Легирование позволяет повысить уровень механических свойств и глубину прокаливаемости. Конструкционные легированные стали применяются для ответственных деталей машин и металлических конструкций, поставляются по ГОСТ 1050-74. Принята буквенно-цифровая система маркировки легированных сталей. Первые две цифры обозначают массовую долю углерода в сотых долях процента. Если в начале марки цифр нет, то содержание углерода около 1%. Основные легирующие элементы обозначают буквами (табл. 2.1), цифра после буквы обозначает среднюю массовую долю легирующего элемента в целых единицах, отсутствие цифры означает что в марке содержится до 1,5 % данного легирующего элемента. Буква "А" в конце марки указывает, что сталь относится к категории высококачественных (ЗОХГСА), если та же буква в середине марки - то сталь легирована азотом (16Г2АФ), а в начале марки буква "А" указывает на то, что сталь автоматная повышенной обрабатываемости резанием (А35Г2). Индекс "АС" в начале марки указывает, что сталь автоматная со свинцом.

Примеры маркировки:

- 1) **45ХН2МФ** - конструкционная сталь, содержащая: 0,42-0,50% С; 0,5-0,8% Мn; 0,8-1,0 % Cr; 1,3-1,8 % Ni; 0,2-0,3 % Мо; и 0,10-0,18 % V.
- 2) **Г13** - конструкционная сталь, содержащая: 1% С, 13% Мп.

Маркировка шарикоподшипниковых сталей

Шарикоподшипниковые стали применяются для деталей шарикоподшипников (шариков, роликов, колец). Обозначаются буквой Ш - шарикоподшипниковая, Х - хромистая и цифрой, указывающей содержание хрома в десятых долях процента. Содержание углерода в подшипниковых сталях составляет около 1%. С увеличением содержания хрома и легирующих элементов увеличивается глубина прокаливаемости, т.е. увеличивается возможность изготовления из них деталей большего размера. Поставляется по ГОСТ 801-78.

Примеры маркировки:

- 1) **ШХ6** - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 1% углерода и 0,6% хрома;
- 2) **ШХ15СГ** - шарикоподшипниковая сталь; содержащая 1% углерода, 1,5% хрома, кремния и марганца до 1%.

Маркировка углеродистых сталей

Углеродистые инструментальные стали применяются для различных инструментов, но имеют недостаточно высокую температуру красностойкости (200°C). Обозначаются буквой У (углеродистая) и числом, обозначающим содержание углерода в десятых долях процента. Буква А в конце марки обозначает, что сталь высококачественная, т.е. имеет очень низкое содержание вредных примесей (S и P). Если в конце марки буквы не стоит, то сталь

качественная. Углеродистая инструментальная сталь изготавливается по ГОСТ 1435-74.

Примеры маркировки:

1) **У8** - качественная углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода 0,8%;

2) **20 У12А** - высококачественная углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода 1,2%.

Маркировка углеродистые легированные стали

Легирование углеродистых сталей позволяет повысить прокаливаемость. Поставляются эти стали по ГОСТ 5980-73. Первое число показывает содержание углерода в десятых долях процента. Буквы и цифры за ними обозначают легирующие элементы, так же, как в легированных конструкционных сталях.

Примеры маркировки:

7ХФ - углеродистая легированная инструментальная сталь с содержанием 0,7% углерода и менее 1% хрома и ванадия.

Маркировка быстрорежущих сталей

Применение быстрорежущих сталей для режущего инструмента позволяет повысить скорость резания в несколько раз, а стойкость инструмента - в десятки раз. Главной отличительной особенностью быстрорежущих сталей является их высокая красностойкость (600-700°C) при наличии высокой твердости (63-70 HRC) и износостойкости инструмента. Поставляются быстрорежущие стали по ГОСТ 19265-73. В марках быстрорежущих сталей вначале приводят букву "Р", за ней следует цифра указывающая содержание вольфрама. Во всех быстрорежущих сталях содержится около 4%Сг, но в обозначении марки буквы "Х" нет. Ванадий обозначается в марке стали, если его содержание более 2,0%. Содержание углерода в маркировке не указывается. Обычно его содержится 0,7-1,2%.

Примеры маркировки:

1) **Р18** - быстрорежущая сталь состава: 0,7-0,8% С; 3,8-4,4% Сг; 17,0 - 18,5% V; 1,0 - 1,4% V;

2) **Р6М5Ф3** - быстрорежущая сталь состава: 0,95-1,05% С; 3,8-4,4% Сг; 5,5-6% W; 4,6-5,2% Мо ; 1,8-2,4 % V.

Таблица 2.1. Обозначения элементов в марках металлов и сплавов.

Элемент	Символ	Обозначение элементов в марках металлов и сплавов		Элемент	Символ	Обозначение элементов в марках металлов и сплавов	
		черные	цветные			черные	цветные
Азот	N	А	-	Неодим	Nd	-	Нм
Алюминий	Al	Ю	А	Никель	Ni	-	Н
Барий	Ba	-	Бр	Ниобий	Nb	Б	Нп
Бериллий	Be	Л	-	Олово	Sn	-	О
Бор	B	Р	-	Осмий	Os	-	Ос
Ванадий	V	Ф	Вам	Палладий	Pd	-	Пд
Висмут	Bi	Ви	Ви	Платина	Pt	-	Пл
Вольфрам	W	В	-	Празеодим	Pr	-	Пр
Гадолиний	Gd	-	Гн	Рений	Re	-	Ре
Галлий	Ga	Ги	Ги	Родий	Rh	-	Rg
Гафний	Hf	-	Гф	Ртуть	Hg	-	Р
Германий	Ge	-	Г	Рутений	Ru	-	Ру
Гольмий	Ho	-	ГОМ	Самарий	Sm	-	Сам
Диспрозий	Dy	-	ДИМ	Свинец	Pb	-	С
Европий	Eu	-	Ев	Селен	Se	К	СТ
Железо	Fe	-	Ж	Серебро	Ag	-	Ср
Золото	Au	-	Зл	Скандий	Sc	-	Скм
Индий	In	-	Ин	Сурьма	Sb	-	Су
Иридий	Ir	-	И	Таллий	Tl	-	Тл
Иттербий	Yb	-	ИТН	Тантал	Ta	-	ТТ
Иттрий	Y	-	ИМ	Теллур	Te	-	Т
Кадмий	Cd	Кд	Кд	Тербий	Tb	-	Том
Кобальт	Co	К	К	Титан	Ti	Т	ТПД
Кремний	Si	С	Кр (К)	Тулий	Tm	-	ТУМ
Лантан	La	-	Ла	Углерод	C	У	-
Литий	Li	-	Лэ	Фосфор	P	П	Ф
Лютеций	Lu	-	Люн	Хром	Cr	Х	Х (Хр)
Магний	Mg	Ш	Мг	Церий	Ce	-	Се
Марганец	Mn	Г	Мц (Мр)	Цинк	Zn	-	Ц
Медь	Cu	Д	М	Цирконий	Zr	Ц	ЦЭВ
Молибден	Mo	М	-	Эрбий	Er	-	Эрм

Маркировка литейных чугунов

Чугун – сплав железа с углеродом, Чугуны в отличие от стали имеют более высокое содержание углерода, обладают низкой способностью к пластической деформации и высокими литейными свойствами, поэтому используются для отливок. Чугун маркируется буквами и цифрами, характеризующими величину временного сопротивления при испытаниях на растяжение. Поставляются чугуны - серый по ГОСТ 1412-85, высокопрочный - ГОСТ 7293-85, ковкий по ГОСТ 1215-79.

Примеры маркировки:

- 1) **СЧ10** - серый чугун с пластинчатым графитом, временное сопротивление при испытаниях на растяжение 100 МПа;
- 2) **ВЧ35** - высокопрочный чугун с шаровидным графитом, временное сопротивление растяжению 350 МПа;
- 3) **КЧ33-8** - ковкий чугун с хлопьевидным графитом, временное сопротивление растяжению 330 МПа, относительное удлинение 8% .

Маркировка медных сплавов

Латуни - двойные или многокомпонентные сплавы меди, где основным легирующим элементом является цинк. Сплавы обозначают начальной буквой Л - латунь, после чего следуют первые буквы основных элементов, образующих сплав (табл. 2.1). После букв следуют цифры, указывающие содержание легирующих элементов в целых процентах. В латунях не указывается содержание цинка (цинк-остальное).

Примеры маркировки:

- 1) **Л62** - латунь содержащая меди 62%, остальное - цинк;
- 2) **ЛЖМц59-1-1** - латунь, содержащая 59% Cu, 1% Fe, 1% Mn, остальное цинк.

Бронзы - сплавы меди с другими элементами (алюминием, свинцом, бериллием, кремнием и т.д.). Элементы обозначаются такими же буквами, как в латуни. Бронзы маркируют буквами Бр, цифры за буквами указывают содержание легирующих элементов. В бронзах не указывается содержание меди. Основные свойства бронз - высокая коррозионная стойкость, хорошие литейные и износостойкие свойства. Поставляются бронзы по ГОСТ 5017-74, ГОСТ 613-79, ГОСТ 1320-74.

Примеры маркировки:

- 1) **БрБ2** - бериллиевая бронза содержащая 2% бериллия остальное - медь;
- 2) **БрА9Ж4Л** - алюминievoжелезистая бронза, содержащая 9% Al, 4% Fe, остальное - медь.

Некоторые бронзы имеют специальные названия: **БрН20** - мельхиор (20% Ni, 80% Cu), **БрН40** - константан (40% Ni, 60% Cu).

Маркировка алюминиевых сплавов

Сплавы на основе алюминия широко применяются в качестве конструкционных материалов. Сплавы на основе алюминия бывают деформируемыми и литейными. Основным легирующим элементом литейных сплавов - кремний (Si) и называются они силуминами. Деформируемые сплавы бывают ковкими - обозначаются (АК) и обработанные прокаткой или волочением дуралюмины (Д). В маркировке сплава после букв следует условный номер сплава. Поставляются алюминиевые сплавы по ГОСТ 4784-74 и ГОСТ 2685-75.

Примеры маркировки:

- 1) **АК12** - литейный алюминиевый сплав силумин;
- 2) **Д16** - деформируемый алюминиевый сплав дуралюмин;
- 3) **АК5** - деформируемый алюминиевый сплав дляковки (алюминий ковочный).

Маркировка титановых сплавов

Сплавы титана широко используются в авиационной технике, в судостроении и транспортном машиностроении - где нужна высокая прочность и сопротивляемость коррозии, малая масса. Поставляются по ГОСТ 19807-74. Титановые сплавы имеют условную маркировку: ТЗ, Т4, ВТ5, **ВТ16**.

Полимерные материалы

К *полимерным пластическим материалам* относятся искусственные материалы, получаемые на основе природных или синтетических высокомолекулярных полимеров.

Состав композиций, изготовленных на основе полимеров, разнообразен: простые пластмассы – это полимеры без добавок, сложные пластмассы – это смеси полимеров с различными добавками.

В состав сложных пластмасс входят: полимеры, наполнители, отвердители, красители, стабилизаторы, пластификаторы, специальные добавки, обеспечивающие получение требуемого комплекса свойств. Пластики могут быть смешаны также из нескольких полимеров.

Полимеры можно разделить на три основные группы:

1. Эластомеры (резины). Эластомеры — это такие полимеры, у которых молекулярная структура допускает значительные и обратимые растяжения.

2. Термореактивные пластмассы (реактопласты). Это жесткие материалы, и они не становятся мягкими при нагревании. У таких полимеров молекулярные структуры имеют расширенные поперечные связи. Из-за этого, когда нагрев разрушает эти связи, эффект необратим при охлаждении.

3. Термопластичные пластмассы (термопласты). Эти материалы могут быть мягкими и неопределенно размягченными под воздействием тепла при не слишком высокой температуре. Термин «термопластик» подразумевает, что материал становится пластичным, когда он нагревается, а при охлаждении обратно затвердевает.

Обозначение типа пластмассы производители обычно выштамповывают с внутренней стороны детали, будь то бампер или крышка мобильного телефона. Тип пластика, как правило, заключен в характерные скобки и может выглядеть следующим образом: >PP/EPDM<, >PUR<.

- Полипропилен — **PP, ПП**, модифицированный полипропилен — **PP/EPDM**.
- **ABS, АБС** (сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола)
- Поликарбонат — **PC, ПК**.
- Полистирол — **PS, ПСМ, ПСС, ПСЭ** (М - полимеризацией в массе, С - полимеризацией в суспензии, Э - полимеризацией в эмульсии).
- Полиамиды — **PA, ПА**.
- Полиуретан — **PU, PUR, ЛУР**.
- Стеклопластики — **SMC, BMC, UP-GF, ВПС**, .

Практическая часть

1. Расшифровать марки металлов и сплавов (приложение 1).
2. Обозначить основные свойства и область применения указанных металлов и сплавов.

Порядок выполнения работы

Работа рассчитана на 8 часов.

1. Получить у преподавателя перечень материалов.
2. Классифицировать полученные материалы по заданию (Приложение 1) по составу.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечень материалов и соответствие их классификация.

Контрольные вопросы

1. Чем обусловлено различие фактической и теоретической плотности сплава?
2. Что такое сплав?
3. Как разделяют сплавы по технологическому назначению?
4. Какие требования предъявляют к сплавам?
5. Какие компоненты сплавов называются легирующими и примесными?
6. К какому типу относится диаграмма состояния исследуемого сплава?
7. Как меняется структура металла при термообработке и модифицировании?
8. С какой целью производится модифицирование сплава?
9. Какими конкретными свойствами обусловлена область применения исследуемого сплава?

Приложение 1

№ варианта	Маркировки	№ варианта	Маркировки	№ варианта	Маркировки
1	СЧ15 ЛА77-2 09Х15Н8Ю М3 РС-НТ	8	Л96 20ХГС2 Бр05С3 СЧ10 ПСЭ-2	15	12Х17 БрА11Ж6Н У12 ЛМц58-2 ВПС-31
2	Д16 БрОЦС4-4-2,5 КЧ50 3Х2МНФ ЛУР-СТ	9	МА1 12ХН2 БрАЖН10-4-4 АК8 ПА6	16	03Х16Н15М3 АМц4 ЛЦ30А3 М2 ПП-21007
3	А99 МНЦ15-20 08Х22Н6Т Д1 ПСМ-111	10	М0 27Х2Н2М1Ф ВЧ80 ЦА4 РР-Н250	17	40Х10С2М ВЧ60 БрО3Ц12С У10 ПП-01130
4	М4 ВЧ85 32Х2МЮА ЛЦ40С АБС-1106М	11	У8А БрОЦС5-5-5 10Х23Н18 А95 ЛУР-90	18	40Х6С2 АМц2 СЧ20 ЛН65-5 ПСЭ-1
5	70С2ХА СЧ20 ЛАЖ60-1-1 М3 АБС-С	12	15Х11МФ У8 БрО10Ц2 МА2 ПК-М-1	19	20Х2Н4А Л68 АК21М2,5Н2,5 МА1 ПА6.6
6	КЧ35 34ХН3МА СЧ15 ЛН65-5 РА12	13	МЛ5 20Х13 АК4М2Ц6 КЧ40 ПП-01250	20	40Х9С2 МА8 ЛЦ16К4 У10 РА11
7	Д18 ЛЦ40МцЖ У10 10Х14АГ15 РР-Н120	14	15Х5М У10А МН15 СЧ10 АБС-2020	21	40Х2МА КЧ40 МН20 БрАЖ9-4 ПК-М-2

Работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

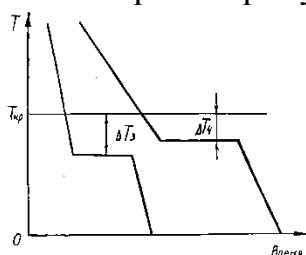
Цель работы: изучить кристаллическое строение некоторых материалов.

Общие сведения

Все металлы в твердом состоянии имеют кристаллическую структуру (состоят из отдельных кристаллов).

Различают первичную и вторичную кристаллизацию.

Переход из жидкого состояния в твердое называется первичной кристаллизацией. Вторичная кристаллизация (перекристаллизация) происходит в твердом состоянии. Рассмотрим процесс первичной кристаллизации более подробно и построим кривую охлаждения.



1-2 - охлаждение в жидком состоянии; 2 - из жидкости начинают выделяться кристаллы; 3 - вся жидкость закристаллизовалась; 3-4 - охлаждение в твердом состоянии.

Рис. 3.1.

Разность между теоретической и практической температурами кристаллизации называется величиной или степенью переохлаждения.

Процесс кристаллизации состоит из двух элементарных процессов:

Первый процесс заключается в зарождении центров кристаллизации - зародышей, второй процесс состоит в росте кристаллов из этих центров.



Рис. 3.2. Схема процесса кристаллизации.

Скорость охлаждения, количество центров кристаллизации и скорость роста вновь образующихся кристалликов определяют строение твердого вещества (кристаллическое, аморфное или стеклообразное).

Источником образования кристалликов часто являются твердые частицы (примеси), играющие роль готовых центров кристаллизации. Примеси, практически не изменяя химического состава, могут вызывать уменьшение размеров зерен, так как чем больше примесей, тем больше центров кристал-

лизации. Использование специально вводимых примесей (модификаторов) для получения мелкого зерна называется модифицированием.



Рис. 3.3. Зависимости скорости зарождения центров кристаллизации (ч.ц.) и скорости роста кристаллов (с.р.) от от степени переохлаждения.

Структура слитка

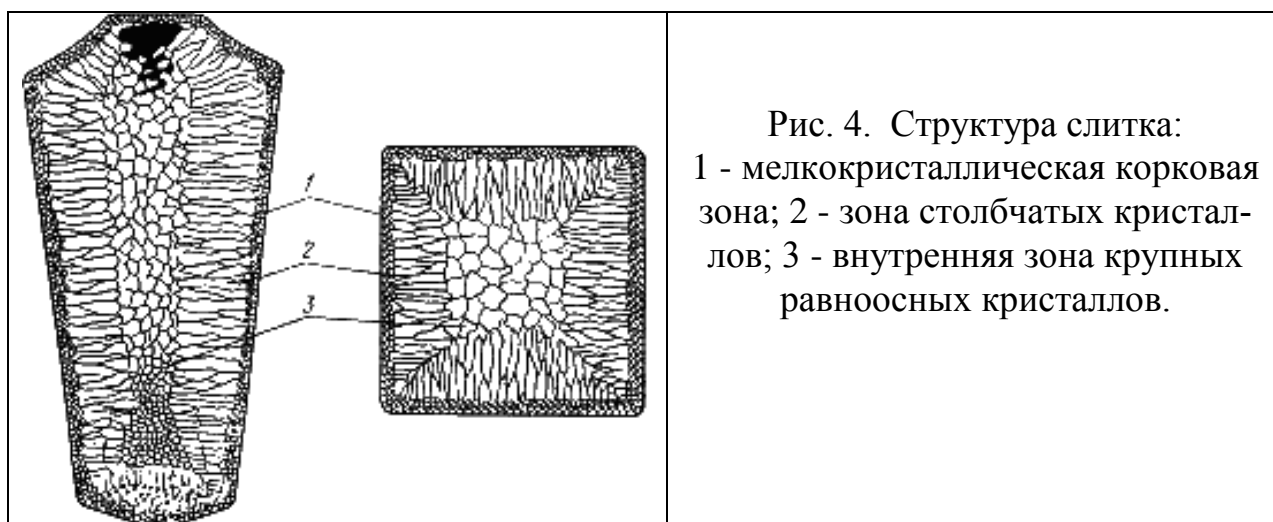


Рис. 4. Структура слитка: 1 - мелкокристаллическая корковая зона; 2 - зона столбчатых кристаллов; 3 - внутренняя зона крупных равноосных кристаллов.

Кристаллизация корковой зоны (зона 1) идет в условиях максимального переохлаждения. Скорость кристаллизации определяется большим числом центров кристаллизации. Образуется мелкозернистая структура.

Жидкий металл под корковой зоной находится в условиях меньшего переохлаждения. Число центров ограничено и процесс кристаллизации реализуется за счет их интенсивного роста до большого размера.

Рост кристаллов во второй зоне имеет направленный характер. Они растут перпендикулярно стенкам изложницы, образуются древовидные кристаллы – дендриты. Растут дендриты с направлением, близким к направлению теплоотвода.

Так как теплоотвод от незакристаллизовавшегося металла в середине слитка в разные стороны выравнивается, то в центральной зоне образуются крупные дендриты со случайной ориентацией.

Макроскопический анализ применяют для выявления:

Нарушения сплошности металла (поры, трещины);

Вида излома (вязкий, хрупкий, смешанный, усталостный, и т.д.);

Дендритного строения литого металла;

Химической неоднородности литого металла (ликвацию) и присутствия в нем грубых включений;

Неоднородности строения сплава, вызванной обработкой давлением (волокнутой структуры);

Структурной и химической неоднородности металла, созданной термической, термомеханической или химико-термической обработкой.

Макроанализ изломов металлов

По характеру разрушения различают два основных вида изломов - хрупкий и вязкий, также смешанный, в котором есть области вязкого и хрупкого разрушения.

Вязкий излом имеет обычно матовый волокнистый вид.

Хрупкий - кристаллический блестящий, так как разрушение металла в этом случае развивается по определенным кристаллографическим плоскостям скола (т.е. по границам зерен).

Появление вязкого излома менее опасно для службы изделия, так как отличается существенно большей энергоемкостью по сравнению с хрупким - изделие находится дольше в работе.

Специфический излом имеет излом металлов, полученный в результате многократного нагружения под действием повторно-переменных (циклических) напряжений, называемый усталостным изломом.

Усталостный излом состоит из:

1 - очага разрушения - места зарождения (очага) разрушения,

2 - зоны стабильного развития трещины (зоны усталости),

3 - зоны долома - участка развития трещины, связанного с окончательным разрушением.

Очаг разрушения обычно находится вблизи поверхности. В зоне усталости часто можно рассмотреть полосы, расходящиеся от очага разрушения - усталостные бороздки, отражающие последовательное положение растущей трещины. Скорость роста трещины невелика. Рост трещины продолжается до тех пор, пока сечение не окажется столь малым, что действующие в нем напряжения превысят разрушающие. При этом происходит быстрое разрушение, что и приводит к образованию зоны долома. Зона долома имеет структуру, характерную для хрупкого и вязкого разрушения в зависимости от природы материала.

Определение неоднородности в структуре, созданной термической и химико-термической обработкой.

Например: Определение толщины закаленного слоя (при закалке образец нагревают до высоких температур и резко охлаждают – при этом его структура изменяется и существенно повышается твердость). Чтобы контролировать результат закалки - закаленный образец ломают. Слой, получивший закалку, отличается по виду излома (более мелкозернистый). Более точно толщину закаленного слоя определяют после шлифования образца по излому (перпендикулярно оси) и травления в течение 3 мин в 50 %-ном растворе соляной кислоты при 80 °С. Закаленный слой получает более темную окраску.

Методика определения балла пористости по М.В. Альтману

Для определения газовой пористости темплеты, вырезанные из чушек, отливки или образцы, вырезанные из отливок, обрабатывают до шероховатости Ra не более 1,6 мкм. Макрошлиф готовят из темплетов последовательным шлифованием на шлифовальных шкурках различной зернистости: 80-100 мкм, 40-50 мкм, 10-14 мкм, промывают проточной водой и просушивают фильтровальной бумагой. Для определения газовой пористости макрошлиф травят 10-15 %-м водным раствором едкого натра (NaOH) при температуре 60-80 °С. Макрошлиф погружают в реактив и выдерживают в течение 10-50 с (не выявляя макроструктуры), затем промывают проточной водой и просушивают фильтровальной бумагой. При необходимости осветления поверхности макрошлиф опускают в 20 %-й раствор азотной кислоты на 2-5 с, промывают проточной водой и просушивают фильтровальной бумагой.

Газовая пористость темплетов определяется на трех квадратах площадью 1 см² каждый (рис. 1). Количество пор и размер пор определяют как среднее арифметическое трех измерений.

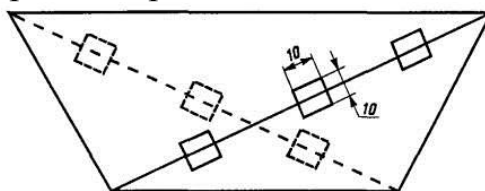


Рис. 1. Схема определения балла пористости.

Контроль пористости проводят визуально, невооруженным глазом. Для определения диаметра пор можно пользоваться оптическими приборами с увеличением до 10 раз. Шкала пористости по М.В. Альтману состоит из пяти эталонов (табл.1): балл 1 - мелкая пористость; балл 2 - пониженная пористость; балл 3 - средняя пористость; балл 4 - повышенная пористость; балл 5 - высокая пористость.

Таблица 1. Баллы пористости по М.В.Альтману

Балл	Предельное число пор на 1 см ²	Характеристика пор		Характеристика металла
		Ø мм, не более	Примерное количество, %	
1				
2				
3				
4				
5				

1	5	0,1 0,2	90 10	плотный
2	10	0,1 0,2	80 20	с незначительной пористостью
3	15	0,3 0,5	80 20	Средней пористости
4	20	0,5 1,0	70 30	с повышенной пористостью
5	25	0,5 1,0 1,0	60 30 10	очень пористый металл

Порядок выполнения работы

Работа рассчитана на 2 часов.

1. Необходимо зарисовать и охарактеризовать основные виды изломов
2. Выявить, зарисовать и описать виды и возможные причины образования дефектов на предложенных деталях и отливках.
3. Определить балл пористости слитков из алюминиевого сплава.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Перечислить методы определения кристаллического строения.
3. Описать план подготовки металлографических образцов.
4. Представить микрошлифы и схематические рисунки кристаллического строения вещества

Контрольные вопросы

1. Что такое макроструктурный анализ?
2. Назначение макроструктурного анализа.
3. Методика подготовки макрошлифа.
4. Определение ликвации серы (метод Баумана).
5. Назовите и охарактеризуйте основные виды изломов.
6. Что представляет собой усталостный излом?
7. Что представляет собой хрупкий излом?
8. Что представляет собой вязкий излом?
9. Виды дефектов отливок.
10. Методика определения балла пористости.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: получение представлений о методах изучения материалов, используемом оборудовании.

Общие сведения

ознакомиться с методикой проведения микроструктурного анализа, изучить технологию приготовления микрошлифов, ознакомиться с устройством металлографического микроскопа МИМ-7, посмотреть, как выглядят различные структурные составляющие сплавов: твердый раствор, механическая смесь, химическое соединение.

Теоретическая часть

Микроструктура – структура материала, наблюдаемая с помощью оптического (2000-3000 раз) или электронного микроскопа (до 100000 раз).

Оптическая микроскопия позволяет наблюдать микроструктуру материала при общем увеличении до 2000-3000 раз, что дает возможность обнаружить элементы микроструктуры размером 0,2 мкм и более.

Изучаемые элементы – включения, размеры и форма зерен, их внутренние и внешние границы, объемные и поверхностные дефекты кристаллической решетки.

При микроанализе однофазных сплавов (обычно твердых растворов) и чистых металлов можно определять величину зерен и отметить существование дендритного строения.

Определение размеров зерен проводится либо методами количественной металлографии, либо путем сопоставления структуры с заранее составленными шкалами.

В многофазных сплавах с помощью микроанализа можно определить не только количество, форму и размеры включений отдельных фаз, но и их взаимное распределение.

Микроскопический анализ состоит из приготовления микрошлифов и исследования их под микроскопом. Приготовление микрошлифов складывается из:

- 1) выбора места на детали для вырезки образца;
- 2) отрезки и заторцовки шлифа;
- 3) шлифования;
- 4) полирования;
- 5) травления.

Изучение микроструктуры

Изучение микроструктуры начинают с рассмотрения шлифа в нетравленном виде, т. е. после полирования и промывки. В этом случае в поле зрения микроскопа можно заметить отдельные, обычно небольшие, темные участки. Они могут представлять: а) неметаллические включения; б) мелкие поры; в) структурные составляющие, характерные для некоторых сплавов (например, графит в сером чугуне).

Неметаллические включения в стали и чугуне, вследствие их большой хрупкости, могут частично или полностью выкрошиться при шлифовании и полировании. Кроме того, неметаллические включения обладают меньшей отражающей способностью, чем металлы. По этим причинам участки оксидов, сульфидов и силикатов кажутся в поле зрения микроскопа темными.

Количество и характер распределения неметаллических включений определяются сравнением вида наблюдаемой поверхности микрошлифа (обычно при увеличении в 100 раз) со специально разработанными шкалами включений.

Природа включений при микроанализе может быть установлена: 1) специальным травлением, вызывающим растворение или окрашивание включений; 2) наблюдением шлифа в поляризованном или ультрафиолетовом свете.

После просмотра шлиф подвергают **травлению** (поверхностной обработки щелочами или кислотами).

Анализ химического и фазового состава проводится на рентгеновских спектрометрах и дифрактометрах, а также с использованием ИК-анализаторах газов.

Оборудование и приспособления

1. Рентгено – флуоресцентный спектрометр марки ARLADVANT'X (Thermo Scientific, США);
2. Порошковый дифрактометр D8 ADVANCE (Bruker AXS, Германия);
3. Металлографический микроскоп RAZTEK MRX9-D;
4. Рентгено – флуоресцентный анализатор-спектрометр химического состава металлов (экспресс) X-Met 3000TX+ (Oxford Instruments, Финляндия);
5. Анализатор серы и углерода в металлах и сплавах ELTRA CS800 (ELTRA, Германия);
6. Анализатор азота и кислорода в металлах и сплавах МЕТАВАК-АК (ООО НПО «ЭСКАН», Россия);
7. Ручной двухдисковый шлифовально-полировальный станок с единым приводом Полилаб П22М (ПООО «Кемика», Россия);

8. Автоматическая установка для горячей запрессовки металлографических образцов Полилаб С50А (ПООО «Кемика», Россия);
9. Твердомер стационарный по Роквеллу ТН301 (Time Group, Китай).

Порядок выполнения работы

Работа рассчитана на 4 часов.

1. Ознакомиться с методами исследований химического и фазового состава, а также микроструктурного состава металлических материалов.
2. Совместно с преподавателем исследовать материал, записать и зарисовать результат анализа материала.

Содержание отчета

1. Цель работы
2. Перечислить методы изучения строения, свойств и характеристик материалов.
3. Дать описание одного из методов определения состава, структуры или свойств материала.

Контрольные вопросы

1. Зачем следует изучать строение материалов?
2. Какие свойства материалов наиболее часто определяются?
3. Какие методы контроля свойств относят к неразрушимым методам анализа?

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы – изучение методов получения металлических сплавов, полимерных материалов, композиционных материалов и др.

Общие сведения

Основные методы получения **металлических сплавов**:

1. Сплавление отдельных металлов.
2. Получение металлического порошка и дальнейшее прессование, спекание деталей или заготовок (порошковая металлургия).
3. Электролиз – выделение необходимых компонентов под действием электрического тока. Чаще всего электролиз используют для получения различных сплавов на основе алюминия.

Основные методы получения искусственных **композиционных материалов**:

1. Химический метод получения композиционных материалов (получают вяжущие, пеностекло и т.д.):
 - а) стеклообразованием;
 - б) кристаллизацией;
 - в) гальваностегией (покрыванием) и т.д.
2. Металлургический метод получения композиционных материалов. С его помощью получают все металлы.
3. С помощью перемешивания (бетон, раствор, стеклопластик, пластмассы и т.д.).

Полимерные материалы получают в результате реакций полимеризации и поликонденсации. Получение полимеров реакцией полимеризации и поликонденсации - основные пути синтеза ВМС на сегодняшний день.

Полимеризация — это процесс соединения друг с другом большого числа молекул мономера за счет кратных связей ($C = C$, $C = O$ и др.) или раскрытия циклов, содержащих гетероатомы (O, N, S). При полимеризации обычно не происходит образования низкомолекулярных побочных продуктов, вследствие чего полимер и мономер имеют один и тот же элементный состав.

Поликонденсация — это процесс соединения друг с другом молекул одного или нескольких мономеров, содержащих две и да более функциональные группы (ОН, СО, СОС, NHS и др.) способные к химическому взаимодействию, при котором происходит отщепление низкомолекулярных продуктов. Полимеры, получа-

емые поликонденсационным способом, по элементному составу не соответствуют исходным мономерам.

Порядок проведения работы

Работа рассчитана на 4 часов.

1. Перечислить методы получения сплавов.
2. Пошаговая инструкция получения материала по заданию преподавателя.

Содержание отчета

1. Перечислить методы получения сплавов.
2. Перечислить оборудование и технологическую оснастку для получения металлических, полимерных, композиционных материалов.
3. Пошаговая инструкция получения материала, указанного преподавателем.

Контрольные вопросы

1. Перечислить методы получения сплавов.
2. Перечислить оборудование и технологическую оснастку для получения металлических сплавов.
3. Перечислить оборудование и технологическую оснастку для получения полимерных материалов.
4. Перечислить оборудование и технологическую оснастку для получения композиционных материалов.
5. Пошаговая инструкция получения металлического сплава.
6. Пошаговая инструкция получения полимерных материалов
7. Пошаговая инструкция получения композиционных материалов.

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Общие сведения

Обработка металлов давлением — технологический процесс получения заготовок или деталей в результате силового воздействия инструмента на обрабатываемый материал.

Технология подразумевает изменение форм и размеров заготовок за счет воздействия на них внешних сил с последующим сохранением результата. После прекращения воздействия давления форма и размеры изделия не меняются.

С целью увеличения пластичности металл перед началом обработки давлением нагревают до определенной температуры. Для каждого вида материала эта температура определяется индивидуально, в зависимости от его специфических физико-химических характеристик.

Виды обработки металлов давлением:

- Прокатка;
- Ковка;
- Прессование;
- Волочение;
- Объемная штамповка;
- Листовая штамповка;
- Комбинированная обработка металла давлением.

Дамасская сталь это такой вид стали (сплава железа с углеродом), который имеет неоднородности на стальной поверхности. Такая неоднородность это характерный узор для таких острых предметов. Самый популярный, получается за счет многократной перековки пакета из стали. Этот пакет содержит в себе сталь с разным содержанием углерода, и в результате перековки, в конечном итоге может получиться до пятисот слоев стали с различным содержанием углерода. Как раз после того как такую сталь обработают в специальной кислоте, проявляются характерные узоры.

Булатная сталь получается за счет рафинирования стали. Характерные узоры можно получить за счет появления крупных карбидов, из-за того что используется сталь с повышенным содержанием углерода и различных методов для медленного охлаждения стали. В последнем случае получается не дамасская сталь, а булат.

Метод получения булата включает сварку единого стального блока однородного содержания углерода. Целью процесса рафинирования является не столько получение конкретного узора, сколько выгорание различных примесей, для получения равномерного распределения углерода в блоке стали. Самая примитивная рафинация

проводилась еще с 18го века, когда стальную заготовку расковывали на две части, по возможности равные, после чего их складывали вместе потом снова расковывали, и так много раз. В результате чего получалась заготовка с очень тоненькими пластинами стали разного содержания углерода, диффузия пластин стали в конечном итоге приводила к абсолютно однородной массе. В качестве примера для простого понимания можно представить тесто, которое растягивают, разделяя на две половины, потом соединяют, для получения однородной массы. Такой стальной заготовке можно было придать любую форму.

Порядок проведения работы

Работа рассчитана на 4 часов.

1. Изучить историю развития методов обработки металлов давлением от появления первых металлов до настоящего времени.
2. Изучить метод получения дамасской стали.
3. Изучить метод получения булата.
4. Провести ковку на молоте.
5. Провести поковку на штамповом прессе.
6. Составить отчет, включающий короткое описание методов обработки металлов давлением.

Содержание отчета

1. Перечислить методы получения сплавов.
2. Перечислить оборудование и технологическую оснастку для получения металлических сплавов.
3. Перечислить оборудование и технологическую оснастку для получения полимерных материалов.
4. Перечислить оборудование и технологическую оснастку для получения композиционных материалов.
5. Пошаговая инструкция получения материала

Контрольные вопросы

1. Перечислить методы обработки металлов давлением.
2. Перечислить оборудование и технологическую оснастку для обработки металлов давлением.
3. Как получают дамасскую сталь?
4. Как получали булатную сталь?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Производство отливок из сплавов цветных металлов/ - А.В.Курдюмов, М.В.Пикунов, В.М.Чурсин, Е.Л.Бибиков. - М.: МИСИС, 1996. - 504 с.
2. Гуляев Б.Б. Теория литейных процессов. - Л.: Машиностроение, 1976. - 215.
3. Пикунов М.В. Плавка металлов, кристаллизация сплавов, затвердевание отливок: Учеб. пособие для вузов. - М.: МИСИС, 1977. - 376 с.
4. Альтман М.Б. и др. Плавка и литье алюминиевых сплавов: Справ. 2-е изд.- М: Metallurgia. 1983. - 352 с.
5. Таран Ю.Н., Мазур В.И. Структура эвтектических сплавов. М: Metallurgia. 1978. - 312 с.
6. Алюминиевые сплавы: Справ. Под ред. М.Е.Дрица. - М: Metallurgia. 1979. - 679 с.
7. Мальцев М.В. Metallogрафия промышленных цветных сплавов. - М: Metallurgia. 1970. 364 с.
8. Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов/ Пер. с англ. М: Metallurgizdat. Т. 1, 2. 1962.
9. Алюминиевые сплавы. Плавка и литье алюминиевых сплавов: Справ. руководство/ Отв.ред. В.И.Добаткин. - М: Metallurgia, 1970. - 416 с.
10. Спасский А.Г. - Сб. "Структура и литье сплавов цветных металлов".
11. Новиков И.И. Горячеломкость цветных металлов и сплавов.- М: Наука. 1966. 299 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	
Требования к оформлению отчета и правила проведения практических работ.	6
Лабораторная работа № 1. ИСТОРИЯ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ.	7
Лабораторная работа № 2. КЛАССИФИКАЦИЯ, СОСТАВ И МАРКЕРОВКА МАТЕРИАЛОВ.	8
Лабораторная работа № 3. ИЗУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ.	16
Лабораторная работа № 4. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ	21
Лабораторная работа № 5. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ.	24
Лабораторная работа № 6. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.	26
Библиографический список.	28

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
"ИСТОРИЯ НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ И ТЕХНОЛОГИЯХ"

Составители

КЕЧИН Владимир Андреевич

КИРЕЕВ Андрей Викторович

Ответственный за выпуск - зав. кафедрой профессор В.А.Кечин