

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических работ
по дисциплине «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»
для студентов очной формы обучения направления подготовки
18.03.01 Химическая технология

Невинномысск 2020

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО и рабочей программы дисциплины «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ». Указания предназначены для студентов очной формы обучения, направления подготовки 18.03.01 Химическая технология. Приведены примеры решения задач.

Составители

Е.Н. Павленко, к.т.н., доцент

Отв. редактор

Д.В. Казаков, к.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания и задания по курсу материаловедения составлены в соответствии с программой данного курса, читаемого в ФГАОУ ВО «СЕВЕРОКАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», Невинномысский технологический институт (филиал).

Данные рекомендации способствуют развитию общих и профессиональных компетенций, постепенному и целенаправленному развитию познавательных способностей.

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен уметь:

- выполнять механические испытания образцов материалов;
- использовать физико-химические методы исследования металлов;
- пользоваться справочными таблицами для определения свойств материалов;
- выбирать материалы для осуществления профессиональной деятельности.

В результате освоения данной учебной дисциплины студент должен знать:

- основные свойства и классификацию материалов, используемых в профессиональной деятельности;
- наименование, маркировку, свойства обрабатываемого материала;
- правила применения смазывающих и охлаждающих материалов;
- основные сведения о металлах и сплавах;
- основные сведения о неметаллических, прокладочных, уплотнительных и электротехнических материалах, стали, их классификацию.

Для выполнения практических работ студенту рекомендуется использовать литературу, приведенную в конце методических указаний.

Практическая работа № 1

«Физические свойства металлов и методы их изучения»

Цель работы: изучить физические свойства металлов, методы их определения.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретическими положениями.
2. Выполните задание преподавателя.
3. Составьте отчет в соответствии с заданием.

Теоретическая часть

К физическим свойствам относятся: плотность, плавление (температура плавления), теплопроводность, тепловое расширение.

Плотность - количество вещества, содержащееся в единице объема. Это одна из важнейших характеристик металлов и сплавов. По плотности металлы делятся на следующие группы: **легкие** (плотность не более 5 г/см^3) - магний, алюминий, титан и др; **тяжелые** - (плотность от 5 до 10 г/см^3) - железо, никель, медь, цинк, олово и др. (это наиболее обширная группа); **очень тяжелые** (плотность более 10 г/см^3) - молибден, вольфрам, золото, свинец и др. В таблице 1 приведены значения плотности металлов.

Таблица 1

Плотность металлов

Температура плавления - это температура, при которой металл переходит из кристаллического (твердого) состояния в жидкое с поглощением теплоты.

Температура плавления металлов лежат в диапазоне от $-39 \text{ }^\circ\text{C}$ (ртуть) до $3410 \text{ }^\circ\text{C}$ (вольфрам). Температура плавления большинства металлов (за исключением щелочных) высока, однако некоторые «нормальные» ме-

таллы, например олово и свинец, можно расплавить на обычной электрической или газовой плите.

В зависимости от температуры плавления металл подразделяют на следующие группы: **легкоплавкие** (температура плавления не превышает 600 °С) - цинк, олово, свинец, висмут и др.; **среднеплавкие** (от 600 °С до 1600 °С) - к ним относятся почти половина металлов, в том числе магний, алюминий, железо, никель, медь, золото; **тугоплавкие** (более 1600 °С) - вольфрам, молибден, титан, хром и др. При введении в металл добавок температура плавления, как правило, понижается.

Таблица 2

Температура плавления и кипения металлов

Теплопроводность - способность металла с той или иной скоростью проводить теплоту при нагревании.

Электропроводность - способность металла проводить электрический ток.

Тепловое расширение - способность металла увеличивать свой объем при нагревании.

Гладкая поверхность металлов отражает большой процент света - это явление называется металлическим блеском. Однако в порошкообразном состоянии большинство металлов теряют свой блеск; алюминий и магний, тем не менее, сохраняют свой блеск и в порошке. Наиболее хорошо отражают свет алюминий, серебро и палладий - из этих металлов изготавливают зеркала. Для изготовления зеркал иногда применяется и родий, несмотря на его исключительно высокую цену: благодаря значительно большей, чем у серебра или даже палладия, твердости и химической стойкости, родиевый слой может быть значительно тоньше, чем серебряный.

Методы исследований в материаловедении

Основными методами исследования в металлостроении и материаловедении являются: излом, макроструктура, микроструктура, электронная микроскопия,

рентгеновские методы исследования. Рассмотрим их особенности более подробно.

1. Излом - самый простой и доступный способ оценки внутреннего строения металлов. Метод оценки изломов, несмотря на свою кажущуюся грубость оценки качества материала, применяется довольно широко в различных отраслях производства и научных исследований. Оценка излома во многих случаях может характеризовать качество материала.

Излом может быть кристаллическим или аморфным. Аморфный излом характерен для материалов, не имеющего кристаллического строения, таких как стекло, канифоль, стекловидные шлаки.

Металлические сплавы, в том числе сталь, чугун, алюминиевые, магниевые сплавы, цинк и его сплавы дают зернистый, кристаллический излом.

Каждая грань кристаллического излома является плоскостью скалывания отдельного зерна. Поэтому излом показывает нам размеры зерна металла. Изучая излом стали, можно видеть, что размер зерна может колебаться в очень широких пределах: от нескольких сантиметров в литой, медленно остывшей, стали до тысячных долей миллиметра в правильно откованной и закаленной стали. В зависимости от размера зерна, излом может быть крупнокристаллический и мелкокристаллический. Обычно мелкокристаллический излом соответствует более высокому качеству металлического сплава.

В случае если разрушение исследуемого образца проходит с предшествующей пластической деформацией, зерна в плоскости излома деформируются, и излом уже не отражает внутреннего кристаллического строения металла; в этом случае излом называется волокнистым. Часто в одном образце в зависимости от уровня его пластичности, в изломе могут быть волокнистые и кристаллические участки. Часто по соотношению площади излома, занятого и кристаллическими участками при данных условиях испытания оценивают качество металла.

Хрупкий кристаллический излом может получаться при разрушении по границам зерен или по плоскостям скольжения, пересекающим зерна. В первом случае излом называется межкристаллитным, во втором транскристаллитным.

Иногда, особенно при очень мелком зерне, трудно определить природу излома. В этом случае излом изучают с помощью лупы или бинокулярного микроскопа. В последнее время развивается отрасль металловедения по фрактографическому изучению изломов на металлографических и электронных микроскопах. При этом находят новые достоинства старого метода исследований в металловедении - исследований излома, применяя к таким исследованиям понятия фрактальных размерностей.

2. Макроструктура - является следующим методом исследования металлов.

Макроструктурное исследование заключается в изучении плоскости сечения изделия или образца в продольном, поперечном или любых иных направлениях после травления, без применения увеличительных приборов или при помощи лупы. Достоинством макроструктурного исследования является то обстоятельство, что с помощью этого метода можно изучить структуру непосредственно целой отливки или слитка, поковки, штамповки и т.д. С помощью этого метода исследования можно обнаружить внутренние пороки металла: пузыри, пустоты, трещины, шлаковые включения, исследовать кристаллическое строение отливки, изучать неоднородность кристаллизации слитка и его химическую неоднородность (ликвацию).

С помощью серных отпечатков макрошлифов на фотобумаге по Бауману определяется неравномерность распределения серы по сечению слитков. Большое значение этот метод исследования имеет при исследовании кованных или штампованных заготовок для определения правильности направления волокон в металле.

3. Микроструктура - один из основных методов в металловедении - это исследование микроструктуры металла на металлографических и электронных микроскопах.

Этот метод позволяет изучать микроструктуру металлических объектов с большими увеличениями: от 50 до 2000 раз на оптическом металлографическом микроскопе и от 2 до 200 тыс. раз на электронном микроскопе. Исследование микроструктуры производится на полированных шлифах. На нетравленных

шлифах изучается наличие неметаллических включений, таких как оксиды, сульфиды, мелкие шлаковые включения и другие включения, резко отличающиеся от природы основного металла.

Микроструктура металлов и сплавов изучается на травленых шлифах. Травление обычно производится слабыми кислотами, щелочами или другими растворами, в зависимости от природы металла шлифа. Действие травления заключается в том, что он по-разному растворяет различные структурные составляющие, окрашивая их в разные тона или цвета. Границы зерен, отличающиеся от основного раствора имеют травимость обычно отличающуюся от основы и выделяется на шлифе в виде темных или светлых линий.

Видимые под микроскопом полиэдры зерен представляют собой сечения зерен поверхностью шлифа. Так как это сечение является случайным и может проходить на разных расстояниях от центра каждого отдельного зерна, то различие в размерах полиэдров не соответствует действительным различиям в размерах зерен. Наиболее близкой величиной к действительному размеру зерна являются наиболее крупные зерна.

При травлении образца, состоящего из однородных кристаллических зерен, например чистого металла, однородного твердого раствора и др. наблюдается часто различно протравленные поверхности разных зерен.

Это явление объясняется тем, что на поверхности шлифа выходят зерна, имеющие различные кристаллографическую ориентировку, вследствие чего степень воздействия кислоты на эти зерна оказываются разной. Одни зерна выглядят блестящими, другие сильно протравливаются, темнеют. Это потемнение связано с образованием различных фигур травления, по-разному отражающих световые лучи. В случае сплавов, отдельные структурные составляющие образуют микрорельеф на поверхности шлифа, имеющий участки с различным наклоном отдельных поверхностей .

Нормально расположенные участки отражают наибольшее количество света и оказываются наиболее светлыми. Другие участки - более темные. Часто контраст в изображении зернистой структуры связан не со структурой поверхности

зерен, а с рельефом у границ зерен. Кроме того, различные оттенки структурных составляющих могут являться результатом образования пленок, образованных при взаимодействии травителя со структурными составляющими.

С помощью металлографического исследования можно осуществлять качественное выявление структурных составляющих сплавов и количественное изучение микроструктур металлов и сплавов, во-первых, путем сравнения с известными изученными микросоставляющими структур и, во-вторых, специальными методами количественной металлографии.

Величина зерна определяется. Методом визуальной оценки, состоящей в том, что рассматриваемая микроструктура, приближенно оценивается баллами стандартных шкал по ГОСТ 5639-68, ГОСТ 5640-68. По соответствующим таблицам, для каждого балла определяется площадь одного зерна и количество зерен на 1 мм^2 и в 1 мм^3 .

Методом подсчета количества зерен на единице поверхности шлифа по соответствующим формулам. Если S - площадь, на которой подсчитывается количество зерен n , а M - увеличение микроскопа, то средняя величина зерна в сечении поверхности шлифа

Определение фазового состава. Фазовый состав сплава чаще оценивают на глаз или путем сравнения структуры со стандартными шкалами.

Приближенный метод количественного определения фазового состава может быть проведен методом секущей с подсчетом протяженности отрезков, занятых разными структурными составляющими. Соотношение этих отрезков соответствует объемному содержанию отдельных составляющих.

Точечный метод А.А. Глаголева. Этот метод осуществляется путем оценки количества точек (точек пересечения окулярной сетки микроскопа), попадающих на поверхности каждой структурной составляющей. Кроме того, методом количественной металлографии производят: определение величины поверхности раздела фаз и зерен; определение числа частиц в объеме; определение ориентации зерен в поликристаллических образцах.

4. Электронная микроскопия. Большое значение в металлографических исследованиях находит в последнее время электронный микроскоп. Несомненно, ему принадлежит большое будущее. Если разрешающая способность оптического микроскопа достигает значений $0,00015 \text{ мм} = 1500 \text{ \AA}$, то разрешающая способность электронных микроскопов достигает $5\text{-}10 \text{ \AA}$, т.е. в несколько сот раз больше, чем у оптического.

На электронном микроскопе осуществляют исследование тонких пленок (реплик), снятых с поверхности шлифа или непосредственное изучение тонких металлических пленок, полученных утонением массивного образца.

В наибольшей степени нуждаются в применении электронной микроскопии исследования процессов, связанные с выделением избыточных фаз, например, распад пересыщенных твердых растворов при термическом или деформационном старении.

5. Рентгеновские методы исследования. Одним из наиболее важных методов в установлении кристаллографического строения различных металлов и сплавов является рентгеноструктурный анализ. Этот метод исследования дает возможность определения характера взаимного расположения атомов в кристаллических телах, т.е. решить задачу, не доступную ни обычному, ни электронному микроскопу.

В основе рентгеноструктурного анализа лежит взаимодействие между рентгеновскими лучами и лежащими на их пути атомами исследуемого тела, благодаря которому последние становятся как бы новыми источниками рентгеновских лучей, являясь центрами их рассеяния.

Рассеяние лучей атомами можно уподобить отражению этих лучей от атомных плоскостей кристалла по законам геометрической оптики.

Рентгеновские лучи отражаются не только от плоскостей, лежащих на поверхности, но и от глубинных. Отражаясь от нескольких одинаково ориентированных плоскостей, отраженный луч усиливается. Каждая плоскость кристаллической решетки дает свой пучок отраженных волн. Получив определенное чередование отраженных пучков рентгеновских лучей под определенными углами,

рассчитывают межплоскостное расстояние, кристаллографические индексы отражающих плоскостей, в конечном счете, форму и размеры кристаллической решетки.

Практическая часть

Содержание отчета.

1. В отчете необходимо указать название, цель работы.
2. Перечислите основные физические свойства металлов (с определениями).
3. Зафиксируйте в тетради таблицы 1-2. Сделайте выводы по таблицам.
4. Заполните таблицу: «Основные методы исследования в материаловедении».

Рентгеновские
методы исследования

Практическая работа № 2

Тема: «Изучение диаграмм состояния»

Цель работы: ознакомление студентов с основными видами диаграмм состояния, их основными линиями, точками, их значением.

Ход работы:

1. Изучите теоретическую часть.
2. Выполните задания практической части.

Теоретическая часть

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение состояния любого сплава изучаемой системы в зависимости от концентрации и температуры (см.рис. 1)

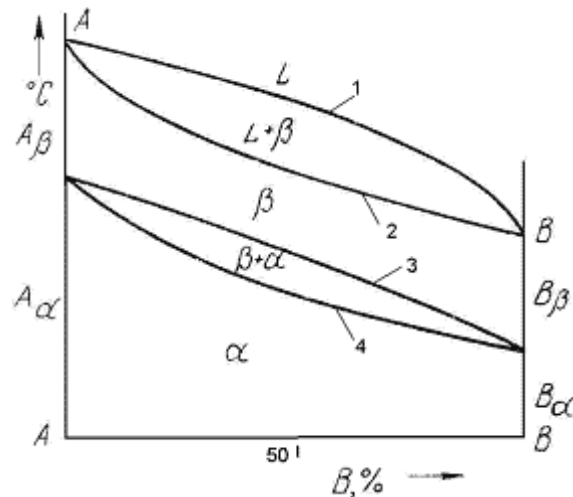


Рис.1 Диаграмма состояния

Диаграммы состояния показывают устойчивые состояния, т.е. состояния, которые при данных условиях обладают минимумом свободной энергии, и поэтому ее также называют диаграммой равновесия, так как она показывает, какие при данных условиях существуют равновесные фазы.

Построение диаграмм состояния наиболее часто осуществляется при помощи термического анализа. В результате получают серию кривых охлаждения, на которых при температурах фазовых превращений наблюдаются точки перегиба и температурные остановки.

Температуры, соответствующие фазовым превращениям, называют критическими точками. Некоторые критические точки имеют названия, например, точки отвечающие началу кристаллизации называют точками ликвидус, а концу кристаллизации - точками солидус.

По кривым охлаждения строят диаграмму состава в координатах: по оси абсцисс - концентрация компонентов, по оси ординат - температура. Шкала концентраций показывает содержание компонента В. Основными линиями являются линии ликвидус (1) и солидус (2), а также линии соответствующие фазовым превращениям в твердом состоянии (3, 4).

По диаграмме состояния можно определить температуры фазовых превращений, изменение фазового состава, приблизительно, свойства сплава, виды обработки, которые можно применять для сплава.

Ниже представлены различные типы диаграмм состояния:

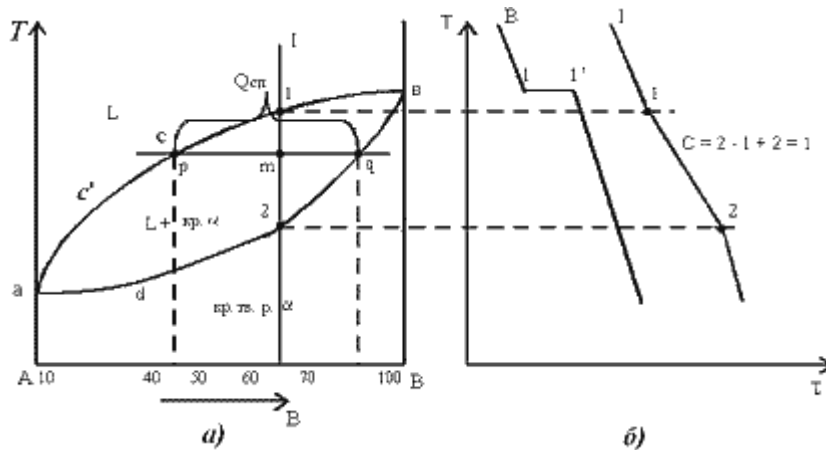


Рис.2. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (а); кривые охлаждения типичных сплавов (б)

Анализ полученной диаграммы (рис.2).

1. Количество компонентов: $K = 2$ (компоненты А и В).

2. Число фаз: $f = 2$ (жидкая фаза L, кристаллы твердого раствора α)

3. Основные линии диаграммы:

- acb – линия ликвидус, выше этой линии сплавы находятся в жидком состоянии;
- adb – линия солидус, ниже этой линии сплавы находятся в твердом состоянии.

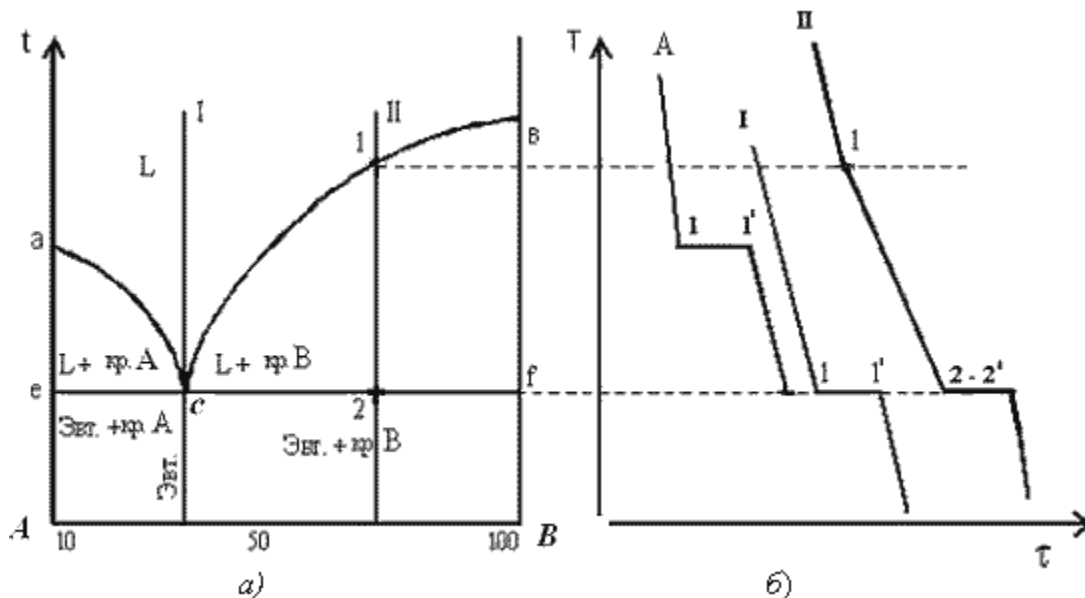


Рис.3. Диаграмма состояния сплавов с отсутствием растворимости компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения сплавов (б)

Анализ диаграммы состояния (рис. 3).

1. Количество компонентов: $K = 2$ (компоненты А и В);
2. Число фаз: $f = 3$ (кристаллы компонента А, кристаллы компонента В, жидкая фаза).
3. Основные линии диаграммы:
 - линия ликвидус $асб$, состоит из двух ветвей, сходящихся в одной точке;
 - линия солидус $есф$, параллельна оси концентраций стремится к осям компонентов, но не достигает их;

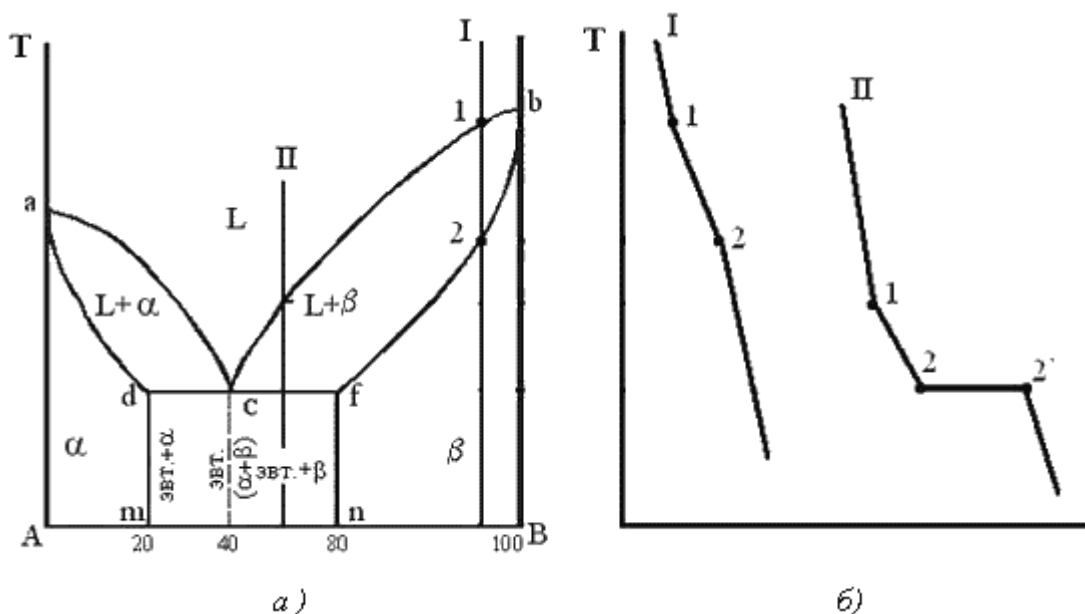


Рис. 4. Диаграмма состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (а) и кривые охлаждения типичных сплавов (б)

Анализ диаграммы состояния (рис. 4).

1. Количество компонентов: $K = 2$ (компоненты А и В);
2. Число фаз: $f = 3$ (жидкая фаза и кристаллы твердых растворов α (раствор компонента В в компоненте А) и β (раствор компонента А в компоненте В));
3. Основные линии диаграммы:
 - линия ликвидус $асб$, состоит из двух ветвей, сходящихся в одной точке;
 - линия солидус $адсfb$, состоит из трех участков;
 - dm – линия предельной концентрации компонента В в компоненте А;
 - fn – линия предельной концентрации компонента А в компоненте В.

Практическая часть

Задание для студентов:

1. Запишите название работы и ее цель.
2. Запишите что такое диаграмма состояния.

Ответьте на вопросы:

1. Как строится диаграмма состояния?
2. Что можно определить по диаграмме состояния?
3. Какие названия имеют основные точки диаграммы?
4. Что указывается на диаграмме по оси абсцисс? Оси ординат?
5. Как называются основные линии диаграммы?

Практическая работа № 3

Тема: «Изучение чугунов»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения чугунов; формирование умения расшифровки марок чугунов.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

Теоретическая часть

Чугун отличается от стали: по составу - более высокое содержание углерода и примесей; по технологическим свойствам - более высокие литейные свойства, малая способность к пластической деформации, почти не используется в сварных конструкциях.

В зависимости от состояния углерода в чугуне различают: белый чугун – углерод в связанном состоянии в виде цементита, в изломе имеет белый цвет и металлический блеск; серый чугун – весь углерод или большая часть находится в свободном состоянии в виде графита, а в связанном состоянии находится не бо-

лее 0,8 % углерода. Из-за большого количества графита его излом имеет серый цвет; половинчатый – часть углерода находится в свободном состоянии в форме графита, но не менее 2 % углерода находится в форме цементита. Мало используется в технике.

В зависимости от формы графита и условий его образования различают следующие группы чугунов: серый - с пластинчатым графитом; высокопрочный - с шаровидным графитом; ковкий - с хлопьевидным графитом.

Графитовые включения можно рассматривать как соответствующей формы пустоты в структуре чугуна. Около таких дефектов при нагружении концентрируются напряжения, значение которых тем больше, чем острее дефект. Отсюда следует, что графитовые включения пластинчатой формы в максимальной мере разупрочняют металл. Более благоприятна хлопьевидная форма, а оптимальной является шаровидная форма графита. Пластичность зависит от формы таким же образом. Наличие графита наиболее резко снижает сопротивление при жестких способах нагружения: удар; разрыв. Сопротивление сжатию снижается мало.

Серые чугуны

Серый чугун широко применяется в машиностроении, так как легко обрабатывается и обладает хорошими свойствами. В зависимости от прочности серый чугун подразделяют на 10 марок (ГОСТ 1412).

Серые чугуны при малом сопротивлении растяжению имеют достаточно высокое сопротивление сжатию. Структура металлической основы зависит от количества углерода и кремния.

Учитывая малое сопротивление отливок из серого чугуна растягивающим и ударным нагрузкам, следует использовать этот материал для деталей, которые подвергаются сжимающим или изгибающим нагрузкам. В станкостроении это - базовые, корпусные детали, кронштейны, зубчатые колеса, направляющие; в автостроении - блоки цилиндров, поршневые кольца, распределительные валы, диски сцепления. Отливки из серого чугуна также используются в электромашиностроении, для изготовления товаров народного потребления.

Маркировка серых чугунов: обозначаются индексом СЧ (серый чугун) и числом, которое показывает значение предела прочности, умноженное на 10^{-1} .
Например: СЧ 10 – серый чугун, предел прочности при растяжении 100 Мпа.

Ковкий чугун

Хорошие свойства у отливок обеспечиваются, если в процессе кристаллизации и охлаждения отливок в форме не происходит процесс графитизации. Чтобы предотвратить графитизацию, чугуны должны иметь пониженное содержание углерода и кремния.

Различают 7 марок ковкого чугуна: три с ферритной (КЧ 30 - 6) и четыре с перлитной (КЧ 65 - 3) основой (ГОСТ 1215).

По механическим и технологическим свойствам ковкий чугун занимает промежуточное положение между серым чугуном и сталью. Недостатком ковкого чугуна по сравнению с высокопрочным является ограничение толщины стенок для отливки и необходимость отжига.

Отливки из ковкого чугуна применяют для деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках.

Из ферритных чугунов изготавливают картеры редукторов, ступицы, крюки, скобы, хомутики, муфты, фланцы.

Из перлитных чугунов, характеризующихся высокой прочностью, достаточной пластичностью, изготавливают вилки карданных валов, звенья и ролики цепей конвейера, тормозные колодки.

Маркировка ковкого чугуна: обозначаются индексом КЧ (ковкий чугун) и числами. Первое число соответствует пределу прочности на растяжение, умноженное на 10^{-1} , второе число – относительное удлинение.

Например: КЧ 30-6 – ковкий чугун, предел прочности при растяжении 300Мпа, относительное удлинение 6 %.

Высокопрочный чугун

Получают эти чугуны из серых, в результате модифицирования магнием или церием. По сравнению с серыми чугунами, механические свойства повышаются, это вызвано отсутствием неравномерности в распределении напряжений из-за шаровидной формы графита.

Эти чугуны обладают высокой жидкотекучестью, линейная усадка - около 1%. Литейные напряжения в отливках несколько выше, чем для серого чугуна. Из-за высокого модуля упругости достаточно высокая обрабатываемость резанием. Обладают удовлетворительной свариваемостью.

Из высокопрочного чугуна изготавливают тонкостенные отливки (поршневые кольца), шаботы ковочных молотов, станины и рамы прессов и прокатных станов, изложницы, резцедержатели, планшайбы.

Отливки коленчатых валов массой до 2..3 т, взамен кованных валов из стали, обладают более высокой циклической вязкостью, малочувствительны к внешним концентраторам напряжения, обладают лучшими антифрикционными свойствами и значительно дешевле.

Маркировка высокопрочного чугуна: обозначаются индексом ВЧ (высокопрочный чугун) и числом, которое показывает значение предела прочности, умноженное на 10^{-1} .

Например: ВЧ 50 – высокопрочный чугун с пределом прочности на растяжение 500 Мпа.

Практическая часть

Задание для студентов:

1. Запишите название работы, ее цель.
 2. Опишите производство чугуна.
 3. Заполните таблицу:
3. Высокопрочные чугуны

Практическая работа № 4

Тема: «Изучение углеродистых и легированных конструкционных сталей»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения конструкционных сталей; формирование умения расшифровки маркировки конструкционных сталей.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задания практической части.

Теоретическая часть

Сталь – это сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится в количестве 0 -2,14%. Стали являются наиболее распространенными материалами. Обладают хорошими технологическими свойствами. Изделия получают в результате обработки давлением и резанием.

Достоинством является возможность, получать нужный комплекс свойств, изменяя состав и вид обработки.

В зависимости от назначения стали делятся на 3 группы: конструкционные, инструментальные и стали специального назначения.

Качество в зависимости от содержания вредных примесей: серы и фосфора стали подразделяют на стали:

- Обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора.
- Качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно.
- Высококачественные - до 0,025% серы и фосфора.
- Особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Раскисление – это процесс удаления кислорода из стали, т. е. по степени её раскисления, существуют: спокойные стали, т. е., полностью раскисленные; такие стали обозначаются буквами "сп" в конце марки (иногда буквы опускаются); кипящие стали – слабо раскисленные; маркируются буквами "кп"; полуспокой-

ные стали, занимающие промежуточное положение между двумя предыдущими; обозначаются буквами "пс".

Сталь обыкновенного качества подразделяется еще и по поставкам на 3 группы: сталь группы А поставляется потребителям по механическим свойствам (такая сталь может иметь повышенное содержание серы или фосфора); сталь группы Б – по химическому составу; сталь группы В – с гарантированными механическими свойствами и химическим составом.

Конструкционные стали предназначены для изготовления конструкций, деталей машин и приборов.

Наличие широкого сортамента выпускаемых сталей и сплавов, изготавливаемых в различных странах, обусловило необходимость их идентификации, однако до настоящего времени не существует единой системы маркировки сталей и сплавов, что создает определенные трудности для металлоторговли.

Так в России и в странах СНГ (Украина, Казахстан, Белоруссия и др.) принята разработанная ранее в СССР буквенно-цифровая система обозначения марок сталей и сплавов, где согласно ГОСТу, буквами условно обозначаются названия элементов и способов выплавки стали, а цифрами — содержание элементов. До настоящего времени международные организации по стандартизации не выработали единую систему маркировки сталей.

Маркировка конструкционных углеродистых сталей обыкновенного качества

- Обозначают по ГОСТ 380-94 буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) в зависимости от химического состава и механических свойств.
- Чем выше содержание углерода и прочностные свойства стали, тем больше её номер.
- Буква "Г" после номера марки указывает на повышенное содержание марганца в стали.
- Перед маркой указывают группу стали, причем группа "А" в обозначении марки стали не ставится.

- Для указания категории стали к обозначению марки добавляют номер в конце соответствующий категории, первую категорию обычно не указывают.

Например:

- Ст1кп2 - углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, № марки 1, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа А);

- ВСт5Г - углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, № марки 5, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа В);

- ВСт0 - углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы Б, первой категории (стали марок Ст0 и Бст0 по степени раскисления не разделяют).

Маркировка конструкционных углеродистых качественных сталей

- В соответствии с ГОСТ 1050-88 эти стали маркируются двухзначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: 05 ; 08 ; 10 ; 25 ; 40, 45 и т.д.

- Для спокойных сталей буквы в конце их наименований не добавляются.

Например, 08кп, 10пс, 15, 18кп, 20 и т.д.

- Буква Г в марке стали указывает на повышенное содержание марганца.

Например: 14Г, 18Г и т.д.

- Самая распространенная группа для изготовления деталей машин (валы, оси, втулки, зубчатые колеса и т.д)

Например:

- 10 – конструкционная углеродистая качественная сталь, с содержанием углерода около 0,1 %, спокойная

- 45 – конструкционная углеродистая качественная сталь, с содержанием углерода около 0,45%, спокойная

- 18 кп – конструкционная углеродистая качественная сталь с содержанием углерода около 0.18%, кипящая

- 14Г – конструкционная углеродистая качественная сталь с содержанием углерода около 0,14%, спокойная, с повышенным содержанием марганца.

Маркировка легированных конструкционных сталей

- В соответствии с ГОСТ 4543-71 наименования таких сталей состоят из цифр и букв.

- Первые цифры марки обозначают среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента.

- Буквы указывают на основные легирующие элементы, включенные в сталь.

- Цифры после каждой буквы обозначают примерное процентное содержание соответствующего элемента, округленное до целого числа, при содержании легирующего элемента до 1.5% цифра за соответствующей буквой не указывается.

- Буква А в конце марки указывает на то, что сталь высококачественная (с пониженным содержанием серы и фосфора)

- Н – никель, Х – хром, К – кобальт, М – молибден, В – вольфрам, Т – титан, Д – медь, Г – марганец, С – кремний.

Например:

- 12Х2Н4А – конструкционная легированная сталь, высококачественная, с содержанием углерода около 0,12%, хрома около 2%, никеля около 4%

- 40ХН – конструкционная легированная сталь, с содержанием углерода около 0,4%, хрома и никеля до 1,5%

Маркировка других групп конструкционных сталей

Рессорно-пружинные стали.

- Основной отличительный признак этих сталей – содержание углерода в них должно быть около 0.8% (в этом случае в сталях появляются упругие свойства)

- Пружины и рессоры изготавливают из углеродистых (65,70,75,80) и легированных (65С2, 50ХГС, 60С2ХФА, 55ХГР) конструкционных сталей

- Эти стали легируют элементами которые повышают предел упругости – кремнием, марганцем, хромом, вольфрамом, ванадием, бором

Например: 60С2 – сталь конструкционная углеродистая рессорно-пружинная с содержанием углерода около 0,65%, кремния около 2%.

Шарикоподшипниковые стали

- ГОСТ 801-78 маркируют буквами "ШХ", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента.

- Для сталей, подвергнутых электрошлаковому переплаву, буква Ш добавляется также и в конце их наименований через тире.

Например: ШХ15, ШХ20СГ, ШХ4-Ш.

- Из них изготавливают детали для подшипников, также их используют для изготовления деталей, работающих в условиях высоких нагрузок.

Например: ШХ15 – сталь конструкционная шарикоподшипниковая с содержанием углерода 1%, хрома 1,5%

Автоматные стали

- ГОСТ 1414-75 начинаются с буквы А (автоматная).

- Если сталь при этом легирована свинцом, то ее наименование начинается с букв АС.

- Для отражения содержания в сталях остальных элементов используются те же правила, что и для легированных конструкционных сталей. Например: А20, А40Г, АС14, АС38ХГМ

Например: АС40 – сталь конструкционная автоматная, с содержанием углерода 0,4%, свинца 0,15-0,3% (в марке не указывается)

Практическая часть

Задание для студентов:

1. Запишите название работы, ее цель.
2. Запишите основные признаки маркировки всех групп конструкционных сталей (обыкновенного качества, качественных сталей, легированных конструкционных сталей, рессорно-пружинных сталей, шарикоподшипниковых сталей, автоматных сталей), с примерами.

Задание по вариантам:

1. Расшифруйте марки сталей и запишите область применения конкретной марки (т.е. для изготовления чего она предназначена)

Практическая работа № 5

Тема: «Изучение углеродистых и легированных инструментальных сталей»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения конструкционных сталей; формирование умения расшифровки маркировки конструкционных сталей.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

Теоретическая часть

Сталь – это сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится в количестве 0-2,14%.

Стали являются наиболее распространенными материалами. Обладают хорошими технологическими свойствами. Изделия получают в результате обработки давлением и резанием.

Достоинством является возможность, получать нужный комплекс свойств, изменяя состав и вид обработки.

В зависимости от назначения стали делятся на 3 группы: конструкционные, инструментальные и стали специального назначения.

Качество в зависимости от содержания вредных примесей: серы и фосфора стали подразделяют на: стали обыкновенного качества, содержание до 0,06% серы и до 0,07% фосфора; качественные - до 0,035% серы и фосфора каждого отдельно; высококачественные - до 0,025% серы и фосфора; особовысококачественные, до 0,025% фосфора и до 0,015% серы.

Инструментальные стали предназначены для изготовления различного инструмента, как для ручной обработки, так и для механической.

Наличие широкого сортамента выпускаемых сталей и сплавов, изготавливаемых в различных странах, обусловило необходимость их идентификации, однако до настоящего времени не существует единой системы маркировки сталей и сплавов, что создает определенные трудности для металлоторговли.

Маркировка углеродистых инструментальных сталей

- Данные стали в соответствии с ГОСТ 1435-90 делятся на качественные и высококачественные.

- Качественные стали обозначаются буквой У (углеродистая) и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в стали, в десятых долях процента.

Например: У7, У8, У9, У10. У7 – углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода около 0.7%

- В обозначения высококачественных сталей добавляется буква А (У8А, У12А и т.д.). Кроме того, в обозначениях как качественных, так и высококачественных углеродистых инструментальных сталей может присутствовать буква Г, указывающая на повышенное содержание в стали марганца.

Например: У8Г, У8ГА. У8А – углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода около 0,8%, высококачественная.

- Изготавливают инструмент для ручной работы (зубило, кернер, чертилка и т.д.), механической работы на невысоких скоростях (сверла).

Маркировка легированных инструментальных сталей

- Правила обозначения инструментальных легированных сталей по ГОСТ 5950-73 в основном те же, что и для конструкционных легированных.

Различие заключается лишь в цифрах, указывающих на массовую долю углерода в стали.

- Процентное содержание углерода также указывается в начале наименования стали, в десятых долях процента, а не в сотых, как для конструкционных легированных сталей.

- Если же в инструментальной легированной стали содержание углерода составляет около 1.0%, то соответствующую цифру в начале ее наименования обычно не указывают.

Приведем примеры: сталь 4X2B5MФ, ХВГ, ХВЧ.

- 9X5BФ – легированная инструментальная сталь, с содержанием углерода около 0,9%, хрома около 5%, ванадия и вольфрама до 1%

Маркировка высоколегированных (быстрорежущих) инструментальных сталей

- Обозначают буквой "Р", следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама: В отличие от легированных сталей в наименованиях быстрорежущих сталей не указывается процентное содержание хрома, т.к. оно составляет около 4% во всех сталях, и углерода (оно пропорционально содержанию ванадия).

- Буква Ф, показывающая наличие ванадия, указывается только в том случае, если содержание ванадия составляет более 2.5%.

Например: Р6М5, Р18, Р6 М5Ф3.

- Обычно из этих сталей изготавливают высокопроизводительный инструмент: сверла, фрезы и т.д. (для удешевления только рабочую часть)

Например: Р6М5К2 – быстрорежущая сталь, с содержанием углерода около 1%, вольфрама около 6%, хрома около 4%, ванадия до 2,5%, молибдена около 5%, кобальта около 2%.

Практическая часть

Задание для студентов:

1. Запишите название работы, ее цель.

2. Запишите основные принципы маркировки всех групп инструментальных сталей (углеродистых, легированных, высоколегированных)

Практическая работа № 6

Тема: «Изучение сплавов на основе меди: латуни, бронзы»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения цветных металлов – меди и сплавов на ее основе: латуней и бронз; формирование умения расшифровки маркировки латуней и бронз.

Рекомендации для студентов: прежде чем приступить к выполнению практической части задания, внимательно ознакомьтесь с теоретическими положениями, а также лекциями в вашей рабочей тетради по данной теме.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

Теоретическая часть

Латуни

Латуни могут иметь в своем составе до 45 % цинка. Повышение содержания цинка до 45 % приводит к увеличению предела прочности до 450 МПа. Максимальная пластичность имеет место при содержании цинка около 37 %.

По способу изготовления изделий различают латуни деформируемые и литейные.

Деформируемые латуни маркируются буквой Л, за которой следует число, показывающее содержание меди в процентах, например в латуни Л62 содержится 62 % меди и 38 % цинка. Если кроме меди и цинка, имеются другие элементы, то ставятся их начальные буквы (О - олово, С - свинец, Ж - железо, Ф - фосфор, Мц - марганец, А - алюминий, Ц - цинк).

Количество этих элементов обозначается соответствующими цифрами после числа, показывающего содержание меди, например, сплав ЛАЖ60-1-1 содержит 60 % меди, 1 % алюминия, 1 % железа и 38 % цинка.

Латуни имеют хорошую коррозионную стойкость, которую можно повысить дополнительно присадкой олова. Латунь ЛО70 -1 стойка против коррозии в морской воде и называется “морской латунью“. Добавка никеля и железа повышает механическую прочность до 550 МПа.

Литейные латуни также маркируются буквой Л, После буквенного обозначения основного легирующего элемента (цинк) и каждого последующего ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Например, латунь ЛЦ23А6Ж3Мц2 содержит 23 % цинка, 6 % алюминия, 3 % железа, 2 % марганца. Наилучшей жидкотекучестью обладает латунь марки ЛЦ16К4. К литейным латуням относятся латуни типа ЛС, ЛК, ЛА, ЛАЖ, ЛАЖМц. Литейные латуни не склонны к ликвации, имеют сосредоточенную усадку, отливки получают с высокой плотностью.

Латуни являются хорошим материалом для конструкций, работающих при отрицательных температурах.

Бронзы

Сплавы меди с другими элементами кроме цинка называются бронзами. Бронзы подразделяются на деформируемые и литейные.

При маркировке деформируемых бронз на первом месте ставятся буквы Бр, затем буквы, указывающие, какие элементы, кроме меди, входят в состав сплава.

После букв идут цифры, показывающие содержание компонентов в сплаве.

Например, марка БрОФ10-1 означает, что в бронзу входит 10 % олова, 1 % фосфора, остальное - медь.

Маркировка литейных бронз также начинается с букв Бр, затем указываются буквенные обозначения легирующих элементов и ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Например, бронза БрО3Ц12С5 содержит 3 % олова, 12 % цинка, 5 % свинца, остальное - медь.

Оловянные бронзы При сплавлении меди с оловом образуются твердые растворы. Эти сплавы очень склонны к ликвации из-за большого температурного интервала кристаллизации. Благодаря ликвации сплавы с содержанием олова выше 5 % является благоприятным для деталей типа подшипников скольжения: мягкая фаза обеспечивает хорошую прирабатываемость, твердые частицы создают износостойкость. Поэтому оловянные бронзы являются хорошими антифрикционными материалами.

Оловянные бронзы имеют низкую объемную усадку (около 0,8 %), поэтому используются в художественном литье. Наличие фосфора обеспечивает хорошую жидкотекучесть. Оловянные бронзы подразделяются на деформируемые и литейные.

В деформируемых бронзах содержание олова не должно превышать 6%, для обеспечения необходимой пластичности, БрОФ6,5-0,15. В зависимости от состава деформируемые бронзы отличаются высокими механическими, антикоррозионными, антифрикционными и упругими свойствами, и используются в различных отраслях промышленности. Из этих сплавов изготавливают прутки, трубы, ленту, проволоку.

Практическая часть

Задание для студентов:

1. Запишите название и цель работы.

2. Заполните таблицу:

- Название сплава, его определение.
- Основные свойства сплава.
- Пример маркировки.
- Расшифровка марки.
- Область применения

Практическая работа № 7

Тема: «Изучение алюминиевых сплавов»

Цель работы: ознакомление студентов с маркировкой и областью применения цветных металлов – алюминия и сплавов на его основе; изучение особенностей применения алюминиевых сплавов в зависимости от их состава.

Рекомендации для студентов: прежде чем приступить к выполнению практической части задания, внимательно ознакомьтесь с теоретическими положениями, а также лекциями в вашей рабочей тетради по данной теме.

Ход работы:

1. Ознакомьтесь с теоретической частью.
2. Выполните задание практической части.

Теоретическая часть

Принцип маркировки алюминиевых сплавов. В начале указывается тип сплава: Д - сплавы типа дюралюминов; А - технический алюминий; АК - ковкие алюминиевые сплавы; В - высокопрочные сплавы; АЛ - литейные сплавы.

Далее указывается условный номер сплава. За условным номером следует обозначение, характеризующее состояние сплава: М - мягкий (отожженный); Т - термически обработанный (закалка плюс старение); Н - нагартованный; П – полунагартованный.

По технологическим свойствам сплавы подразделяются на три группы: деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой; деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой; литейные сплавы.

Методами порошковой металлургии изготавливают спеченные алюминиевые сплавы (САС) и спеченные алюминиевые порошковые сплавы (САП).

Деформируемые литейные сплавы, не упрочняемые термической обработкой.

Прочность алюминия можно повысить легированием. В сплавы, не упрочняемые термической обработкой, вводят марганец или магний. Атомы этих элементов существенно повышают его прочность, снижая пластичность. Обозначаются сплавы: с марганцем - АМц, с магнием - АМг; после обозначения элемента указывается его содержание (АМгЗ).

Магний действует только как упрочнитель, марганец упрочняет и повышает коррозионную стойкость. Прочность сплавов повышается только в результате деформации в холодном состоянии. Чем больше степень деформации, тем значительнее растет прочность и снижается пластичность. В зависимости от степени упрочнения различают сплавы нагартованные и полунагартованные (АМгЗП).

Эти сплавы применяют для изготовления различных сварных емкостей для горючего, азотной и других кислот, мало- и средненагруженных конструкций.

Деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой.

К таким сплавам относятся дюралюмины (сложные сплавы систем алюминий - медь - магний или алюминий - медь - магний - цинк). Они имеют пониженную коррозионную стойкость, для повышения которой вводится марганец. Дюралюмины обычно подвергаются закалке температуры 500°C и естественному старению, которому предшествует двух-, трехчасовой инкубационный период. Максимальная прочность достигается через 4.5 суток. Широкое применение дюралюмины находят в авиастроении, автомобилестроении, строительстве.

Высокопрочными стареющими сплавами являются сплавы, которые кроме меди и магния содержат цинк. Сплавы В95, В96 имеют предел прочности около 650 МПа. Основным потребителем - авиастроение (обшивки, стрингеры, лонжероны).

Ковочные алюминиевые сплавы АК, АК8 применяются для изготовления поковок. Поковки изготавливаются при температуре $380-450^{\circ}\text{C}$, подвергаются закалке от температуры $500-560^{\circ}\text{C}$ и старению при $150-165^{\circ}\text{C}$ в течение 6 часов. В состав алюминиевых сплавов дополнительно вводят никель, железо, титан, которые повышают температуру рекристаллизации и жаропрочность до 300°C .

Изготавливают поршни, лопатки и диски осевых компрессоров, турбореактивных двигателей.

Литейные сплавы

К литейным сплавам относятся сплавы системы алюминий - кремний (силумины), содержащие 10-13 % кремния. Присадка к силуминам магния, меди способствует эффекту упрочнения литейных сплавов при старении. Титан и цирконий измельчают зерно. Марганец повышает антикоррозионные свойства. Никель и железо повышают жаропрочность.

Литейные сплавы маркируются от АЛ2 до АЛ20. Силумины широко применяют для изготовления литых деталей приборов и других средне - и малонагруженных деталей, в том числе тонкостенных отливок сложной формы.

Практическая часть

Задание для студентов:

1. Запишите название и цель работы.
2. Заполните таблицу:
 - Название сплава, его определение.
 - Основные свойства сплава.
 - Пример маркировки.
 - Расшифровка марки.
 - Область применения

Практическая работа № 8

Тема «Связь между свойствами сплава и типом диаграммы состояния»

Цель работы - ознакомиться с методикой построения диаграмм состояния двухкомпонентных сплавов, изучить изменение свойств сплавов в зависимости от изменения концентрации их компонентов для основных типов диаграмм состояния.

Задачи:

1. Изучить теоретические сведения о строении металлических сплавов.
2. Усвоить методику экспериментального построения диаграмм состояния двухкомпонентных сплавов.
3. Научиться практическому использованию правила фаз и правила отрезков.
4. Изучить связь между свойствами сплавов и типом диаграмм состояния.

Краткие теоретические сведения

Строение металлических сплавов

Основными конструкционными материалами являются металлические сплавы - вещества, полученные сплавлением двух или более элементов (компонентов).

К основным понятиям в теории сплавов относятся; система, компонент, фаза.

Система - группа тел, выделяемый для наблюдения и изучения. В металловедении системами являются металлы и металлические сплавы. Чистый металл является простой (однокомпонентной) системой.

Компонентами называют вещества, образующие систему (сплав). В металлических сплавах компонентами могут быть элементы (металлы и неметаллы) и химические соединения (не диссоциирующие при нагревании).

Фазой называется однородная часть системы, отделенная от другой части системы (фазы) поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав или структура вещества изменяется скачком,

Следовательно, однородная жидкость является однофазной системой, а механическая смесь двух видов кристаллов - двухфазной, так как каждый кристалл отличается от другого по составу или по строению и они отделены один от другого поверхностью раздела. В твердых сплавах фазами могут быть зерна чистого металла, зерна твердого раствора и зерна химического соединения. Механическая смесь двух компонентов А и В образуется тогда, когда они не способны к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступают в химическую реакцию с образованием соединения. При этих условиях сплав будет состоять из кристаллов А и В, отчетливо выявляемых на микроструктуре. Рентгенограмма сплава покажет наличие двух решеток компонентов А и В.

Твердыми растворами называют такие твердые фазы, в которых соотношения между компонентами могут изменяться. Рентгеновский анализ обнаруживает в твердом растворе, как и у чистого металла, только один тип решетки. Следовательно, в отличие от механической смеси твердый раствор является однофазным, состоит из одного вида кристаллов, имеет одну кристаллическую решетку; в отличие от химического соединения твердый раствор существует не

при определенном соотношении компонентов, а в интервале концентраций. В твердом растворе одно из входящих в состав сплава веществ сохраняет присущую ему кристаллическую решетку, а второе вещество, утратив свое кристаллическое строение, в виде отдельных, атомов распределяется в кристаллической решетке первого. Первое вещество является растворителем, второе - растворимым.

В зависимости от характера распределения атомов растворимого элемента различают твердые растворы внедрения, замещения и вычитания. Независимо от типа твердого раствора общим для них является то, что они однофазны и существуют в интервале концентраций. Для твердых растворов характерен металлический тип связи. В твердых растворах внедрения атомы растворимого элемента распределяются в кристаллической решетке металла-растворителя, занимая места между его атомами.

В твердых растворах замещения атомы растворимого элемента занимают места атомов основного металла. Посторонние атомы могут замещать атомы растворителя в любых местах, поэтому такие растворы называют неупорядоченными твердыми растворами.

Твердые растворы замещения могут быть ограниченными и неограниченными. Одно из условий неограниченной растворимости - размерный фактор: чем больше различие в атомных радиусах, тем меньше растворимость.

Неограниченная растворимость компонентов присуща системам, в которых атомные радиусы элементов различаются не более чем на 8...15%.

С понижением температуры в твердых растворах замещения может произойти перераспределение атомов, в результате которого атомы растворенного элемента займут строго определенные места в решетке растворителя. Такие твердые растворы называют упорядоченными твердыми растворами, а их структуру - сверхструктурой. Температуру перехода неупорядоченного состояния в упорядоченное называют точкой Курнакова.

Твердые растворы вычитания образуются на основе некоторых химических соединений, когда к химическому соединению добавляется один из входящих в его формулу элементов. Атомы этого элемента занимают нормальное положение в решетке соединения, а места, где должны были бы находиться атомы второго компонента, оказываются незаполненными, пустыми (поэтому эти растворы иногда называют растворами с дефектной решеткой).

Образование любого типа твердых растворов сопровождается изменением параметров решетки металла-растворителя. Это важный момент, определяющий изменение свойств твердого раствора.

Химическое соединение чаще всего образуется между элементами, расположенными далеко друг от друга в таблице Д.И. Менделеева, т. е. существенно различающимися по строению и свойствам, если сила взаимодействия между разнородными атомами больше, чем между атомами однородными.

Химические соединения имеют ряд особенностей, отличающих их от твердых растворов:

а) соотношение чисел атомов элементов, образующих соединение, строго определенное, соответствующее стехиометрической пропорции, выраженной формулой вида A_nB_m ;

б) они имеют свою кристаллическую решетку, отличную от решеток элементов, образовавших это соединение, с правильным упорядоченным расположением атомов компонентов в кристаллической решетке;

в) свойства соединения заметно отличаются от свойств исходных элементов;

г) как и чистые металлы, они имеют постоянную температуру плавления (диссоциаций). Как правило, химические соединения обладают большой твердостью и очень хрупки.

Понятие о диаграммах состояния

Диаграмма состояния - графическое изображение состояния любого сплава изучаемой системы в зависимости от его концентрации и температуры.

Диаграмма состояния показывает равновесные, устойчивые состояния, т.е. такие, которые при данных условиях обладают минимальной свободной энергией. Они имеют большое теоретическое и практическое значение, так как изучение любого сплава начинается с построения и анализа диаграммы состояния с целью изучения фаз и структурных составляющих сплава.

С помощью диаграммы состояния можно установить возможность проведения термической обработки и ее режимы, температуры литья, горячей пластической деформации и т.д.

В любой системе число фаз, находящихся в равновесии, зависит от внутренних и внешних условий. Закономерности всех изменений, происходящих в системе, подчинены общему закону равновесия, который называется правилом фаз или законом Гиббса, который выражает зависимость между числом степеней свободы S (вариантностью) системы, числом компонентов K и числом фаз системы Φ , находящихся в равновесии. Правило фаз записывают в виде: $S = K - \Phi + 1$ (при постоянном атмосферном давлении).

Под числом степеней свободы (вариантностью) системы понимают число внешних и внутренних факторов (температура, давление и концентрация), которое можно изменять без изменения числа фаз в системе.

Построение диаграмм состояния осуществляют различными экспериментальными методами. Чаще всего используют метод термического анализа, сущность которого заключается в отборе нескольких сплавов данной системы с различным соотношением масс входящих в них компонентов. Сплавы помещают в огнеупорные тигли и нагревают в печи. После расплавления сплавов тигли со сплавами медленно охлаждают и фиксируют скорость охлаждения. По полученным данным строят кривые охлаждения в координатах время - температура.

В результате измерений получают серию кривых охлаждения, на которых при температурах фазовых превращений наблюдаются точки перегиба и температурные остановки.

Температуры, соответствующие фазовым превращениям, называются критическими точками. Точки, отвечающие началу кристаллизации, называют

точками ликвидус (жидкий), а конца кристаллизации - точками солидус (твёрдый).

По полученным кривым охлаждения (критическим точкам) для различных сплавов изучаемой системы строят диаграмму состояния в координатах; по оси абсцисс - концентрация компонентов, по оси ординат - температура.

Рассмотрим диаграмму состояния для сплавов, образующих механические смеси из чистых компонентов (1 рода).

В этом случае оба компонента в жидком состоянии неограниченно растворимы, а в твердом состоянии нерастворимы и не образуют химических соединений. С некоторым приближением можно принять, что такими компонентами могут быть свинец - сурьма, образующие данную систему (рис. 1).

Для построения этой диаграммы выбирают три-четыре сплава различной концентрации, перенасыщенных либо свинцом, либо сурьмой, и на вспомогательной диаграмме температура – время (рис. 1 слева) наносят, пользуясь данными наблюдений температуры кристаллизации чистого свинца и чистой сурьмы, а также нижеперечисленных сплавов:

1. 95 % Pb; 5 % Sb;
2. 90 % Pb; 10 % Sb;
3. 87 % Pb; 13 % Sb;
4. 60 % Pb; 40 % Sb.

Вначале вычерчивают кривые кристаллизации Pb и Sb (1 и 6).

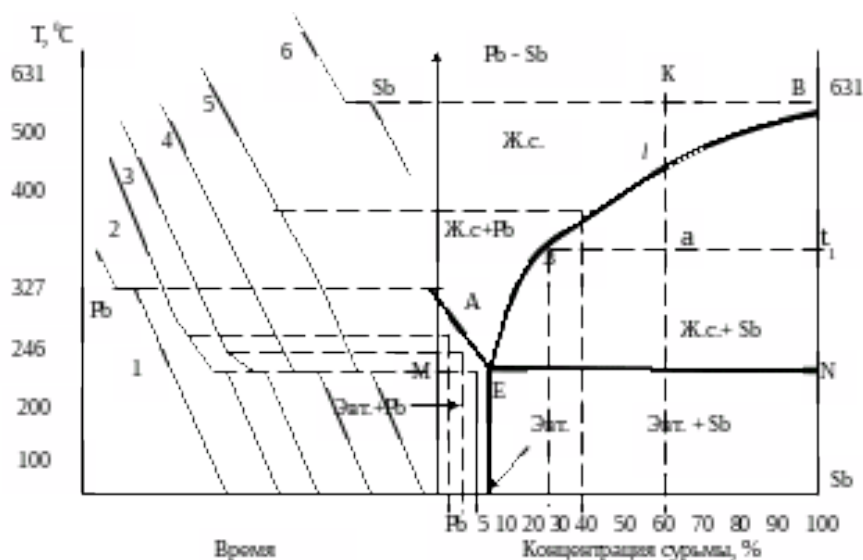


Рис. 1 – Диаграмма состояния сплавов свинец - сурьма

Свинец кристаллизуется при $327\text{ }^\circ\text{C}$, сурьма – при $631\text{ }^\circ\text{C}$. Их кристаллизация отмечена горизонтальным участком кривой. Первый сплав (кривая 2) начинает кристаллизоваться при $300\text{ }^\circ\text{C}$ с выделением избыточных кристаллов свинца. Оставшаяся часть сплава бедна свинцом, значит, концентрация сурьмы в ней

возрастает, и, когда она достигает 13 %, при 246 °С происходит окончательная кристаллизация (см. горизонтальный участок кривой). Второй сплав (кривая 3) кристаллизуется аналогично первому, но точка начала кристаллизации у него ниже, а кончается кристаллизация также при 246 °С, когда концентрация сурьмы достигает 13 %. Третий сплав (кривая 4) кристаллизуется полностью при одной температуре (246 °С) с одновременным выпадением кристаллов свинца и сурьмы. Четвертый сплав (кривая 5) начинает кристаллизоваться при 400 °С с выделением избыточных кристаллов сурьмы. В жидком сплаве сурьмы становится все меньше, и, когда ее содержание снизится до 13 %, при 246 °С произойдет окончательная кристаллизация.

Все точки начала и конца кристаллизации свинца, сурьмы и указанных четырех сплавов перенесем на основную диаграмму. Соединив все точки начала кристаллизации, получают линию АЕВ. Эта линия называется ликвидусом. Все сплавы, лежащие выше ликвидуса, находятся в жидком состоянии. Линия МЕН называется солидусом. Ниже этой линии все сплавы находятся в твердом состоянии. В интервале между ликвидусом и солидусом имеется две фазы: жидкий сплав (ж.с.) и кристаллы одного из компонентов. В области МАЕ – жидкий сплав и кристаллы свинца, а в области ЕВN – жидкий сплав и кристаллы сурьмы.

Сплав, содержащий 13 % сурьмы, кристаллизующийся при одной температуре, называется эвтектическим. Он имеет самую низкую температуру кристаллизации и отличается равномерной структурой. Сплавы, содержащие менее 13 % сурьмы, лежащие влево от эвтектики, называются доэвтектическими, а более 13 % сурьмы – заэвтектическими. Структуры эвтектического, доэвтектического и заэвтектического сплавов сильно различаются между собой. Эвтектика – структура с равномерно распределенными компонентами. В доэвтектических сплавах наряду с эвтектикой имеются кристаллы свинца, в заэвтектических – наряду с эвтектикой кристаллы сурьмы.

Различие структур определяет различие свойств сплавов. Для определения состояния сплава при любой температуре и нахождения точек кристаллизации с помощью диаграммы нужно из точки концентрации данного сплава восстановить перпендикуляр до пересечения с линиями ликвидуса и солидуса. Точки пересечения перпендикуляра укажут начало и конец кристаллизации.

Практическое применение диаграммы свинец – сурьма находят, например, при выборе подшипникового сплава. Пользуясь этой диаграммой, установили, что наиболее пригодными для подшипниковых сплавов являются заэвтектические сплавы, состоящие из мягкой эвтектики и твердых вкраплений сурьмы. Мягкая основа несколько изнашивается, а твердые кристаллы сурьмы сохраняются, и поэтому в микроуглублениях мягкой основы хорошо удерживается смазка. Наиболее подходящими сплавами для подшипников из всех заэвтектическими оказались сплавы с содержанием 15- 20 % Sb, так как температу-

ры кристаллизации (плавления) этих сплавов (340-360 °С) соответствуют температурам, при которых происходит заливка подшипников.

Итак, по диаграмме состояния первого типа затвердевают те сплавы, компоненты которых в жидком состоянии неограниченно растворяются друг в друге, а в твердом состоянии образуют простую механическую смесь кристаллов обоих компонентов. По диаграмме состояния второго типа затвердевают сплавы, компоненты которых обладают неограниченной растворимостью как в жидком, так и в твердом состоянии.

Диаграмма 2-го рода соответствует сплавам, у которых компоненты и в жидком и в твердом состоянии образуют раствор. К ним относятся сплавы медь – никель, железо – никель и др. Диаграмма состояния медь – никель приведена на рис. 2.

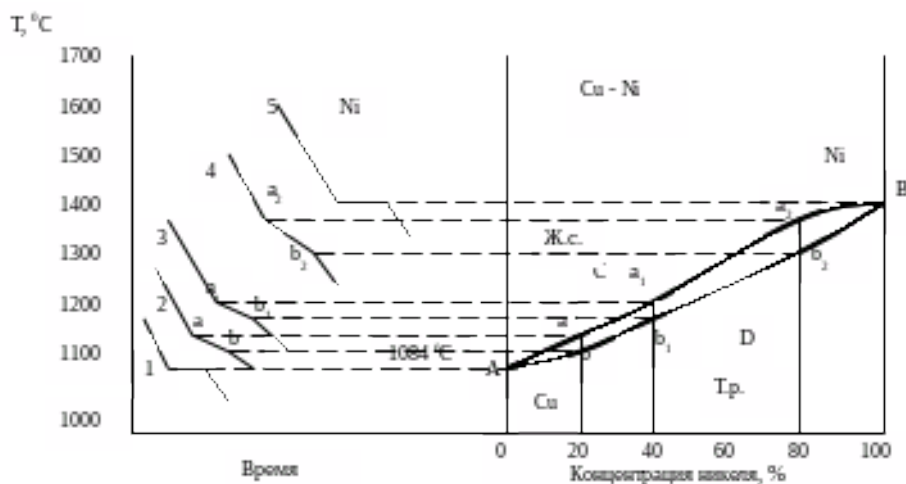


Рис. 2 – Диаграмма состояния сплавов медь – никель.

Кривая 1 относится к чистой меди, точка кристаллизации которой 1083 °С, а кривая 5 – к никелю, точка кристаллизации которого 1452 °С. Кривая 2 характеризует кристаллизацию 20 %-го сплава никеля (или 80 %-го сплава меди). Началу кристаллизации этого сплава соответствует точка а, когда кристаллизуется решетка меди, в которой имеется 20 % никеля. В точке б кристаллизация заканчивается.

Аналогично кристаллизуется 40 %-ный (кривая 3) и 80 %-ный (кривая 4) сплавы никеля, однако точки начала (а₁ и а₂) и конца (b₁ и b₂) кристаллизации у первого сплава ниже, чем у второго.

Перенеся все точки начала и конца кристаллизации меди и никеля и указанных выше сплавов на основную диаграмму (рис. 9 справа) и соединив эти точки, получим линии ликвидуса АаВ и линию солидуса AbВ. Выше линии АаВ сплавы меди с никелем находятся в жидком состоянии, а ниже линии AbВ – в твердом. В зоне между АаВ и AbВ имеются две фазы: жидкий сплав и кри-

сталлы твердого раствора никеля в меди. Диаграмма 2-го рода отличается от диаграммы 1-го рода тем, что здесь образуется одна кристаллическая решетка, а значит, нет и эвтектического сплава, как это наблюдается у сплавов, образующих механическую смесь. Подавляющее число металлов в жидком состоянии образует однородные жидкие растворы.

При переходе в твердое кристаллическое состояние во многих сплавах сохраняется однородность, следовательно, сохраняется взаимная растворимость. Такая однородная фаза называется твердым раствором.

Диаграмма состояния третьего типа рассматривает случай, когда два металла обладают полной взаимной растворимостью в жидком состоянии и ограниченной растворимостью в твердом состоянии; при этом растворимость в твердом состоянии уменьшается с понижением температуры (например, свинец - олово).

На рис. 3 приведена диаграмма состояния для этого случая в общем виде. Линии AC и CB соответствуют линии ликвидуса. По линии AC из жидкого сплава кристаллизуется твердый раствор компонента В в компоненте А (α), по линии CB – чистый компонент В.

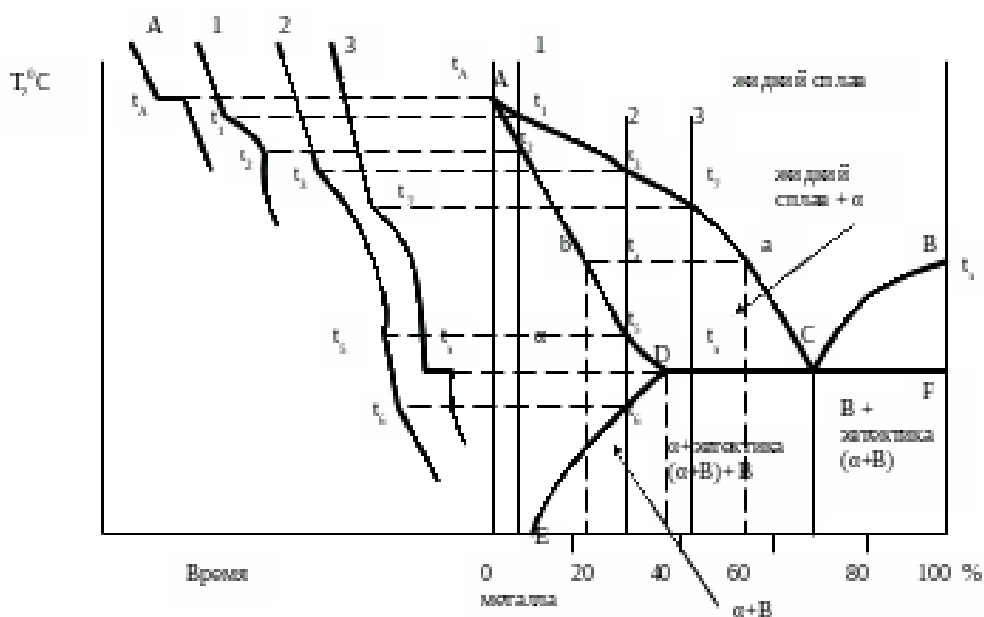


Рис. 3 – Диаграмма состояния для случая ограниченной растворимости

Линия ADCF отвечает линии солидуса. Точка D характеризует предельную растворимость В и А при эвтектической температуре t_3 , а точка E – предельную растворимость компонента В в компоненте А при нормальной комнатной температуре. Следовательно, линия DE показывает изменение растворимости В и А с понижением температуры; каждая точка линии DE указывает

на предел растворимости В и А (предел насыщения) при соответствующей температуре.

В точке С одновременно из жидкой фазы кристаллизуется твердый раствор В в А (α) предельной растворимости (точка D) и компонент В с образованием эвтектики, т.е. механической смеси обеих фаз.

Рассмотрим процесс кристаллизации сплавов 1, 2, 3. Кристаллизация сплава 1 начинается при температуре t_1 и заканчивается при температуре t_2 . После затвердевания сплав состоит только из твердого раствора α (В и А) и при дальнейшем понижении температуры никаких превращений не испытывает. Процесс кристаллизации сплава 2 начинается при температуре t_3 и заканчивается при температуре t_5 .

Состав жидкой фазы в процессе кристаллизации меняется по линии ликвидуса, а твердой фазы по линии солидуса. Так, например, при температуре t_4 состав жидкой части сплава определяется точкой а, а кристаллов твердого раствора точкой b. После окончания кристаллизации сплав 2 будет состоять только из твердого раствора α . После достижения температуры t_6 твердый раствор этого состава оказывается насыщенным, а при более низких температурах – пересыщенным, что влечет за собой его распад с выделением избыточного количества металла В. Следовательно, при температуре ниже t_6 сплав состоит из двух фаз: $\alpha + В$. Состав α –раствора с понижением температуры изменяется по точкам линии DE и при нормальной комнатной температуре сплав будет состоять из кристаллов твердого раствора α состава, отвечающего точке E, и кристаллов металла В.

Сплав 3 начинает затвердевать при достижении температуры t_7 и окончательно затвердевает при температуре t_9 .

В процессе кристаллизации состав жидкой части сплава непрерывно меняется по линии ликвидуса, стремясь к эвтектическому составу (точка С), а состав твердой фазы изменяется по линии солидуса в сторону предельной растворимости (точка D). Соотношение между жидкой и твердой фазой в процессе кристаллизации сплава определяется по правилу отрезков. По достижении температуры t_8 состав жидкой фазы достигает эвтектической концентрации С, и сплав окончательно затвердевает с одновременным выделением из жидкой фазы кристаллов твердого раствора α (концентрации точки D) и кристаллов компонента В, образующих эвтектику. Следовательно, после затвердевания сплав будет состоять из первичных предельно насыщенных (точка D) кристаллов твердого раствора α , выделившихся в интервале температур $t_7 - t_8$ и эвтектики ($\alpha_D + В$), образовавшейся при температуре t_9 .

Вследствие изменения растворимости В в А при дальнейшем понижении температуры твердый раствор α (как свободный, так и входящий в состав эв-

тектики) претерпевает распад с выделением избыточного металла В. После окончательного охлаждения состав α – фазы определится точкой Е.

Сплав, имеющий концентрацию, соответствующую точке С, после затвердевания будет состоять из одной эвтектики (α +В).

Кристаллизация заэвтектических сплавов будет протекать совершенно аналогично сплаву З, только вместо первичных кристаллов α будет выделяться кристаллы чистого компонента В.

Свойства сплавов, как это показал Н.С. Курнаков, изменяются в области однородных твердых растворов по кривой, а в области смеси фаз - по прямой; крайние точки на прямой соответствуют свойствам предельно насыщенных твердых растворов. Как показал академик А.А. Бочвар, чем больше интервал температур, в котором происходит процесс кристаллизации, тем меньше жидкотекучесть сплава, т.е. тем хуже сплав заполняет форму, тем большее развитие получает рассеянная по всему мелкая пористость и тем выше склонность сплава к образованию горячих трещин. Наилучшими литейными свойствами обладают сплавы, затвердевающие в небольшом интервале температур, в частности эвтектический состав. Сплавы, имеющие структуру однородного твердого раствора, обладают высокой пластичностью и легко деформируются как в холодном, так и в горячем состоянии. Пластическая деформация сплавов, имеющих двухфазное строение, связана со значительно большими трудностями. Особенно снижается пластичность при появлении в структуре эвтектики.

Поэтому в сплавах, предназначенных для обработки давлением, максимум растворимости при эвтектической температуре является верхним пределом содержания компонентов. Наоборот, для обеспечения высоких литейных свойств концентрация компонентов в литейных сплавах обычно превышает максимальную растворимость в твердом состоянии при эвтектической температуре. Сплавы, обладающие ограниченной растворимостью в твердом состоянии, могут быть упрочнены путем термической обработки.

По диаграмме состояния четвертого типа (рис. 4) затвердевают сплавы, компоненты которых в жидком состоянии неограниченно растворяются друг в друге, а при затвердевании образуют химическое соединение.

Химическое соединение представляет собой фазы постоянного состава, обычно имеющие свою особую кристаллическую решетку, отличную от решеток образующих его компонентов. Поэтому свойства химического соединения самостоятельны и не зависят от свойств компонентов.

На базе химических соединений могут образовываться твердые растворы. При образовании твердого раствора кристаллическая решетка химического соединения сохраняется, а избыточное количество атомов, например компонента В, замещает в решетке часть атомов компонента А.

Нормальные валентные соединения типа Mg_2Si , Mg_2Sn (станнум), Mg_2Pb в металлических сплавах образуются редко. В большинстве случаев образующиеся в металлических системах химические соединения не подчиняются нормальным правилам валентности.

В металлических системах большое значение имеют электронные соединения.

Соединения этого типа имеют совершенно определенное отношение числа валентных электронов к числу атомов, входящих в соединение. Так, существует ряд соединений, у которых это отношение равно 3:2, у других 21:13, у третьих 7:4. Каждому из этих соотношений соответствует и определенный тип кристаллической решетки. Все соединения, имеющие отношение числа валентных электронов к числу атомов, равное 3:2, имеют кристаллическую решетку центрированного куба. К этому типу относятся такие соединения, как $CuZn$ (цинкумат), Cu_3Al , Cu_5Sn и другие, известные под названием β -фаз.

Соединениям Cu_5Zn_8 , Cu_9Al_4 и другим, имеющим отношение 21:13, свойственна сложная кубическая решетка; эти соединения носят название γ -фазы.

Наконец, таким соединениям, как $CuZn_3$, Cu_3Sn , Cu_3Si и другим, имеющим отношение 7:4, свойственна гексагональная решетка. Эти соединения носят название ϵ -фазы. Большая группа металлов (Fe , Cr , Mo , W , Ti и др.) образуют с углеродом, азотом, водородом, и бором, имеющими малый атомный радиус, химические соединения, которые носят название фазы внедрения. Эта группа соединений образуется при условии, если отношение атомного радиуса металлоида к атомному радиусу металла меньше или равно 0,59. В этом случае образуется соединение, имеющее формулу M_4X (Mn_4N , Fe_4N и т.д.), M_2X (W_2N , Fe_2N), MX (TiN , TiC , WC , VC) или (ZrH_2).

Металлические атомы в фазах внедрения образуют одну из наиболее простых кристаллических решеток (кубическую, гексагональную), в которую внедряются атомы металлоидов, занимая в ней свободные поры.

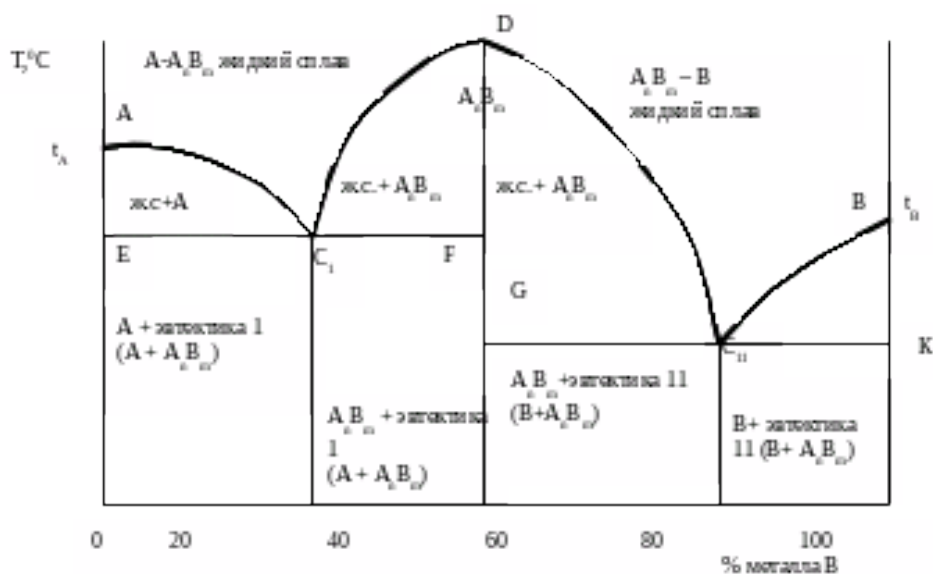


Рис. 4- Диаграмма состояния для случая образования в системе устойчивого химического соединения

Диаграмма состояния для случая, когда два компонента обладают полной взаимной растворимостью в жидком состоянии, не растворимы в твердом состоянии и образуют устойчивое химическое соединение, представлена на рис. 4.

Процесс кристаллизации сплавов $A-A_nB_m$ начинается при температурах, отвечающих линии AC_1D ; при этом по линии AC_1 кристаллизуется металл A , а по линии C_1D – химическое соединение A_nB_m . Окончание процесса кристаллизации соответствует эвтектической температуре (линия EC_1F).

Кристаллизация сплавов $A_nB_m - B$ начинается при температурах, соответствующих линии $DC_{11}B$; при этом по линии DC_{11} кристаллизуется соединение A_nB_m , а по линии $C_{11}B$ – чистый металл B . Конец кристаллизации соответствует эвтектической линии $GC_{11}K$. Как видно из рис. 11, в данной системе образуются две эвтектики; одна C_1 , состоящая из смеси кристаллов A и соединения A_nB_m , и другая C_{11} , состоящая из смеси соединения A_nB_m и кристаллов B .

В первой системе $A - A_nB_m$ доэвтектические сплавы состоят из первичных кристаллов компонента A и эвтектики C_1 , а заэвтектические сплавы – из кристаллов соединения A_nB_m и эвтектики C_1 . Во второй системе $A_nB_m - B$ доэвтектические сплавы содержат, кроме эвтектики C_{11} , первичные кристаллы соединения A_nB_m и заэвтектические сплавы – кристаллы чистого металла B .

Однако следует иметь в виду, что в подавляющем большинстве случаев чистые компоненты и химическое соединение образуют области твердых растворов в ограниченных пределах. В этом случае диаграмму следует рассматри-

вать как сложную, состоящую из двух диаграмм эвтектического типа с ограниченной растворимостью в твердом состоянии.

Правило отрезков

В любой точке диаграммы, когда в сплаве одновременно существуют две фазы, можно определить концентрацию обеих фаз и их количество. Для этого служит так называемое правило отрезков или правило рычага.

В точке *a*, показывающей состояние сплава *K* при температуре t_1 (рис. 1), сплав состоит из кристаллов сурьмы и жидкости. Выше точки *l* сплав находится в однофазном состоянии, и концентрация компонентов в этой фазе (т.е. в жидкости) определяется проекцией точки *a*. При охлаждении из сплава выделяются кристаллы сурьмы, и состав жидкости изменяется в сторону увеличения в ней свинца. При температуре t_1 концентрация сурьмы в жидкости определяется проекцией точки *b*; это максимальное количество сурьмы, которое может содержать жидкость при t_1 .

По достижении эвтектической температуры жидкость принимает эвтектическую концентрацию. Следовательно, при охлаждении сплава *K* концентрация жидкости меняется по кривой *1c*. Выделяющиеся кристаллы свинца имеют постоянный состав - это чистый свинец, концентрация которого лежит на вертикальной оси *BN*.

Первое положение правила отрезков формулируется следующим образом: чтобы определить концентрацию компонентов в фазах, через данную точку, характеризующую состояние сплава, проводят горизонтальную линию до пересечений с линиями, ограничивающими данную область: проекции точек пересечения на ось концентраций показывают составы фаз.

Второе положение правила отрезков формулируется так; для того чтобы определить количественное соотношение фаз, через заданную точку проводят горизонтальную линию. Отрезки этой линии между заданной точкой и точками, определяющими составы фаз, обратно пропорционально количествам этих фаз.

В качестве примера определим концентрацию (состав) фаз и количественное соотношение фаз для сплава с содержанием 60 % *Sb* и 40 % *Pb* при 350 °С.

В соответствии с первым положением правила отрезков, концентрация твердой фазы определится проекцией точки *a* на ось абсцисс, т.е. она равна 100 % *Sb*, состав жидкой фазы определится проекцией точки *b* на ось абсцисс, что соответствует 30 % *Sb*.

В соответствии со вторым положением правила отрезков весовое количество фаз сплава при температуре 350 °С определится отрезками: wa - вес кристаллов Sb , ac - вес жидкой фазы, vc - вес всего сплава.

Спроектировав концентрационные отрезки на ось абсцисс, получим: $wa = 60 - 30 = 30\%$; $ac = 100 - 60 = 40\%$; $vc = 100 - 30 = 70\%$.

Следовательно, весовое количество сурьмы Q_{Sb} и жидкости Q_l , определится соотношением отрезков:

$$Q_{Sb} \text{ на } Q_c \cdot wa$$

$$\frac{Q_{Sb}}{Q_c} = \frac{wa}{vc}, \text{ откуда } Q_{Sb} = \frac{wa}{vc} \cdot 100\%;$$

$$Q_c \text{ на } Q_l \cdot ac$$

$$Q_l \text{ на } Q_c \cdot ac$$

$$\frac{Q_l}{Q_c} = \frac{ac}{vc}; Q_l = \frac{ac}{vc} \cdot 100\%;$$

$$Q_c \text{ на } Q_c \cdot vc$$

$$Q_c - \text{ количество всего сплава.}$$

Вид диаграммы определяется характером взаимодействий, которые возникают между компонентами в жидком и твердом состояниях.

Наиболее типичные диаграммы состояния металлических систем приведены на рис. 5.

1. Диаграмма состояния для сплавов, образующих механические смеси из чистых компонентов (I типа, рис. 5,а).

Оба компонента в жидком состоянии неограниченно растворимы, а в твердом - нерастворимы и не образуют химических соединений,

Компоненты: А и В ($K = 2$). Фазы: жидкость L, кристаллы А и кристаллы В ($\Phi = 3$).

Линия A_1CB_1 является линией ликвидус, линия ДСЕ - линией солидус и линией эвтектического превращения. На линии ДСЕ из жидкости концентрации точки С одновременно выделяются кристаллы А состава точки Д и кристаллы В состава точки Е. т.е.

$$L_c = \text{кр.}A_d + \text{кр.}B_e$$

Эта механическая смесь называется эвтектикой.

Сплавы, лежащие левее точки C , называют доэвтектическими, а сплавы, лежащие правее точки C , - заэвтектическими.

Доэвтектические сплавы состоят из смеси кристаллов A и эвтектики (кр. $A + Э$), заэвтектические - из смеси кристаллов B и эвтектики (кр. $B + Э$).

2. Диаграмма состояния для сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии (II типа, рис.5,б).

Оба компонента неограниченно растворимы в жидком и твердом состоянии и не образуют химических соединений.

Компоненты: A, B ($K = 2$). Фазы: L , кристаллы α ($\Phi=2$),

линия AmB - линия ликвидус, линия AnB - линия солидус.

Если два компонента неограниченно растворяются в жидком и твердом состояниях, то возможно существование только двух фаз - жидкого раствора L и твердого α -раствора. Следовательно, трех фаз быть не может, кристаллизации при постоянной температуре не наблюдается и горизонтальной линии на диаграмме нет. Диаграмма состоит из трех областей: жидкость, жидкость - твердый раствор и твердый раствор.

При двух компонентах и двух фазах система моновариантна ($C=K-f + 1 = 2-2+1=1$), т.е. если изменяется температура, то изменяется и концентрация компонентов в фазах; каждой температуре соответствуют строго определенные составы Фаз.

Концентрация и количество фаз у сплава, лежащего между линиями ликвидус и солидус, определяется правилом отрезков.

Следует обратить внимание на то, что во всем интервале кристаллизации (между линиями ликвидус и солидус) из жидкого сплава выделяются кристаллы, более богатые тугоплавким компонентом.

3. Диаграмма состояния для сплавов с ограниченной растворимостью в твердом состоянии (III типа, рис. 5,в).

Оба компонента неограниченно растворимы в жидком состоянии, ограниченно - в твердом и не образуют химических соединений.

Компоненты A и B ($K = 2$), Фазы (L , кристаллы α , кристаллы β ($\Phi = 3$), кристаллы α - твердый раствор компонента B в компоненте A , кристаллы β - твердый раствор компонента A в компоненте B).

Линия A_1CB_1 - линия ликвидус.

Линия A_1ECFB_1 - линия солидус.

Линия ECF - линия эвтектического превращения:

$$L_c = \text{кр. } \alpha E + \text{кр. } \beta E$$

L эвтектика \perp

Линия ES - линия ограниченной растворимости в твердом состоянии компонента B в компоненте A .

Линия FM - линия ограниченной растворимости в твердом состоянии компонента A в компоненте B .

Структурные составляющие, образующиеся в процессе охлаждения сплавов данной системы, показаны на рис 5,в.

4. Диаграмма состояния для сплавов, образующих химическое соединение (IV типа, рис. 5,г).

Если компоненты A и B образуют химическое соединение A_nB_m , то, следовательно, на $n + m$ его атомов приходится n атомов A и m атомов B .

Компоненты A и B ($K = 2$). Фазы: кристаллы A , кристаллы A_nB_m и L или кристаллы A_nB_m кристаллы B и L .

Линия $A_1CДС'В_1$ - линия ликвидус

Линия $ДСЕД_1E_1$ - линия солидус

Линия $ДСЕ$ - линия эвтектического превращения:

$$L_c = \text{кр. } A_d + \text{кр. } A_nB_mE, (\Phi = 3)$$

L (эвтектика) \perp

Линия $Д_1С'E_1$ - линия эвтектического превращения:

$$L_{c'} = \text{кр. } A_nB_mD_1 + \text{кр. } B_{E1}, (\Phi = 3)$$

L (эвтектика) \perp

Диаграмму состояния, приведенную на рис. 2,г. следует рассматривать как сложную, состоящую из двух простых диаграмм:

1. Компонент A - химическое соединение A_nB_m .
2. Компонент B - химическое соединение A_nB_m .

Точка D' - сингулярная точка, где образуется химическое соединение A_nB_m .

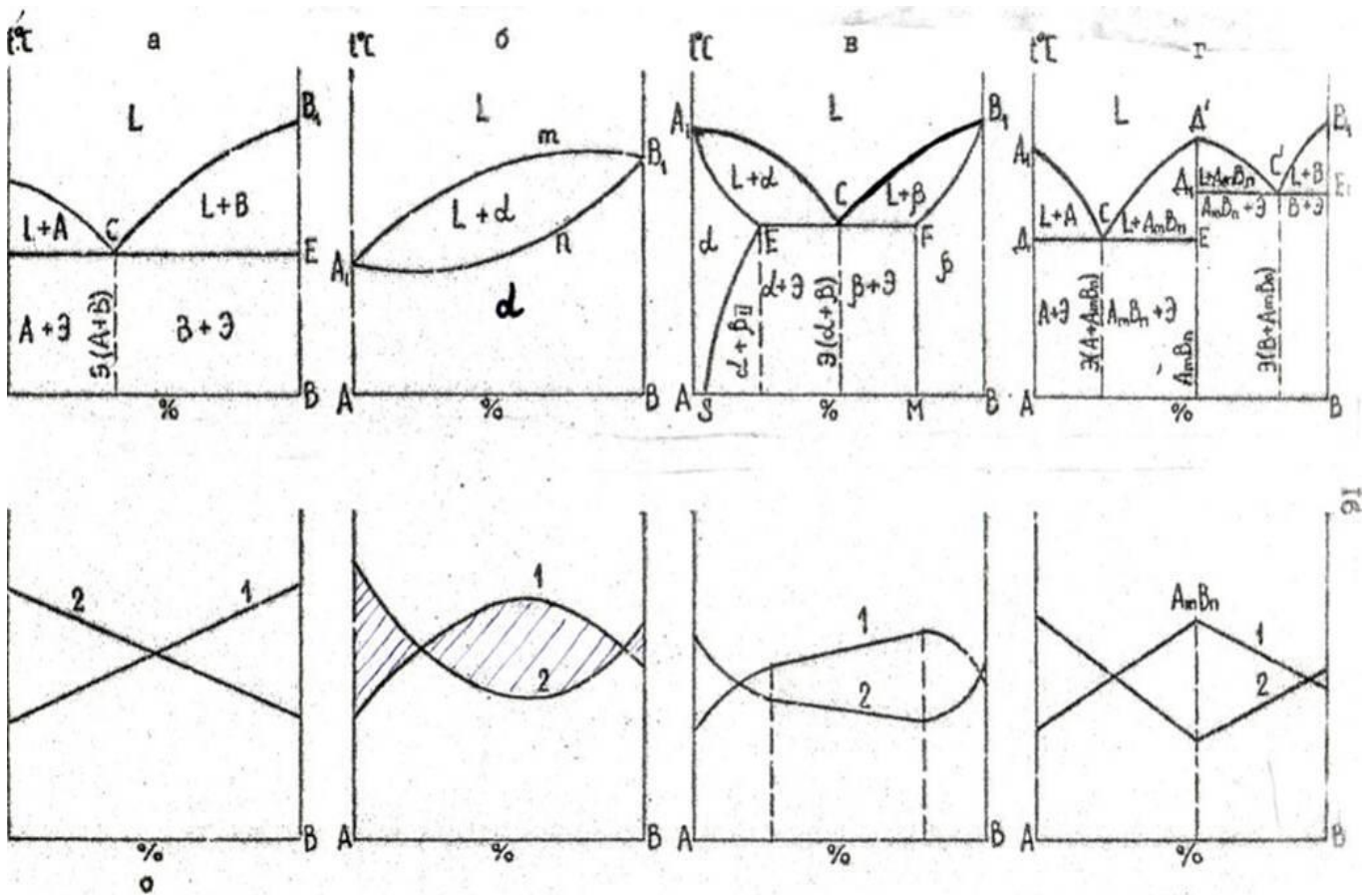


Рис. 2 Изменение свойств сплавов в зависимости от типа диаграммы состояния:
 а - первого типа; б - второго типа; в - третьего типа, г - четвертого типа

Связь между свойствами сплавов и типом диаграмм состояния

Химический состав и структура определяют свойства металлического сплава. Структура, в свою очередь, зависит от характера взаимодействия компонентов, входящих в состав сплава, что и отражают диаграммы состояния. Следовательно, между диаграммами состояния и полученными свойствами сплавов существует определенная зависимость. Эта зависимость впервые была изучена Н.С. Курнаковым, который представил ее в виде диаграммы состав - свойства. На рис. 5 приведены четыре основных типа диаграмм состояния и соответствующие им закономерности изменения свойств сплава с изменением концентрации. По ординате на нижних диаграммах откладывают показатели свойств или обратные им числовые величины. В данном случае рассмотрены твердости (кривая 1) и электропроводность (кривая 2). Крайний ординаты на диаграммах показывают свойства чистых компонентов.

Если компоненты сплава образуют механические смеси, то свойства сплавов сконцентрированной усадочной раковины.

Обработке давлением лучше поддаются однофазные сплавы - чистые металлы или однородные твердые растворы, обладающие меньшим сопротивлением пластическому деформированию.

Обрабатываемость режущим инструментом повышается с применением структурно-неоднородных сплавов. Наличие в сплаве твердых фаз способствует износу режущего инструмента. Это однофазные твердые растворы и химические соединения. Если в сплаве отсутствуют твердые фазы, то двухфазные сплавы легче обрабатываются резанием, чем однофазные, которые имеют более высокую коррозионную стойкость, чем двухфазные. Таким образом, характер образующихся фаз определяет свойства сплава и обуславливает вид диаграммы состояния.

Для усвоения материала необходимо:

1. Вычертить схемы четырех типов диаграмм состояния и построить графики изменения свойств сплавов в зависимости от их состава.
2. Охарактеризовать линии, точки и области диаграмм состояния указанных типов.
3. Для всех диаграмм состояния (по заданию преподавателя) построить кривую охлаждения сплава и определить при конкретной температуре концентрацию и количество фаз сплава, пользуясь правилом фаз и правилом отрезков.
4. Используя полученные данные описать изменение механических, физико-химических и технологических свойств сплавов в зависимости от изменения концентрации компонентов.

Вопросы для самопроверки:

1. Что понимают под системой?
2. Что называют компонентами?
3. Какая часть системы называется фазой?
4. Когда образуется механическая смесь?
5. Какие фазы называют твердыми растворами?
6. Чем отличаются твердые растворы внедрения от твердых растворов замещения?
7. Какие растворы называют неупорядоченными?
8. Назовите одно из условий неограниченной растворимости.
9. Какие твердые растворы называют упорядоченными?
10. Какую механическую смесь называют эвтектикой?
11. Что выражает закон Гиббса?
12. Что понимают под числом степеней свободы (вариантностью) системы?
13. Сформулируйте первую и вторую часть правила отрезков.
14. Какую температуру называют точкой Курнакова?

Практическая работа №1.

«Связь между свойствами сплава и типом диаграммы состояния»

1. Дать определение каждого типа диаграмм состояния.
2. Вычертить схемы четырех типов диаграмм состояния и построить графики изменения свойств сплавов в зависимости от их состава.

3. Охарактеризовать линии, точки и области диаграмм состояния указанных типов.
4. Для всех диаграмм состояния (по заданию) построить кривую охлаждения сплава и определить при конкретной температуре концентрацию и количество фаз сплава, пользуясь правилом фаз и правилом отрезков.
5. Используя полученные данные описать изменение механических, физико-химических и технологических свойств сплавов в зависимости от изменения концентрации компонентов.

Таблица заданий.

	Температура, °С/ Концентрация							
	I тип	Sn-Zn	II тип	Cu-Ni	III тип	Pb-Sn	IV тип	Mg-Ca
1	210	95-5	1490	95-5	190	95-5	635	95-5
2	220	90-10	1480	90-10	195	90-10	630	90-10
3	230	85-15	1470	85-15	200	85-15	625	85-15
4	240	80-20	1460	80-20	205	80-20	620	80-20
5	250	75-25	1450	75-25	210	75-25	615	75-25
6	260	70-30	1440	70-30	215	70-30	610	70-30
7	270	65-35	1430	65-35	220	65-35	605	65-35
8	280	60-40	1420	60-40	225	60-40	600	60-40
9	290	55-45	1410	55-45	230	55-45	595	55-45
10	300	50-50	1400	50-50	235	50-50	590	50-50
11	310	45-55	1300	45-55	240	45-55	585	45-55
12	320	40-60	1290	40-60	245	40-60	580	40-60
13	330	35-65	1280	35-65	250	35-65	575	35-65
14	340	30-70	1270	30-70	255	30-70	570	30-70
15	350	25-75	1260	25-75	260	25-75	560	25-75
16	360	20-80	1250	20-80	265	20-80	555	20-80
17	370	15-85	1240	15-85	270	15-85	550	15-85
18	380	10-90	1230	10-90	275	10-90	545	10-90
19	390	5-95	1220	5-95	280	5-95	530	5-95
20	400	5-95	1200	5-95	285	5-95	525	5-95

Литература

1. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие / Под ред. А. И. Батышева, А. А. Смолькина. - М. : ИНФРА-М, 2013. - 288 с. : ил. - (Высшее образование: Бакалавриат). - Рек.: НМО. - Биб-

лиогр.: с. 285. - ISBN 978-5-16-004821-5

2. Сильман, Г. И. Материаловедение : учебное пособие / Г. И. Сильман. - М. : Академия, 2008. - 336 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Доп. МОиН РФ. - Прил.: с. 322. - Библиогр.: с. 330. - ISBN 978-5-7695-4255-8
3. Научные основы материаловедения : учебник / под ред. Б. Н. Арзамасова. - М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. - 366 с. : ил. - ISBN 5-7038-1104-X
4. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. - М. : Высшая школа, 2004. - 519с. - Библиогр.: с. 511. - ISBN 5-06-004412-2

Интернет-ресурсы:

1. <http://window.edu.ru/> – Единое окно доступа к образовательным ресурсам.
2. www.biblioclub.ru – Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн».
3. www.e.lanbook.com – Электронно-библиотечная система «Лань»
4. catalog.ncstu.ru – Электронный каталог фолиант СКФУ
5. www.library.stavsu.ru – Электронная библиотека и электронный каталог научной библиотеки СКФУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ

по дисциплине «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

для студентов заочной формы обучения направления подготовки

18.03.01 Химическая технология

Составители

Е.Н. Павленко, к.т.н., доцент

Отв. редактор

Д.В. Казаков, к.т.н., доцент

Редактор Л.Д. Бородастова

Подписано в печать 10.04.2016 г.

Формат 60 × 84 1/16

Уч.-изд. л. 0,4 п.л. Усл. печ. л. 0,5 п.л.

Тираж 50 экз.

Северо-Кавказский федеральный университет

Невинномысский технологический институт (филиал)

357108, г. Невинномысск, ул. Гагарина, 1
