

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Солоненко Анна Александровна
Должность: Директор
Дата подписания: 31.05.2025 11:42:09
Уникальный идентификатор:
d9ba9a2cd160ab4e4271178b037f8b3050e31



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Астраханский государственный технический университет»
Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Астраханский государственный технический университет»
Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована
ООО «ДКС РУС» по международному стандарту ISO 9001:2015

Отделение среднего профессионального образования

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ДИСЦИПЛИНЫ «ОПЦ.04 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ» ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
СПЕЦИАЛЬНОСТИ 15.02.06 МОНТАЖ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И
РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНО-КОМПРЕССОРНЫХ И ТЕПЛОНАСОСНЫХ МАШИН
И УСТАНОВОК (ПО ОТРАСЛЯМ)

п. Рыбное, Дмитровский г.о., Московская обл. - 2025 г.

Методические указания дисциплины ОПЦ.04 «Материаловедение» разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.06 Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт холодильно-компрессорных и теплонасосных машин и установок (по отраслям)

Автор: В.Н. Тивелева - преподаватель первой квалификационной категории отделения СПО ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ».

© Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Лабораторная работа № 1 Методы измерения твердости

Цель работы: получить представление о твердости и методах ее измерения, научиться измерять твердость наиболее распространенными методами: Бринелля, Роквелла, Виккерса.

Задания

Ознакомиться с методами измерения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу, микротвердости.

Ознакомиться с устройством приборов и научиться измерять на них твердость.

Заполнить таблицу, построить график.

Выполнить контрольные задания.

Составить отчет.

Общие положения

Под твердостью понимают сопротивление материала внедрению в него более твердого тела, называемого индентором. Индентор - тело правильной геометрической формы (шар, конус, трех- и четырехгранная пирамиды) изготавливается из прочных материалов, закаленной стали, твердого сплава или алмаза. Различают статические, статико-динамические и динамические методы измерения твердости. В статических методах измерения твердости время взаимодействия индентора с измеряемой поверхностью составляет 30

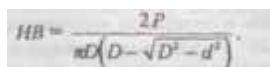
40 секунд, в динамических реализуется принцип мгновенного, обычно упругого взаимодействия индентора с измеряемой поверхностью. Статико-динамические методы занимают среднее положение между статическими и динамическими методами измерения твердости.

К статическим методам измерения твердости относят методы Бринелля, Роквелла. Виккерса и модификацию метода Виккерса - микротвердость.

Метод Бринелля: в испытуемый металл под определенной постоянной нагрузкой вдавливаются стальной закаленный шарик соответствующего диаметра. Шарик оставляет на испытуемой поверхности отпечаток - лунку, размер которой зависит от твердости материала. Отношение нагрузки P , кгс, к площади сферической поверхности отпечатка - лунки F , мм², называют числом твердости по Бринеллю и обозначают через HB , кгс/мм²:

$$HB = P / F.$$

Если поверхность отпечатка выразить через диаметр шарика D и диаметр отпечатка d , то число твердости по Бринеллю определяется по формуле, кгс/мм²:


$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Диаметр отпечатка d измеряют бинокулярной лупой, имеющей шкалу с делениями с точностью до сотых долей миллиметра.

По формуле рассчитывают числа твердости по Бринеллю в зависимости от диаметра отпечатка (таблица чисел твердости ГОСТ 9012- 59). Во избежание остаточной деформации стального шарика необходимо, чтобы твердость его была в 1,5 раза выше твердости испытуемых материалов, поэтому для испытания материалов с твердостью >450 кгс/мм по НВ применять метод Бринелля не рекомендуется. Высота образца для измерения твердости по Бринеллю должна быть в 10 раз больше высоты лунки. Область применения: определение твердости чугунов, пластичных сталей и цветных сплавов.

Метод Роквелла, HR, более универсален, так как позволяет испытывать металлы любой твердости, включая и твердые сплавы. Метод Роквелла применим для определения твердости сравнительно тонких образцов (толщиной 0,4 мм). За единицу твердости принимают осевое перемещение инденторана 0,002 мм. Числа твердости при испытании определяются непосредственно отсчетом по шкале индикатора. Их три: В, С, А. Шкала В (красная) - применяется для измерения твердости пластичных и отожженных материалов, шкала С - для измерения твердости закаленных сталей, шкала А - для измерения твердости наиболее твердых материалов - твердых сплавов. В соответствии с вышеизложенным применяют два индентора - стальной закаленный шарик диаметром 1,588 мм и алмазный или твердосплавный конус с углом при вершине 120° .

Для уменьшения разброса результатов измерения используют предварительное нагружение с $P = 10$ кгс и окончательное P_i определяемое шкалой (см. табл. 1.1).

Таблица 7.1

Наименование сплава	Шкала	P, кгс	P ₂ , кгс	Индентор	Обозн., чисел
Пластичный и отожжённые	В	10	90	Стальной шарик	HRB
Закаленные стали	С	10	140	Алмазный (твердосплавный) конус	HRC
Твердый сплав	А	10	50	Алмазный (твердосплавный) конус	HRA

Метод Виккерса применяют при определении твердости поверхностных слоев (цементируемых, азотированных) и образцов материалов различной твердости в тонких сечениях. При измерении твердости по Виккерсу, HV, в испытуемый материал вдавливаются четырехгранная алмазная пирамида с углом при вершине 136° . Твердость по Виккерсу определяет удельное давление, приходящееся на единицу поверхности отпечатка, кгс/мм²: p

$$HV = \frac{P}{F} .$$

Если выразить площадь поверхности отпечатка через его диагональ , то получим, кгс/мм²,

$$HV = \frac{2P \sin(\alpha / 2)}{d^2} = 1,8544 \frac{P}{d^2},$$

где P - нагрузка, кгс; α - угол при вершине индентора, равный 136°; d- среднее арифметическое длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

При определении твердости на приборе Виккерса измеряют длину диагоналей с помощью измерительного микроскопа и по таблице определяют число твердости в зависимости от выбранной испытательной нагрузки. Метод Виккерса в отличие от методов Бринелля и Роквелла обладает подобием, т.е. твердость, определенная для одного материала при различных нагрузках, одинакова.

Порядок выполнения работы

Измерить твердость на приборе Роквелла по шкале В образцов из различных марок углеродистых сталей и перевести ее в числа твердости по Бринеллю (используя таблицу) Результаты измерения занести в табл. 1.2. рассчитать σ_В углеродистых сталей по формуле σ_В = 0,36HV.

Таблица 1.2

Марка стали	Содержание углерода С, %	НКВ				НВ кгс/мм ²	σ _В кгс/мм ²
		I	II	III	Сре		
Армко-железо	0,03						
20	0,20						
30	0,30						
45	0,45						
60	0,60						

Построить график зависимости предела прочности от содержания углерода в сталях.

Измерить твердость углеродистых сталей по методу Бринелля и определить предел прочности сталей.

Содержание отчета

Название, цель работы, задание.

Таблица с экспериментальными данными измерения твердости по Роквеллу и переводу их в числа твердости по Бринеллю, результаты расчета предела прочности углеродистых сталей.

График зависимости предела прочности от содержания углерода в сталях.

Данные по твердости сталей, измеренных методом Бринелля.

Список используемой литературы.

Контрольные задания

Понятие о твердости, значение измерения твердости для приборо- и машиностроения.
Корреляция между твердостью и другими свойствами сплавов.

Статические, статико-динамические и динамические принципы измерения твердости.

Метод измерения твердости по Бринеллю, область применения.

Условия и организация измерений твердости по Бринеллю.

Метод измерения твердости по Роквеллу, область применения.

Метод измерения твердости по Виккерсу, область применения.

Метод измерения твердости у крупных изделий.

Метод измерения твердости шариков шарикоподшипников.

Принцип подобия при измерении твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу.

Соотношение значений твердости по различным шкалам для образцов с одинаковым модулем упругости.

Метод измерения микро твердости, условия и организация эксперимента.

Лабораторная работа № 2 Макроанализ и дефектоскопия металлов

Цель работы: ознакомиться с основными методами макроанализа и дефектоскопии металлов.

Задания

Используя учебники и пособия, изучить методы макроанализа (волокнистое строение металлов, наличие трещин, раковин, пористости, анализ изломов, анализ ликвации серы).

Изучить виды изломов и образцы для макроанализа

Выполнить анализ на макрошлифах ликвации серы по Бауману и макро анализ сварного соединения стальных изделий.

Ознакомиться с работой магнитного дефектоскопа, выявить дефекты стального калибра методом магнитной дефектоскопии. Получить представление о других методах дефектоскопии.

Выполнить контрольные задания.

Составить отчет.

Общие положения

Макроскопический анализ заключается в определении строения металла (макростроения) невооруженным глазом или через лупу при небольших увеличениях (до 30 раз).

Макроскопическому исследованию могут быть подвергнуты различного рода объекты. Основные из них: поверхность не разрушенного изделия, изломы, макрошлифы нетравленные или с выявленной специальными реактивами структурой.

Макроскопический анализ применяют для выявления вида излома (вязкий, хрупкий, смешанный, усталостный, нафталинистый и т.д.) нарушения сплошности металла (усадочная рыхлость, пористость, трещины, флокены, дефекты сварки и т.д.); дендритного строения литого металла; химической неоднородности литого металла (ликвацию) и присутствия в нем грубых включений: волокнистой структуры деформированного металла и т.п.

Для контроля стальных деталей с целью выявления дефектов без разрушения целостности изделия разработаны различные методы дефектоскопии: 1) для обнаружения поверхностных дефектов - магнитный, электромагнитный, капиллярный, люминесцентный; 2) для обнаружения внутренних дефектов - ультразвуковой, радиационный (гамма-дефектоскопия), рентгеновский методы, которые позволяют не только обнаружить наличие дефектов, но и установить их форму и размеры.

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе, т.е. дома или в библиотеке, При этом следует обратить внимание на связь между макроструктурой и свойствами металлов, на роль ликвации, а также характеристику изломов.

Второе задание выполняется в лаборатории под руководством преподавателя путем изучения коллекций макрошлифов и изломов. Необходимо научиться определять вид излома и связать его с причиной разрушения. При выполнении данного задания студенты пользуются альбомами и картотекой с описанием изломов.

Третье задание заключается в проведении анализа на макрошлифах ликвации серы по Бауману и макроанализа сварного соединения стальных изделий. Для этого студенты делятся на 2 группы, каждая из которых выполняет свою половину задания, после этого они меняются местами.

Для определения ликвации серы используют метод отпечатков (метод Баумана). Для этого на хорошо подготовленную поверхность накладывают фотографическую (бромосеребряную) бумагу, предварительно смоченную в течение 5-10 минут в 5%-ном растворе серной кислоты, и выдерживают 5-10 минут. На тех участках поверхности металла, на которых имеются скопления сернистых соединений (сульфидов), происходит реакция между ними и серной кислотой, оставшейся на фотобумаге: $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}$. Сероводород, образующийся непосредственно против очагов своего выделения, воздействует на кристаллики бромистого серебра фотоэмульсии, поэтому на этих участках происходит дальнейшая реакция: $2\text{AgBr} + \text{H}_2\text{S} = 2\text{HBr} + \text{Ag}_2\text{S}$. Сернистое серебро имеет темный цвет, поэтому образующиеся на фотобумаге темные участки указывают форму и характер распределения включений сульфидов в исследуемой стали (или чугуне). Снятую с макрошлифа фотобумагу промывают в воде, фиксируют 3 минуты в растворе гипосульфита, после чего снова

промывают и сушат.

Полученный отпечаток клеивается в отчет, где должны содержаться данные о протекающих реакциях и выводы по результатам анализа.

При выполнении макроанализа сварного соединения стальных изделий используют реактив для поверхностного травления (реактив Гейне). 10%-ный водный раствор двойной соли хлорной меди и аммония окрашивает в стали и железе места, богатые фосфором, углеродом и серой в темный цвет, при этом выявляется также и пористость. Образец исследуемого металла шлифованной поверхностью погружают в реактив на 1 минуту, затем осевшую на поверхность медь осторожно снимают ваткой, после чего образец просушивают фильтровальной бумагой. Дефектные участки растравливаются в большей степени. В отчете должны быть представлены эскизы исследуемых изделий и выводы по результатам анализа.

Четвертое задание выполняется в лаборатории с использованием имеющегося оборудования и альбомов. Преподаватель демонстрирует студентам принцип действия магнитного дефектоскопа. Сущность магнитного метода заключается в следующем. Деталь намагничивается в специальном приборе. При наличии дефекта возникающий при намагничивании магнитный поток рассеивается в месте расположения дефекта и выходит на поверхность. Затем намагниченную деталь покрывают магнитным порошком окиси железа (сухой метод) или поливают жидкостью (суспензией), состоящий из порошка окиси железа и керосина, или деталь погружают в суспензию (мокрый метод). Порошок окиси железа притягивается вышедшим на поверхность магнитным потоком, т.е. в тех местах, где имеется дефект: в результате ранее невидимый дефект становится хорошо заметным.

Содержание отчета

Название работы, цель и задание.

2. Отпечаток по ликвации серы по методу Баумана и выводы по анализу.

3. Эскиз поверхности сварных соединений после выполнения макроанализа и выводы по результатам данного анализа.

Список используемой литературы.

Контрольные задания

Цели и задачи макроанализа.

Виды макроскопических дефектов и их влияние на свойства металла.

Виды изломов и их особенности связь со свойствами металла.

Особенности усталостного излома.

Виды и происхождение раковин и пор.

Волокно в металле, его происхождение, влияние на свойства и методы выявления.

Ликвация и ее влияние на свойства сплава.
Методы выявления ликвации.
Методы выявления поверхностных дефектов.
Методы выявления внутренних дефектов.
Магнитная дефектоскопия.
Люминесцентная дефектоскопия.
Ультразвуковая дефектоскопия.
Рентгеновская дефектоскопия.
Гамма-дефектоскопия.

Лабораторная работа № 3 Микроструктурный анализ металлов и сплавов

Цель работы: ознакомиться с микроструктурным методом анализа металлов и сплавов и изучить взаимосвязь между структурой и механическими свойствами металлов и сплавов.

Задания

Используя литературу, ознакомиться с влиянием микроструктуры на механические свойства металлов и сплавов

Освоить методику приготовления микрошлифов.

Ознакомиться с устройством микроскопа МИМ-7, принципом его работы, зарисовать схему хода лучей.

Изучить под микроскопом и зарисовать поверхности образцов после различных обработок. Определить увеличение микроскопа.

5. Определить размер зерна на микрошлифах, используя балльную систему и непосредственно по цене делений окуляра (с охватом поперечника 10 зерен).

Выполнить контрольные задания.

Составить отчет.

Общие положения

Различают макроструктуру, микроструктуру и субмикроструктуру металлов и сплавов.

Макроструктура - это структура металлов и сплавов, видимая невооруженным глазом или при увеличении до 30 раз. Микроструктура - это структура металлов и сплавов, видимая при увеличении в 100 - 1500 раз. Субмикроструктура - это структура металлов и сплавов, видимая при увеличении в 10000 - 250000 раз. В первом случае фиксируют грубую, дендритную структуру, волокна, трещины, раковины, во втором наблюдают зеренную структуру металлов и сплавов, в третьем - тонкую структуру металлов и сплавов, дислокации.

Микроструктурный анализ заключается в исследовании структуры материалов с помощью микроскопа.

Задачи микроанализа

Оценка формы и размеров зерен металлов и сплавов.

2. Определение формы и размеров неметаллических включений.

Анализ изменения микроструктуры сплавов после термической, химико-термической обработки и обработки металлов давлением

Определение химического состава некоторых структурных составляющих по их окраске после применения избирательных травителей.

Методика приготовления микрошлифов (микрошлиф - обычно размерами 10x10x20 мм) включает три основных операции: шлифование, полирование, травление.

Шлифование проводят вручную или механическим способом на вращающемся шлифовальном круто, применяют шлифовальную бумагу следующих номеров: с 10-го до 65-го через десять номеров с убывающим размером зерна. После шлифования шлифовальной бумагой с большим

размером зерна на поверхности наблюдается сильная шероховатость.

При смене шлифовальной бумаги меняют направление шлифования на перпендикулярное, что уменьшает шероховатость поверхности шлифа. После шлифования на поверхности шлифа видны риски.

Полирование проводят суспензиями или пастами. Суспензия представляет собой взвесь твердых нерастворимых частиц в водном или масляном диспергаторе. Паста - это концентрированная суспензия. В качестве твердой фазы применяют порошки Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 с размером частиц 1-5 мкм. Полирование обычно проводят механическим способом: на вращающийся крут, покрытый фетром или сукном, наносят суспензию и полируют шлиф до "зеркального" блеска. На полированном микрошлифе наблюдают неметаллические включения, определяют их форму и размеры.

Травление осуществляется химическими травителями. При травлении между различными частями (фазами) микрошлифа возникает электрохимический потенциал и идет коррозия микрошлифа. Наиболее сильно растравливаются дефектные части микрошлифа: границы зерен, в меньшей степени само зерно. Наиболее растравленные части микрошлифа сильно рассеивают падающий свет и кажутся в микроскопе более темными, чем само зерно.

Зеренную структуру металлов и сплавов наблюдают в оптическом микро-скопе МИМ-7, МИМ-8 и др. Практически увеличение микроскопа определяется произведением увеличения окуляра на увеличение объектива. Разрешающая способность микроскопа зависит от длины волны видимого света и составляет 0,2 мкм при максимальном увеличении $\times 1500$. Форма и размер зерна оцениваются двумя методами: балльным методом и непосредственно по измерению обычно 10 поперечников зерен с предварительно определенной ценой деления ттткальт окуляра.

Методика определения размера зерна по балльной системе и с помощью окуляр- и объект-микрометра деления окуляр-объект-микрометра С для данного объектива по формуле,

$$C=A/(B*100),$$

где С - цена деления окуляр-микрометра для данного объектива;

А - количество делений шкалы объект-микрометра:

В - количество делений окуляр-микрометра.

Определить средний размер зерна в горизонтальном направлении, взяв 5-10 поперечников

$$l_{\text{ср}} = K \cdot C / M_{\text{ср}}$$

зерна, по формуле, мм :

где К - количество делений окуляр-микрометра, соответствующее 5 -

поперечникам зерна; С - цена делений окуляр-микрометра для данного объектива; Мгор - число зерен (10 - 15) , приходящихся на К делении окуляр-микрометра.

Определить средний размер зерна в вертикальном направлении, используя вышеприведенную методику, и рассчитать площадь зерна, приняв условно $l_{\text{ср}} = d$, по формуле :

$$d_{\text{ср}} = \frac{\pi l_{\text{ср}}^2}{4}$$

где d - средняя площадь зерна, мкм,

Порядок выполнения работы

Первое и второе задания студенты выполняют при подготовке к работе. Обратите внимание, что существенное влияние на свойства оказывают форма и размер неметаллических включений, неоднородность структуры.

Третье задание выполняется под руководством преподавателя всей группой.

Четвертое задание выполняется бригадами по 2 человека на металлографическом микроскопе МИМ-7. Каждая бригада получает комплект из 4 образцов сталей и чугунов:

- после шлифовки (сталь); 2 - после полировки (сталь); 3 - после полировки (чугун); 4 - после полировки и правления (сталь)

Установить шлиф па предметный столик микроскопа, рассмотреть и зарисовать наблюдаемую поверхность после различных видов обработки (в квадрате 40x40 мм), указать наличие и отсутствие неметаллических включений и характер их распределения.

Определить увеличение микроскопа, используя характеристики: фокусное расстояние, числовая апертура объектива и увеличение окуляра.

Содержание отчета

Название, цель работы, задание.

Микроструктуры шлифованного, полированного и травленых микрошлифов стали и чугуна с необходимыми объяснениями, увеличение микроскопа.

Оптическая схема микроскопа МИМ-7 со спецификацией основных элементов схемы.

Разрешающая способность микроскопа при длине волны видимого света, равной 6000 Å. Размер зерна стали и чугуна.

Список используемой литературы.

Контрольные задания

Область применения микроструктурного анализа

Методика приготовления шлифов.

Принципиальная оптическая схема микроскопа МИМ-7. Максимальное увеличение микроскопа. Разрешающая способность микроскопа.

Понятие о зеренной структуре металлов и сплавов. Что собой представляют границы зерен.

Балльный метод оценки размеров зерна в металлах и сплавах.

Оценка зерна в металлах и сплавах с помощью окуляра и объектив-микрометра.

Влияние размеров зерна на механические свойства металлов и сплавов.

Влияние зернистости на механические свойства металлов.

Влияние формы неметаллических включений и характера распределения на механические свойства.

Лабораторная работа № 4 Рентгеноструктурный анализ

Цель работы: изучить рентгеновский метод исследования структуры металлов и сплавов.

Задания

Используя учебники и пособия, изучить условия получения рентгеновских лучей и их свойства, ознакомиться с выводом уравнения Вульфа-Брегга, лежащего в основе изучаемого метода порошка (рентгеноструктурного анализа поликристаллических веществ методом Дебая-Шерера).

Ознакомиться с устройством рентгеновского аппарата камеры РКД и рентгеновской трубки.

3. Освоить методику установления вещества по межплоскостным расстояниям.

Рассчитать рентгеновскую плотность исследуемого вещества

Выполнить контрольные задания.

Составить отчет.

Общие положения

Рентгеновские лучи возникают при соударении быстролетающих электронов с атомами любого элемента и представляют собой электромагнитные волны в диапазоне между ультрафиолетовыми лучами и гамма-лучами. Рентгеновский спектр может быть сплошным (тормозным) либо линейчатым (характеристическим). Длина волны рентгеновского излучения по величине близка к межатомным расстояниям в кристаллической решетке вещества. Поэтому кристаллы являются для рентгеновских лучей естественными трехмерными дифракционными решетками.

Рентгеноструктурный анализ основан на отражении рентгеновских лучей от атомов кристаллической решетки и интерференции рентгеновских лучей, т.е. из их способности усиливать или ослаблять (гасить) друг друга.

Одним из распространенных методов рентгеноструктурного анализа

является метод порошка (метод Дебая-Шерера), который позволяет следить за деформированием металла и контролировать режим термообработки. По рентгенограмме (дебаграмме) можно судить о фазовом составе сплава, определить концентрации твердого раствора, изучать распределение внутренних напряжений.

В методе порошка в качестве объекта исследования берут поликристаллическое вещество (порошок), состоящее из частиц с линейными размерами не больше нескольких микрон, и используют характеристическое излучение.

Каждое вещество (фаза) обладает своей кристаллической решеткой. Семейства атомных плоскостей, образующих эту решетку, обладают характерным только для данной решетки набором значений межплоскостных расстояний d . Знание межплоскостных расстояний исследуемого металла позволяет установить, с каким веществом (фазой) мы имеем дело.

Пусть узкий пучок монохроматических рентгеновских лучей с известной длиной волны λ падает на совокупность большого числа кристаллов (кристаллическую решетку), которая может быть охарактеризована семейством параллельных плоскостей с определенными межплоскостными расстояниями. При взаимодействии рентгеновских лучей с кристаллическим веществом возникает дифракционная картина, максимумы

$$n\lambda = 2d\sin\theta,$$

удовлетворяют уравнению Вульфа-Брегга

где n - порядок дифракции (целое число 1, 2, 3 и т.д.); λ - длина волны рентгеновских лучей; d - межплоскостное расстояние; θ - угол скольжения лучей (угол рассеяния).

Из уравнения Вульфа-Брегга следует, что

$$\frac{d}{n} = \frac{\lambda}{2\sin\theta}$$

интенсивности которой

Так как длина волны характеристического излучения, в котором получена рентгенограмма, известна, то задача определения межплоскостных расстояний d_p сводится к нахождению углов θ для всех линий. Вместо d_p пишем для сокращения записи d_j .

Рентгеноструктурный анализ производят на рентгеновском аппарате УРС-60, где источником рентгеновских лучей является рентгеновская трубка БСВ-4. Рентгеновской камерой называется устройство, позволяющее регистрировать на рентгеновской пленке дифракционные рентгеновские максимумы, которые затем расшифровываются. В методе порошка используется рентгеновская камера РКД, в которой исследуемое вещество в виде порошка наклеивается на стеклянную нить. Результат взаимодействия рентгеновских лучей с исследуемым веществом в виде рентгенограммы (дебаграммы) подлежит расшифровке, что и является практической задачей данной работы.

Порядок выполнения работы

Первое задание выполняется при подготовке к лабораторной работе.

Для выполнения второго задания студенты в сопровождении преподавателя посещают лабораторию рентгеноструктурного анализа, где непосредственно знакомятся с рентгеновской аппаратурой.

Третье задание выполняется индивидуально. По рентгенограмме поликристаллического вещества, снятой в камере Дебая (РКД), определив углы и межплоскостные расстояния d , с помощью определителя межплоскостных расстояний установить, с какого вещества была снята рентгенограмма (произвести идентификацию вещества).

Четвертое задание, как и третье, выполняется индивидуально. Для исследуемого вещества определяется его рентгеновская плотность, которая совпадает с плотностью вещества для веществ с неискаженной структурой

Для облегчения расчетов рентгенограммы по определению межплоскостных расстояний рекомендуется заносить исходные данные, результаты замеров и расчеты в табл. 4.1 и заполнять ее последовательно по столбцам.

Расчет рентгенограммы для определения межплоскостных расстояний и идентификации веществ (к заданию 3).

Длина волны излучения $\lambda =$, Å

Диаметр камеры 57,3 мм.

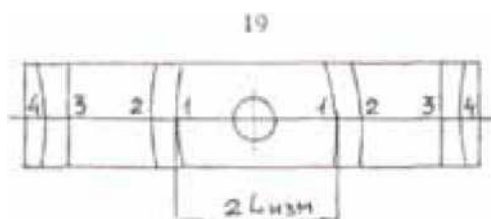
Радиус исследуемого образца $\rho =$

Таблица 4.1.

№ п/п	$2L_{изм}$, мм	$\theta_{приб}$, град.	Поправка на поглощени е $\Delta\rho$,мм	$2L_{исп}$, мм	$\theta_{точн}$, град.	$\theta_{точн}$, град. и мин.	$\sin\theta$	$d_{расч}$, А	Табл. знач. d_i А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Столбец I . Для расчета выбирают четыре линии, которые цифрами отмечены на рентгенограмме.

Столбец 2. С помощью линейки измеряют расстояние $2L$ между парой указанных линий, симметрично расположенных относительно входного отверстия (с точностью до 0,2 мм).



Столбец 3. Приближенные значения угла $\theta_{\text{прибл}}$ определяют по формуле, град. :

$$\theta_{\text{прибл}} = 2L_{\text{изм}} / 2.$$

Столбец 4. Более точное значение угла находят с учетом поправки на поглощение. Чтобы упростить расчеты, в специальной таблице для каждого значения θ дано значение $\Delta\rho$ в зависимости от известного радиуса ρ исследуемого образца.

Столбец 5. Величину $2L_{\text{испр}}$ получают из формулы

$$2L_{\text{испр}} = 2L_{\text{изм}} - \Delta\rho,$$

где $\Delta\rho$ - поправка на поглощение, выбранная из табл.4.1.

Столбец 6. Угол $\theta_{\text{точн}}$ в градусах рассчитывают по формуле, град.

$$\theta_{\text{точн}} = 2L_{\text{испр}} / 2 ,$$

(например, $\theta_{\text{точн}} = 42,6^\circ / 2 = 21,3^\circ$).

Столбец 7. Значения угла $\theta_{\text{точн}}$ записывают в градусах и минутах (например, $21,3^\circ = 21^\circ 18'$, т.к. $0,3 \times 60' = 18'$).

Столбец 8. Значения с точностью до четвертого знака после запятой выбирают из тригонометрических таблиц.

Столбец 9. Используя значение $\sin\theta$ и известную длину волны рентгеновского излучения, с помощью уравнения Вульфа-Брегга рассчитывают межплоскостные расстояния $d_{\text{расч}}$.

$$d_{\text{расч}} = \lambda_{\alpha} / 2\sin\theta.$$

Столбец 10. Табличные значения $d_{\text{табл}}$.

С помощью справочной табл. 4.2 следует определить вещество, для которого табличные значения $d_{\text{табл}}$ совпадают с расчетными значениями межплоскостных расстояний $d_{\text{расч}}$. Записать название вещества.

Определение рентгеновской плотности вещества (к заданию 4). После выполнения расчета рентгенограммы и идентификации исследуемого вещества необходимо, пользуясь справочной табл.4.2., найти тип кристаллической решетки вещества, координационное число и параметр решетки найденного вещества.

Рентгеновская плотность вещества ρ рассчитывается по формуле, г/см^3 ,

$$\rho = nA / a^3,$$

где ρ - плотность исследуемого вещества; n - число атомов в элементарной ячейке; A - вес одного атома в а.е.м. ($1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ г}$); a - параметр ячейки.

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Краткое содержание работы.
3. Расчет рентгенограммы, выполненный в виде табл. 4.1.
4. Расчет рентгеновской плотности исследуемого вещества.
5. Список используемой литературы.

Таблица 4.2

Хим. элемент	Межплоск. расстояние d, Å	Параметр ячейки a, Å	Атомный радиус r, Å	Координационное число	Температура плавления, °C	Плотность ρ , г/см^3	Атомный вес A, а.е.м.
Fe	2,01	2,86 3,65	1,26	K8 K12	1535	7,87	56
Ni	2,04	3,52	1,24	K12	1455	8,9	58,7
Cu	2,08	3,61	1,28	K12	1083	8,96	63,5
V	2,14	3,04	1,31	K8	1900	6,11	51
Mo	2,22	3,14	1,40	K8	2620	10,2	96
W	2,23	3,16	1,41	K8	3410	19,3	184
Pt	2,25	3,92	1,38	K12	1773	21,4	195
Al	2,33	4,05	1,43	K12	659	2,7	27
Au	2,35	4,08	1,44	K12	1163	19,3	197
Ag	2,36	4,08	1,44	K12	960	10,5	108
Zn	2,46	a= 2,66 a= 4,94	1,39	Г6	419	7,31	65,4
Ti	2,54	a=2,95	1,46	Г12	1668	4,51	47,9
Mg	2,77	c=4,68 a=3,21	1,6	Г12	651	1,78	24,3
Pb	2,85	c=5,21 4,95	1,75	K12	327	11,34	207
Sn	2,91	6,49	1,58		232	7,29	118,7

Контрольные задания и вопросы

На каком физическом явлении основан рентгеноструктурный анализ?

Свойства и возбуждение рентгеновских лучей (тормозное и характеристическое излучения).

Выводы и смысл уравнения Вульфа-Брегга.

4. Что такое межплоскостные расстояния?

Почему линии на дебаеграмме имеют форму дуг?

Почему приближенное значение угла рассеяния θ при расчете рентгенограммы, полученной в рентгеновской камере РКД, равно половине 2θ БИЗМ ?

Практическое применение метода порошка (метода Дебая-Шерера) при фазовом анализе металлических сплавов.

8. Определение числа атомов в элементарной ячейке для ОЦК и ГЦК решеток.

Получение рентгеновских лучей для структурного анализа.

Устройство рентгеновской камеры типа РКД.

Лабораторная работа №5 Процесс кристаллизации веществ

Цель работы: получить процесс затвердевания кристаллических веществ и установить взаимосвязь между структурой слитка и условиями процесса кристаллизации.

Задания

Используя учебники и пособия, познакомиться с основными параметрами процесса кристаллизации.

Построить кривые охлаждения цинка.

Проследить за процессом кристаллизации капли азотнокислого свинца $Pb(NO_3)_2$.

Изучить строение металлического слитка и установить взаимосвязь между структурой слитка и условиями кристаллизации.

Выполнить контрольные задания.

Составить отчет.

Общие положения

Переход металла из жидкого состояния в твердое называется кристаллизацией.

Она протекает вследствие перехода к термодинамически более устойчивому состоянию с меньшей энергией Гиббса G (свободной энергией).

При температуре t_0 значение G металла в жидком и твердом состояниях равны (рис.5.1). Температура t_0 соответствует равновесной температуре кристаллизации (или плавления) данного вещества, при которой обе фазы (жидкая и твердая) могут существовать одновременно. При температуре выше t_0 более устойчив жидкий металл, имеющий меньшее значение G , а ниже этой температуры устойчив твердый металл. Процесс кристаллизации развивается, если имеется разность ΔG (см. рис.5.1).

Согласно второму закону термодинамики ни один процесс не может самопроизвольно совершаться без уменьшения свободной энергии Гиббса.

Следовательно, процесс кристаллизации может протекать лишь при переохлаждении металла ниже t_0 . Разность Δt между температурой t_0 и температурой t , при которой протекает кристаллизация, называется степенью переохлаждения: $\Delta t = t_0 - t$. На рис.5.2 приведены кривые охлаждения, построенные методом термического анализа, которые

характеризуют процесс кристаллизации чистых металлов при охлаждении с разной скоростью. При медленном охлаждении степень переохлаждения невелика и кристаллизация протекает при температуре, близкой к равновесной (кривая V_1). На кривых охлаждения при температурах кристаллизации отмечаются горизонтальные площадки (остановка в падении температуры), образование которых объясняется выделением скрытой теплоты кристаллизации.

С увеличением скорости охлаждения степень переохлаждения возрастает (кривые V_2, V_3), и процесс кристаллизации протекает при температурах, лежащих значительно ниже t_0 . Степень переохлаждения (зависит от природы и чистоты металла; обычно она не превышает 10-30 °С. Чем чище жидкий металл, тем он более склонен к переохлаждению. При очень больших скоростях охлаждения можно получать "аморфный" металл.

23

Как впервые установил Д.К.Чернов, процесс кристаллизации начинается с образования кристаллических зародышей (центров кристаллизации) и продолжается при их росте.

Пока образовавшиеся кристаллы растут свободно, они могут иметь геометрически относительно правильную форму. При столкновении же растущих кристаллов их правильная форма нарушается. В результате растущие кристаллы, имеющие сначала геометрически правильную форму, после затвердевания получают неправильную внешнюю форму; их называют кристаллитами, или зёрнами.

Кристаллизация

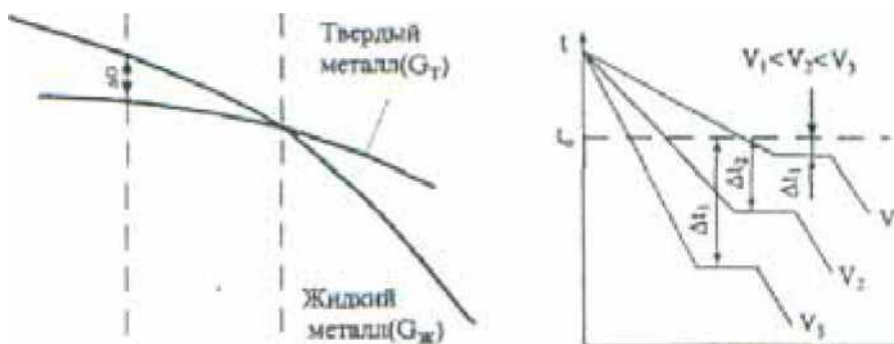


Рис.5.1 Изменение энергии Гиббса металла в жидком (G_ж) и твердом (G_т) состояниях в зависимости от температуры

Рис.5.2. Кривые охлаждения в случае кристаллизации при различных степенях переохлаждения

Число центров кристаллизации и скорость роста кристаллов. Скорость процесса кристаллизации и строение металла после затвердевания зависят от числа зародышей

(центров кристаллизации), возникающих в единицу времени в единице объема ($1/\text{мм} \cdot \text{с}$), от скорости роста зародышей, т.е. от скорости увеличения линейных размеров растущего кристалла в единицу времени ($\text{мм}/\text{с}$).

Величина зерна. Чем больше центров кристаллизации (зародышей) и меньше скорость их роста, тем мельче кристалл, выросший из одного зародыша (зерно металла).

Величина зерна может меняться в пределах от 0.4 до 0.001 мм.

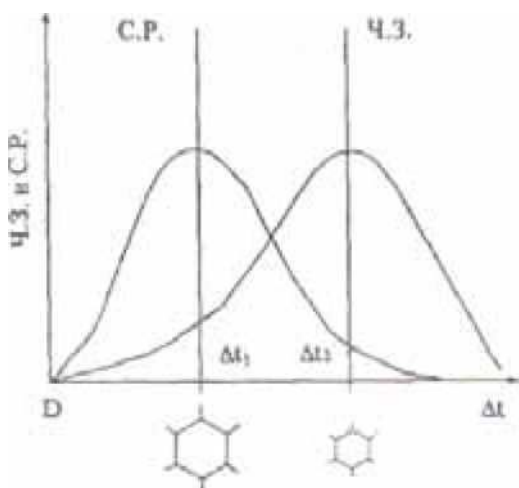


Рис.5.3 Схема зависимости числа зародышей (ч.з.) и скорости их роста (с.р.) от степени переохлаждения Δt

При небольшой степени переохлаждения (малой скорости охлаждения) число зародышей мало и скорость роста велика. В этих условиях будет получено крупное зерно. С увеличением степени переохлаждения число зародышей возрастает в большей мере, чем скорость их роста, и размер зерна в затвердевшем металле уменьшается (рис.5.3). Чем больше размер зерна, тем ниже пластичность и прочность металла.

Величина зерна зависит не только от степени переохлаждения. На размер зерна влияют температура нагрева и разливки жидкого металла, его химический состав и присутствие в нем посторонних примесей.

Строение металлического слитка. Кристаллы, образующиеся в процессе затвердевания металла, в зависимости от скорости охлаждения- характера и количества примесей могут иметь правильную форму.

Чаще в процессе кристаллизации образуются разветвленные, или древовидные, кристаллы, получившие название дендритов. Правильная форма дендритов искажается в результате столкновения и срастания частиц на поздних стадиях кристаллизации. Кристаллизация жидкого металла начинается у поверхности более холодной формы. Вследствие большой скорости охлаждения это приводит к образованию на поверхности слитка очень узкой зоны 1 сравнительно мелких равноосных кристаллов (рис.5.4).

За зоной 1 расположена зона 2 удлинённых дендритов. Рост этих кристаллов происходит в направлении отвода тепла, т.е. нормально к стенкам изложницы. В случае сильного перегрева металла, быстрого охлаждения его высокой температуры литья и спокойного заполнения формы зона удлинённых дендритов может полностью заполнить весь объём.

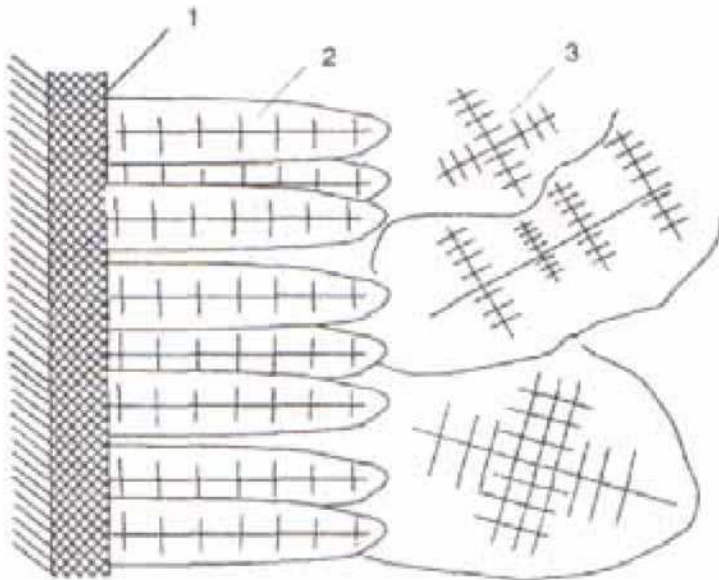


Рис.5.4. Схема строения литой стали: 1 - зона мелких различно ориентированных кристаллов; 2 - зона столбчатых кристаллов;

3 - зона крупных различно ориентированных кристаллов.

При низкой температуре литья и медленном охлаждении, например в срединных слоях крупных отливок, также создаются условия для возникновения зародышей кристаллов. Это приводит к образованию во внутренней части отливки структурной зоны 3, состоящей из равноосных различно ориентированных дендритов. Размеры этих кристаллов зависят от степени перегрева жидкого металла, скорости охлаждения, химического состава, наличия примесей и др.

Тугоплавкие частицы, находящиеся в жидком металле, способствуют развитию зоны мелких равноосных кристаллов.

Жидкий металл имеет больший удельный объем, чем твердый, поэтому в той части слитка, которая затвердевает в последнюю очередь, образуется полость - усадочная раковина. Усадочная раковина окружена наиболее загрязненной частью металла, в котором после затвердевания образуются микро- и макропоры и пузыри.

Порядок выполнения работы

Первое задание выполняется студентами в порядке подготовки к лабораторной работе.

Задания 2, 3 и 4 выполняются бригадами по 2 человека. Знания, приобретенные при выполнении 1-го пункта, используются для объяснения полученных результатов.

Второе задание бригада выполняет в следующем порядке:

-на установке поставлен тигель с готовым расплавом Zn. В расплав погружен горячий спай термопары, холодный подключен к потенциометру;

-снять показания потенциометра через 30 секунд в процессе охлаждения расплава Zn;

-по полученным данным построить кривые охлаждения в координатах (Мв-с). По данной кривой определить критические точки в градусах Цельсия, соответствующие перегибам или остановкам (Мв), пользуясь градуировочной шкалой.

Процесс кристаллизации капли азотнокислого свинца издают под микроскопом при увеличении не больше хЮО. Для этого на подогретое стекло наносят каплю почти насыщенного раствора соли РЬ(ЫЮз)2 и устанавливают на предметный столик микроскопа так, чтобы край капли был виден в окуляр.

Следует обратить внимание на то, что процесс кристаллизации начинается у краев капли с образованием мелких зерен. Вслед за мелкими зернами перпендикулярно им в сторону отвода тепла растут крупные столбчатые кристаллы. В центре капли растут беспорядочно ориентированные кристаллы, имеющие форму дендритов.

Для выполнения четвертого задания каждая бригада получает коллекцию изломов слитков, имеющих различное строение, которое определяется условиями охлаждения. Строение изломов зарисовать и описать предполагаемые условия кристаллизации. Следует обратить внимание на факторы, способствующие развитию той или иной зоны металлического слитка, а также на свойства этих зон.

Содержание отчета

Название, цель работы и задание.

Кривые охлаждения цинка с необходимыми объяснениями и выводами.

Схема строения закристаллизовавшейся капли азотнокислого свинца и необходимыми объяснениями и выводами.

27

Рисунки металлических слитков, закристаллизовавшихся при различных условиях, с необходимыми объяснениями и выводами.

Список используемой литературы.

Контрольные задания

1.Что такое фазовое превращение? Приведите примеры.

2.Объясните, почему фазовое превращение кристаллических тел сопровождается тепловым эффектом? Приведите примеры.

Нарисуйте кривую охлаждения и нагрева для кристаллического и аморфного вещества.

Нарисуйте и объясните схему изменения свободной энергии чистого металла в твердом и жидком состояниях и зависимости от температуры.

5.Чем объясняется различие между температурой плавления и температурой кристаллизации?

Назовите основные параметры процесса кристаллизации.

Объясните связь между числом центров кристаллизации, линейной скоростью их роста и величиной зерна.

Нарисуйте и объясните схему влияния переохлаждения на число центров кристаллизации и скорость роста кристаллов.

Перечислите факторы, способствующие переохлаждению металлов.

Дайте понятие о критическом радиусе зародыша твердой фазы.

.Дайте понятие о гомогенном механизме зарождения твердой фазы.

Дайте понятие о гетерогенном механизме зарождения твердой фазы.

Нарисуйте и объясните зональное строение металлического слитка.

Перечислите достоинства и недостатки слитка с развитой зоной столбчатых кристаллов. Назовите факторы, способствующие развитию зоны столбчатых кристаллов.

Перечислите достоинства и недостатки слитка с развитой зоной равноосных кристаллов. Назовите факторы, способствующие развитию зоны равноосных кристаллов.

Лабораторная работа № 6 Пластическая деформация и рекристаллизация металлов и сплавов

Цель работы: определить влияние холодной пластической деформации и последующей термообработки на структуру и механические свойства металлов и сплавов.

Задания

Используя литературные источники, изучить влияние упругой и пластической деформации на изменение структуры металлов и сплавов на микро- и субмикроуровнях, а также наклепа на изменение физических, химических и механических свойств.

Определить влияние степени холодной пластической деформации, X%, на твердость α-латуни и построить график зависимости

$$HV = f(\lambda)$$

Рассчитать температуру начала рекристаллизации для α-латуни, используя формулу А.А.Бочвара.

Изучить влияние отжига на прочность α-латуни.

5. Определить температуру рекристаллизационного отжига и области холодной и горячей обработки α-латуни .

Выполнить контрольные задания.

Составить отчет.

Общие положения

Пластическая деформация - это деформация, которая сохраняется после прекращения действий внешних сил.

Процесс пластической деформации происходит путем скольжения гонких слоев кристалла по определенным кристаллографическим плоскостям. Скольжение осуществляется в результате перемещения в кристалле дислокации. С увеличением степени деформации количество дислокаций увеличивается, движение их затрудняется в результате взаимодействия друг с другом. Происходит упрочнение металла, обусловленное изменением дислокационной структуры. В результате этих процессов изменяется форма кристаллов. До деформации зерно имело округлую форму, после деформации оно вытягивается в направлении действующих сил, образуя волокнистую структуру. С увеличением степени деформации растут твердость, предел прочности, уменьшаются показатели пластичности.

Явление упрочнения металла при холодной пластической деформации называется наклепом, изменяются не только механические, но и физические, и химические свойства: увеличивается электросопротивление, снижается магнитная проницаемость, понижается коррозионная стойкость.

При нагреве деформированного металла происходят явления возврата и рекристаллизации, возвращающие металл в равновесное состояние.

Возврат происходит после нагрева наклепанного металла до температур ниже $0,3 T_{ш}$. В результате такого нагрева снимаются микронапряжения, происходит процесс перераспределения дислокаций, который называется полигонизацией. Это приводит к изменению тонкой структуры (субструктуры), т.е. внутреннего строения деформированных зерен без изменения их формы и размеров. Микроструктура остается без изменения, незначительно снижается прочность, несколько повышается пластичность, восстанавливаются физические свойства.

При дальнейшем повышении температуры до некоторой величины происходит образование новых равноосных зерен вместо старых деформированных. Этот процесс называется первичной рекристаллизацией. После рекристаллизации металл состоит из новых равноосных зерен. Полностью снимается наклеп и восстанавливаются все свойства. В процессе последующего нагрева происходит рост рекристаллизованных зерен за счет других. Этот процесс носит название собирательной рекристаллизации, он обусловлен стремлением системы к уменьшению свободной энергии.

Механические свойства меняются незначительно. Если какие-то зерна имеют предпочтительные условия для роста, то эта стадия рекристаллизации называется вторичной. Образующаяся разнотернистость (много мелких и небольшое количество крупных зерен) отрицательно сказывается на механических свойствах, сильно понижается ударная вязкость. Этот процесс реализуется не во всех металлах.

Температура начала рекристаллизации или температурный порог рекристаллизации может быть определен по формуле А.А.Бочвара:

$$T_{рек} = \alpha T_{пл}$$

4	Л80	0						
4	(а-	200						
4	Латунь)	400						
4		600						

Содержание отчета

Название, задание и цель работы.

Табл. 6.1 с экспериментальными данными твердости деформируемой а-латуни. График зависимости твердости а-латуни (НВ) от степени деформации, %.

Расчет температуры начала рекристаллизации а-латуни (Л 80).

Табл. 6.2 с экспериментальными данными по твердости отожженной а-латуни при $t = 200, 400, 600$ °С. График зависимости твердости а -латуни (НВ) от температуры отжига.

Температура рекристаллизационного отжига α -латуни, область холодной и горячей обработки α -латуни.

Список используемой литературы

Контрольные задания и вопросы

1. Что такое упругая деформация металлов и сплавов? Физические методы определения упругой деформации. Структурно-чувствительные и нечувствительные характеристики упругой деформации.

2. Что такое пластическая деформация металлов и сплавов? Диаграмма напряжение - деформация для пластичных и хрупких металлов. Характеристики пластической деформации для пластичных и хрупких материалов.

Как происходит пластическая деформация в моно- и поликристаллах? Текстура деформированных материалов. Что такое дислокация и плотность дислокаций? Какова плотность дислокаций в отожженных и наклепанных образцах?

Физическая сущность наклепа. Как влияет наклеп на физические, химические и механические характеристики наклепанного материала?

32

5. Отдых и полигонизация. Изменение структуры, физических, химических и механических свойств металлов и сплавов.

Первичная рекристаллизация металлов и сплавов. Изменение физических, химических и механических свойств металлов и сплавов.

Вторичная рекристаллизация металлов и сплавов. Как влияет вторичная рекристаллизация на изменение механических свойств наклепанных материалов.

Критическая степень деформации. Ее влияние на структуру и свойства отожженных материалов.

Холодная и горячая обработка металлов и сплавов. Области применения.

Лабораторная работа № 7 Термический анализ

Цель работы: методом термического анализа построить диаграмму состояния Zn-Sn.

Задания

Используя учебники и пособия, изучить графические принципы построения диаграмм состояния. Ознакомиться с правилом фаз и правилом отрезков.

Построить кривые охлаждения для ряда сплавов системы Zn-Sn. Правильность построения кривых охлаждения проверить по правилу фаз. По кривым охлаждения определить критические точки.

По критическим точкам исследуемых сплавов построить диаграмму состояния Zn-Sn. Во всех областях диаграммы состояния обозначить образующиеся структуры. Проанализировать формирование структур в сплавах, указанных преподавателем.

Выполнить контрольные задания.

Составить отчет.

Общие положения

Термический анализ заключается в построении для заданного сплава кривой охлаждения в координатах температура - время. Для построения кривой охлаждения необходимо при плавном, медленном охлаждении расплава периодически, через равные промежутки времени, регистрировать температуру. На полученных кривых температура - время фазовые превращения проявляются в виде характерных изгибов или площадок (остановок), соответствующих критическим точкам.

Появление горизонтального участка указывает, что превращение протекает при постоянной температуре; перегибы кривой наблюдаются в том случае, если превращение происходит в интервале температур. Поэтому кривые охлаждения или нагрева характеризуют температуру или особенности превращения.

Процесс кристаллизации металлических сплавов и связанные с ним многие закономерности строения сплавов описывают с помощью диаграмм состояния или диаграмм фазового превращения. Эти диаграммы в удобной графической форме показывают фазовый состав и структуру сплава в зависимости от температуры и концентрации.

Состояние сплава зависит от внешних условий (температуры, давления) и характеризуется числом и концентрацией образовавшихся фаз.

Закономерность изменения числа фаз в гетерогенной системе определяется правилом фаз, устанавливающим зависимость между числом степеней свободы, числом компонентов и фаз. Оно выражается уравнением

$$C = K + 2 - \Phi,$$

где C - число степеней свободы системы (или вариантность); K - число компонентов, образующих систему; 2 - число внешних факторов; Φ - число фаз, находящихся в равновесии.

Под числом степеней свободы (вариантностью системы) понимают число независимых переменных - температуры, давления и концентрации, при изменении которых не изменяется число фаз, находящихся в равновесии.

При изучении физико-химических равновесий за внешние факторы, влияющие на состояние сплава, принимают температуру и давление. Применяя правило фаз к металлам и сплавам, можно во многих случаях принять изменяющимся только один внешний

фактор - температуру, так как давление, за исключением очень высокого, мало влияет на фазовое равновесие сплавов в твердом и жидком состояниях.

Тогда уравнение примет вид

$$C = K + 1 - \Phi.$$

Обычно диаграммы состояния получают экспериментально, а правило фаз используют для анализа опытных данных. Диаграммы состояния строят в координатах температура - концентрация в процентах по массе или реже в атомных процентах.

Для построения диаграммы состояния, особенно для определения температур затвердения, используют термический анализ. Пример построения диаграммы состояния с помощью кривых охлаждения для случая полной взаимной растворимости компонента А и В в жидком и твердом состояниях приведен на рисунке.

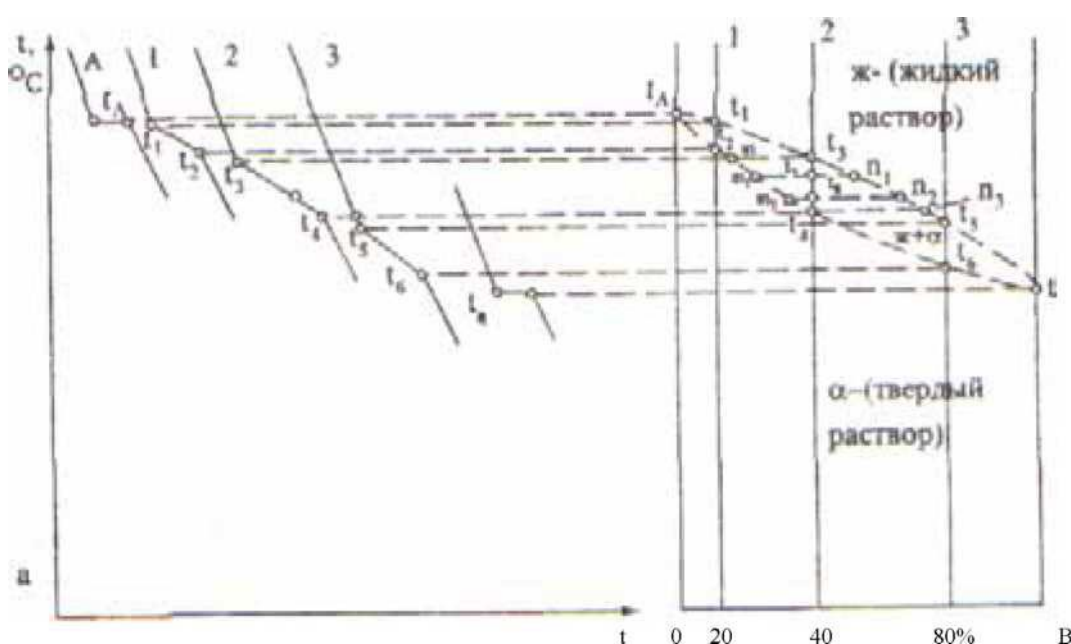


Диаграмма состояния для случая неограниченной растворимости компонентов А и В в жидком и твердом состояниях: а - кривые охлаждения; б - диаграмма состояния

Рассмотрим построение диаграммы состояния при помощи наиболее часто применяющегося для этой цели метода термического анализа. Температура охлаждаемого чистого компонента А равномерно понижается до (рисунок, а), при этой температуре компонент А затвердевает. На кривой отмечается остановка (горизонтальная линия), так как согласно правилу фаз только в этом случае при постоянной температуре могут существовать две фазы - твердая и жидкая ($C = 1 + 1 - 2 = 0$). После затвердевания компонента А, когда $C = 1$, температура снова равномерно понижается. Аналогично протекает кристаллизация компонента В (см. рисунок а, кривая В).

При охлаждении сплава 1 температура равномерно понижается до t\ (см. рисунок а). При температуре t₁ начинается процесс кристаллизации, и на кривой охлаждения отмечается

перегиб (критическая точка), связанный с уменьшением скорости охлаждения вследствие выделения скрытой теплоты кристаллизации.

Начиная от температуры e_1 , из жидкого сплава кристаллизуется твердый раствор.

Процесс кристаллизации протекает при понижающейся температуре, так как согласно правилу фаз в двухкомпонентной системе при наличии двух фаз (жидкой и кристаллов твердого раствора a) число степеней свободы будет равно единице ($C = 2 + 1 - 2 = 1$).

При достижении температуры t_2 (см. рисунок а) сплав затвердевает, и при более низких температурах существует только a - твердый раствор. Аналогично затвердевают и другие сплавы этой системы.

Если найденные критические точки от t_1 до t_6 перенести на диаграмму, где по оси абсцисс нанесены составы сплавов, а по оси ординат температура, и одновременные критические точки (т.е. отражающие одинаковый физический процесс) соединить плавными кривыми, то получится диаграмма состояния системы сплавов компонентов А и В, образующих непрерывный ряд твердых растворов (рисунок б).

Для определения состава фаз, находящихся в равновесии при любой температуре, лежащей между линиями ликвидус (начала затвердевания) и солидус (окончание затвердевания), например t_7 или t_8 (см. рисунок б), нужно через данный температурный уровень t_7 или t_8 провести линию, параллельную оси концентраций до пересечения с линиями ликвидус и солидус. Тогда проекция точки пересечения этой линии с линией ликвидус (n_1 и n_2) на ось концентраций укажет состав жидкой фазы, а точки пересечения с линией солидус (m_1 и m_2) - состав твердой фазы (α -раствора).

В процессе кристаллизации меняется не только состав фаз, но и количественное соотношение между ними. Для определения количественного соотношения фаз, находящихся в равновесии при данной температуре, пользуются правилом отрезков (рычага). Согласно этому правилу, например, для определения объемного количества твердой фазы необходимо вычислить отношение длины отрезка, примыкающего к составу жидкой фазы, к длине всей коноды; для определения количества жидкой фазы - отношение длины отрезка, примыкающего к составу твердой фазы, к длине коноды. Следовательно, количество твердой фазы (в процентах) при температуре t_7 , определится отношением отрезка t_7n_1 к длине коноды m_1n_1

$$\alpha = (t_7 n_1 / m_1 n_1) 100\%.$$

Массу или объем жидкой фазы при температуре t_7 определим из соотношения

$$Ж = (t_7 m_1 / m_1 n_1) 100\%.$$

Порядок выполнения работы

Первое задание выполняется студентами при подготовке к лабораторной работе.

Второе задание выполняется в лаборатории бригадами по 2-3 человека. Каждая бригада получает расплав одного из сплавов, указанного преподавателем. Работа проводится в следующей последовательности:

-тигель с расплавом поставить, пользуясь специальными клещами, на установку для термического анализа. Установка состоит из штатива и

термопары, соединенной с электронным потенциометром;

-в расплав погрузить горячий спай термопары с защитным колпачком (термопара должна упираться в дно колпачка);

-при охлаждении через каждые 30 секунд регистрировать показания потенциометра;

-по полученным данным построить кривую охлаждения в координатах температура - время, мин;

-по кривым охлаждения определить критические точки, соответствующие перегибам или остановкам, мВ. По градуировочным кривым по соответствующим значениям ТЭДС определить критические точки в градусах Цельсия;

-данные, полученные всеми бригадами, занести в таблицу;

каждому студенту построить схемы кривых охлаждения всех исследуемых сплавов;

по критическим точкам построить диаграмму состояния в координатах концентрация - температура. Указать значение линий диаграмм состояния. Описать фазовые превращения в указанном сплаве, анализируя изменения химического состава фаз и их весового

Исследуемый сплав	Начало кристаллизации		Конец кристаллизации	
	мВ	°С	мВ	°С
100% олова 75% олова+25% цинка 50% олова +50% цинка 25% олова+75% цинка 25% олова+75% цинка 100% цинка				

количества.

Содержание отчета

Название, цель работы и задание.

Схемы кривых охлаждения сплавов.

Таблица критических точек.

Диаграмма состояния.

5. Описание процесса кристаллизации, фазовых превращений и окончательной структуры одного из сплавов.

Список используемой литературы.

Контрольные задания и вопросы

Диаграмма состояния сплавов, кристаллизующихся с образованием механической смеси из чистых компонентов. Линии, точки, структуры в различных областях диаграммы.

Сущность и назначение термического анализа.

Правил о фаз.

Правило отрезков.

Как определить концентрацию и весовое количество фаз, находящихся в равновесии в двухфазном состоянии сплавов?

6. Что такое эвтектическое превращение?

7. Опишите кривую охлаждения и кристаллизацию сплавов с различным содержанием цинка.

8. Что такое критические точки и как их определить по кривой охлаждения?

9. Что такое эвтектика, условия ее образования и структура?

Ю. Указать сплав, обладающий наилучшими литейными свойствами в системе Zn-Sn.

Указать сплав, обладающий наилучшими механическими свойствами в системе Zn-Sn.

Указать наиболее легкоплавкий сплав системы Zn-Sn.

Опишите кривую охлаждения и кристаллизации сплава с 5%-ным содержанием цинка.

Опишите кривую охлаждения и кристаллизации сплава с 10%-ным содержанием цинка.

Опишите кривую охлаждения и кристаллизации сплава с 50%-ным содержанием цинка.

Лабораторная работа № 8 Определение сил, действующих при точении, и мощности

Цель работы: произвести расчет сил резания и мощности, затрачиваемой на резание, аналитическим способом.

Ознакомиться и приобрести навыки работы со справочной литературой.

Общие сведения

Для изучения действия силы сопротивления резанию принято ее раскладывать на три взаимно перпендикулярные составляющие силы, направленные по осям координат станка: P_x - осевая сила; P_y - радиальная сила; P_z - тангенциальная сила, которую обычно называют силой резания [1].

Осевая сила P_x действует вдоль заготовки, при продольном точении противодействует механизму подачи.

Радиальная сила P_y - отжимает резец, ее реакция изгибает заготовку.

Сила резания P_z направлена по касательной к поверхности резания, определяет расходуемую мощность на резание N_p .

Ход работы:

Составляющие силы резания при точении рассчитывают по аналитической формуле:

$$P_z(x,y) = 10 C_p t^x S^y V^n K_p, \text{ Н}$$

где C_p - коэффициент, учитывающий условия обработки;

x, y, n - показатели степени;

t - глубина резания, мм;

S - подача, мм/об;

V - скорость резания, м/мин;

K_p - обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменение условий по отношению к табличным.

$$K_p = K_{\mu p} K_{\varphi p} K_{\lambda p} K_{z p} K_{\gamma p},$$

где $K_{\mu p}$ - поправочный коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала;

$K_{\gamma p}, K_{\varphi p}, K_{\lambda p}, K_{z p}$ - коэффициенты, учитывающие соответствующие геометрические параметры резца.

Мощность резания рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт}$$

где P_z - сила резания, Н;

V - скорость резания, м/мин.

Пример решения задачи

Определить силы, действующие при продольном точении заготовки из стали 40Х с пределом прочности $\sigma_B = 700 \text{ МПа}$, резцом с пластиной из твердого сплава Т5К10. Определить мощность резания. Глубина резания $t=3$ мм, подача $S=0,8$ мм\об, скорость резания $V=67$ м/мин.

Геометрические параметры резца: форма передней поверхности - радиусная с фаской; $\varphi = 60^\circ$; $\varphi_1 = 15^\circ$; $\gamma_\phi = -5^\circ$; $\alpha = 12^\circ$; $\lambda = 0$; $r = 1 \text{ мм}$.

Решение

Силы резания при точении

$$P_z(x,y) = 10 C_{pz} S_y V^n K_p$$

Определяем значения постоянной и показателей степени [2],

$$C_{pz} = 300 \quad x=1,0 \quad y=0,75 \quad n = -0,15$$

$$C_{px} = 339 \quad x=1,0 \quad y=0,5 \quad n = -0,4$$

$$C_{py} = 243 \quad x=0,9 \quad y=0,6 \quad n = -0,3$$

1.2 Определяем значения поправочных коэффициентов

$$K_p = K_{\mu p} K_{\varphi p} K_{\lambda p} K_{r p} K_{\gamma p}$$

$$K_{mp_z} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n; \quad n=0,75 [2],$$

$$K_{mp_z} = \left(\frac{700}{750} \right)^{0,75} = 0,95.$$

$$K_{mp_x} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n; \quad n=1 [3],$$

$$K_{mp_x} = \left(\frac{700}{750}\right)^1 = 0,93.$$

$$K_{mp_y} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n; \quad n=1,35 [2],$$

$$K_{mp_y} = \left(\frac{700}{750}\right)^{1,35} = 0,91.$$

Поправочные коэффициенты, учитывающие геометрию резца [2],

$$K_{\varphi p_z} = 0,94; \quad K_{\varphi p_x} = 1,11; \quad K_{\varphi p_y} = 0,77;$$

$$K_{\gamma p_z} = 1,25; \quad K_{\gamma p_x} = 2; \quad K_{\gamma p_y} = 2;$$

$$K_{\lambda p_z} = K_{\lambda p_x} = K_{\lambda p_y} = 1;$$

K_{rp} - учитывается только для резцов из быстрорежущей стали

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 31 \cdot 0,80 \cdot 75 \cdot 67 \cdot 0,15 \cdot 0,95 \cdot 0,94 \cdot 1,25 = 4050 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 31 \cdot 0,80 \cdot 5 \cdot 67 \cdot 0,4 \cdot 0,93 \cdot 1,11 \cdot 2 = 1685,5 \text{ Н}$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 30,9 \cdot 0,80 \cdot 6 \cdot 67 \cdot 0,3 \cdot 0,91 \cdot 0,77 \cdot 2 = 1611 \text{ Н}$$

2. Мощность резания

$$N = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{4050 \cdot 67}{60 \cdot 1020} = 4,43 \text{ кВт}$$

Исходные данные:

Выполнить расчет силы резания (P_z) и мощности, затрачиваемой на резание по заданному варианту.

Исходные данные приведены в таблице 1.

Порядок выполнения работы

Пользуясь инструкцией и литературой [1,2], изучить методику и выполнить расчет по заданию.

Составить отчет по форме 1.

Форма 1

Наименование работы.

Цель работы.

Задание.

Расчет силы резания и мощности, затрачиваемой на резание.

Таблица 1

Варианты задания лабораторной работе. Часть 1.

Номер варианта	Материал заготовки	Режим резания			Геометрические параметры резца*					
		t, мм	S, мм	V, м/мин	φ°	α°	γ°	λ°	r, мм	Форма передней поверхности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Сталь 20, $\sigma_B=550$ МПа	4	0,7	140	45	8	10	5	1	Радиусная с фаской
2	Серый чугун СЧ10, НВ 160	5	0,78	60	60	8	5	10	1	Плоская
3	Сталь 12Х18Н9Т; НВ180	1	0,21	265	90	12	10	0	2	Радиусная с
4	Сталь 14Х17Н2; НВ200	1,5	0,195	250	90	12	10	0	2	фаской
5	Серый чугун СЧ30, НВ 220	1,5	0,26	150	45	10	5	-5	2	Плоская
6	Серый чугун СЧ20, НВ 210	2	0,35	155	45	10	12	0	1	Радиусная с
7	Сталь 38ХА, $\sigma_B=680$ МПа	3	0,61	120	60	8	10	5		фаской
8	Сталь 35, $\sigma_B=560$ МПа	1,5	0,2	390	60	12	15	0		
9	Серый чугун СЧ15, НВ 170	4,5	0,7	65	90	8	5	0		Плоская

10	Серый чугун СЧ10, НВ 160	3,5	0,6	65	45	10	10	5		
11	Сталь 40ХН, $\sigma_{\text{в}}=700$ МПа	1,5	0,3	240	60	12	10	-5	2	Радиусная с фаской
12	Сталь Ст3, $\sigma_{\text{в}}=600$ МПа	5	0,8	240	60	10	5	0		
13	Сталь 40Х, $\sigma_{\text{в}}=750$ МПа	1,0	0,15	240	90	12	10	-5		
14	Сталь Ст5, $\sigma_{\text{в}}=600$ МПа	3,5	0,52	130	45	8	10	5	1	Плоская
15	Серый чугун СЧ20, НВ 180	4,0	0,87	75	60	8	5	1 0		
16	Серый чугун СЧ20, НВ 200	2,5	0,25	100	45	10	5	0		

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	Сталь 20Х, $\sigma_{\text{в}}=580$ МПа	1,0	0,125	180	45	12	15	0	2	Радиусная с фаской
18	Сталь 50, $\sigma_{\text{в}}=750$ МПа	2,0	0,25	150	60	10	12	5		
19	Бронза Бр АЖН 10-4, НВ170	1,5	0,15	130	60	6	20	1 0	1	Плоская с фаской
20	Латунь ЛМцЖ 52-4-1, НВ100	2,5	0,3	80	90	8	25	-5		
21	Серый чугун СЧ30, НВ 220	1,5	0,1	130	45	10	8	0	15	Плоская
22	Серый чугун СЧ20, НВ 200	3	0,4	90	90	8	10	-5		
23	Сталь 30ХН3А, $\sigma_{\text{в}}=800$ МПа	5	0,8	110	60	12	12	-5	2	Радиусная с фаской
24	Сталь 30ХМ, $\sigma_{\text{в}}=780$ МПа	2,5	0,2	100	45	10	10	2		
25	Сталь 45, $\sigma_{\text{в}}=650$ МПа	4	1,2	90	60	8	15	0		
26	Сталь 15Х, $\sigma_{\text{в}}=687$ МПа	2,0	0,35	100	45	6	8	5	1,5	
27	Ковкий чугун КЧ30, НВ 163	3,0	0,5	120	90	8	10	0	1	Плоская

28	Сталь 20ХНР, $\sigma_B=700$ МПа	4,5	0,06	80	60	12	5	-5	
29	Сталь 30Г, $\sigma_B=550$ МПа	1,5	0,35	120	45	10	12	1 0	2
30	Сталь 35ХГСА, $\sigma_B=700$ МПа	2,5	0,05	140	90	8	5	0	

* Для всех вариантов принять резец с пластиной из твердого сплава.

Лабораторная работа № 9 Расчет режима резания при точении аналитическим способом

Цель работы: изучить методику расчета режима резания аналитическим способом. Ознакомиться и приобрести навыки работы со справочной литературой.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Обработка заготовки точением осуществляется при сочетании двух движений: равномерного вращательного движения детали - движения резания (или главное движение) и равномерного поступательного движения резца вдоль или поперек оси детали - движение подачи. К элементам режима резания относятся: глубина резания t , подача S , скорость резания V .

Глубина резания - величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном обработанной поверхности, т.е. перпендикулярном направлению подачи. При черновой обработке, как правило, глубину резания назначают равной всему припуску, т.е. припуск срезают за один проход

$$t = h = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}$$

где h - припуск, мм;

D - диаметр заготовки, мм;

d - диаметр детали, мм.

При чистовой обработке припуск зависит от требований точности и шероховатости обработанной поверхности.

Подача - величина перемещения режущей кромки инструмента относительно обработанной поверхности в направлении подачи за единицу времени (минутная подача S_m) или за один оборот заготовки. При черновой обработке назначают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы СПИД, прочности пластинки, мощности привода станка; при чистовой обработке - в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности.

Скорость резания - величина перемещения точки режущей кромки инструмента относительно поверхности резания в направлении движения резания за единицу времени. Скорость резания зависит от режущих свойств инструмента и может быть определена при точении по таблицам нормативов [4] или по эмпирической формуле

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v,$$

где C_v - коэффициент, учитывающий условия обработки;

m, x, y - показатели степени;

T - период стойкости инструмента;

t - глубина резания, мм;

S - подача, мм/об;

K_v - обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv} K_{\phi v} K_{rv},$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_{uv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента;

$K_{\phi v}$ - коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца;

K_{rv} - коэффициент, учитывающий радиус при вершине резца - учитывается только для резцов из быстрорежущей стали.

При настройке станка необходимо установить частоту вращения шпинделя, обеспечивающую расчетную скорость резания.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}, \text{ об/мин} \quad (2.3)$$

Основное технологическое (машинное) время - время, в течение которого происходит снятие сружки без непосредственного участия рабочего

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, \text{ мин} \quad (2.4)$$

где L - путь инструмента в направлении рабочей подачи, мм;

i - количество проходов.

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм}$$

где l - размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

y - величина врезания, мм;

Δ - величина перебега, мм, $\Delta = 1 \div 2$ мм.

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi,$$

где t - глубина резания;

φ - главный угол в плане резца.

Пример решения задачи

На токарно-винторезном станке 16К20 производится черновое обтачивание на проход вала $D=68$ мм до $d=62$ мм. Длина обрабатываемой поверхности 280 мм; длина вала $l=430$ мм. Заготовка - поковка из стали 40Х с пределом прочности $\sigma_B=700$ МПа. Способ крепления заготовки - в центрах и поводковом патроне. Система СПИД недостаточно жесткая. Параметр шероховатости поверхности $Ra=12,5$ мкм. Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания; определить основное время.

Решение

Выполнение эскиза обработки.

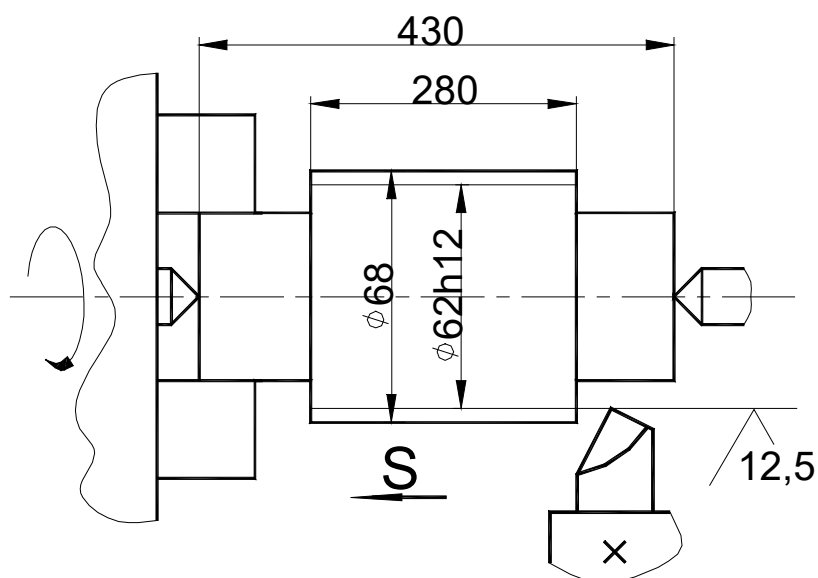


рис. 1

Выбор режущего инструмента

Для обтачивания на проход вала из стали 40Х принимаем токарный проходной резец прямой правый с пластижкой из твердого сплава Т5К10 [2] или [3]. Форма передней поверхности радиусная с фаской [3]; геометрические параметры режущей части резца:

$$\gamma=150; \quad \alpha=12; \quad \lambda=0 \text{ [3]},$$

$$\phi=600; \quad \phi_1=150; \text{ [3]},$$

$$r=1 \text{ мм}; \quad f=1 \text{ мм}; \text{ [3]}.$$

Назначение режимов резания

3.1. Глубина резания. При черновой обработке припуск срезаем за один проход, тогда

$$t = h = \frac{D - d}{2} = \frac{68 - 62}{2} = 3 \text{ мм}.$$

Назначаем подачу. Для черновой обработки заготовки из конструкционной стали диаметром до 100 мм резцом сечением 16x25 (для станка 16К20) при глубине резания до 3 мм:

$$S=0,6 \div 1,2 \text{ мм/об [2], [3]}.$$

В соответствии с примечанием 1 к указанной таблице и паспортным данным станка (см. Приложение 1 к данным методическим указаниям) принимаем $S=0,8 \text{ мм/об}$.

Скорость резания, допускаемая материалом резца

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \text{ м/мин}$$

где $C_v=340$; $x=0,15$; $y=0,45$, $m=0,2$, $T=60 \text{ мин}$ [2], [3]

Поправочный коэффициент для обработки резцом с твердосплавной пластиной

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v}$$

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}, \text{ [2], [3]},$$

где $K_r=1$; $n_v=1$ [2],

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{700} \right)^{-1} = 1,07$$

тогда

$K_{nv}=0,8$ [2] или [3],

$K_{uv}=0,65$ [2] или [3],

$K_{fv}=0,9$ [2] или [3].

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 1,07 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 70,6 \text{ м/мин}$$

3.4. Частота вращения, соответствующая найденной скорости резания

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D}, \text{ об/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 70,6}{3,14 \cdot 68} = 330,6 \text{ об/мин.}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка
 $n_d=315$ об/мин.

Действительная скорость резания

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/мин; } V_d = \frac{3,14 \cdot 68 \cdot 315}{1000} = 67,3 \text{ м/мин.}$$

Основное время

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i, \text{ мин}$$

Путь резца $L=l+y+\Delta$, мм

Врезание резца $y=t \cdot \text{ctg}\varphi=3 \cdot \text{ctg } 60^\circ=3 \cdot 0,58=1,7$ мм

Пробег резца $\Delta=1,3$ мм.

Тогда $L=280+1,7+1,3=383$ мм.

$$T_o = \frac{283}{315 \cdot 0,8} = 1,12 \text{ мин.}$$

Задание для расчета по вариантам. Часть 2.

Выполнить расчет режимов резания аналитическим способом (по эмпирической формуле) по заданному варианту для обработки на токарно-винторезном станке 16К20.

Исходные данные приведены в таблице 2.

Порядок выполнения работы

Пользуясь инструкцией и дополнительной литературой, изучить методику определения режима резания. Ознакомиться со справочником [2] или [3]. Ознакомиться с условием задания.

Выполнить эскиз обработки.

Выбрать режущий инструмент.

Назначить глубину резания.

Определить подачу.

Рассчитать скорость резания.

Определить частоту вращения шпинделя и скорректировать по паспорту станка.

Определить действительную скорость резания.

Рассчитать основное технологическое время.

Составить отчет по форме 2.

Таблица 2

Номер варианта	Заготовка, материал и его свойства	Вид обработки и параметр шероховатости	D, мм	d, мм	l, мм
1	2	3	4	5	6
1	Прокат. Сталь 20, $\sigma_{\text{в}}=500$ МПа	Обтачивание на проход $R_a=12,5$ мкм	90	82h12	260
2	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB160	Обтачивание на проход $R_a=12,5$ мкм	120	110h1 2	310
3	Поковка. Сталь 12X18H9T, HB180	Обтачивание в упор $R_a=1,6$ мкм	52	50e9	400
4	Прокат. Сталь 14X17H2, HB200	Растачивание в упор $R_a=3,2$ мкм	90	93H11	30
5	Отливка без корки СЧ30, HB220	Растачивание на проход $R_a=3,2$ мкм	80	83H11	50
6	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB210	Растачивание на проход $R_a=12,5$ мкм	120	124H1 2	100

7	Прокат. Сталь 38ХА, $\sigma_{\text{в}}=680$ МПа	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	76	70h12	315
8	Обработанная. Сталь 35, $\sigma_{\text{в}}=560$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	97	100Н1 1	75
9	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, HB170	Обтачивание в упор Ra=12,5 мкм	129	120h1 2	340
10	Обработанная. Серый чугун СЧ 10, HB160	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	80	0	3,5
11	Поковка. Сталь 40ХН, $\sigma_{\text{в}}=700$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	77	80Н11	45
12	Обработанная. Сталь Ст3, $\sigma_{\text{в}}=600$ МПа	Подрезание сплошного торца Ra=12,5 мкм	90	0	5
13	Прокат. Сталь 40Х, $\sigma_{\text{в}}=750$ МПа	Обтачивание в упор Ra=0,8 мкм	68	62e9	250
14	Обработанная. Сталь Ст5, $\sigma_{\text{в}}=600$ МПа	Растачивание на проход Ra=12,5 мкм	73	80Н12	35
15	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB180	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	62	58h12	210
16	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 20, HB200	Подрезание втулки Ra=3,2 мкм	80	40	2,5
17	Поковка. Сталь 20Х, $\sigma_{\text{в}}=580$ МПа	Растачивание сквозное Ra=1,6 мкм	48	50Н9	50
18	Обработанная. Сталь 50, $\sigma_{\text{в}}=750$ МПа	Подрезание торца втулки Ra=3,2 мкм	60	20	2,0
19	Отливка с коркой. Бронза Бр АЖН 10-4, HB170	Обтачивание на проход Ra=1,6 мкм	88	85e12	140
20	Прокат. Латунь ЛМцЖ 52-4-1, HB220	Растачивание в упор Ra=3,2 мкм	48	53Н11	65
21	Обработанная. Серый чугун СЧ 30, HB220	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	65	0	1,5
22	Обработанная. Серый чугун СЧ 20, HB220	Обработка в упор Ra=3,2 мкм	74	80Н11	220
23	Поковка. Сталь 30ХН3А, $\sigma_{\text{в}}=800$	Обработка на проход	105	115Н1	260

	МПа	Ra=12,5 мкм		2	
24	Прокат. Сталь 30ХМ, $\sigma_{в}=780$ МПа	Подрезание торца Ra=1,6 мкм	80	0	2,5
25	Обработанная. Сталь 45, $\sigma_{в}=650$ МПа	Обработка на проход Ra=1,6 мкм	72	80Н9	100
26	Прокат. Сталь ШХ15, $\sigma_{в}=700$ МПа	Растачивание на проход Ra=3,2 мкм	90	95Н11	60
27	Поковка. Ковкий чугун КЧ30, HB163	Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм	115	110h7	150
28	Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, HB163	Обтачивание в упор Ra=6,3 мкм	150	142h8	70
29	Прокат. Бронза БрАЖ 9-4, $\sigma_{в}=500$ МПа	Растачивание в упор Ra=12,5 мкм	60	69Н11	50
30	Прокат. Сталь 35Г2, $\sigma_{в}=618$ МПа	Подрезание торца втулки Ra=6,3 мкм	100	80	3,0

Лабораторная работа № 10 Диаграмма состояния сплавов железо-цементит

Рекомендуется следующий порядок изучения диаграммы:

Изучить верхнюю часть диаграммы, характеризующую первичную кристаллизацию сплавов.

Изучить нижнюю часть диаграммы (ниже линии солидуса), где происходит вторичная кристаллизация. При этом следует усвоить, что причиной превращений, происходящих в затвердевших сплавах ниже указанной линии, является то, что с понижением температуры железо переходит из одной аллотропической формы в другую ($Fe \gamma$ — $Fe \alpha$), а растворимость углерода в $Fe \alpha$ заметно уменьшается.

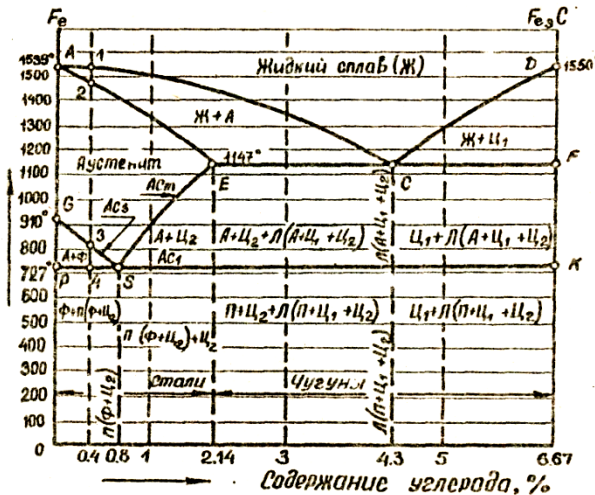
Затем следует тщательно рассмотреть стальную часть диаграммы, а потом перейти к чугунам.

Для уяснения процессов кристаллизации сплавов и образования их структур необходимо на диаграмме найти точку, соответствующую заданному процентному содержанию углерода, и из нее провести вертикальную линию, пронумеровав точки ее пересечения с линиями диаграммы.

Точки пересечения, спроектированные на ось ординат, покажут значения критических температур превращения в сплаве.

В качестве примера рассмотрим фазовые превращения при охлаждении стали, содержащей углерода 0,4%.

Выше точки 1 сплав находится в жидком однофазном состоянии; при температуре точки 1 начинается выделение кристаллов аустенита; в интервале температур от точки 1 до точки 2 сталь имеет двухфазное состояние: кристаллы аустенита и жидкий раствор переменного состава. В точке 2 сплав затвердевает. В интервале температур от точки 2 до точки 3 сплав имеет одну фазу (аустенит) и охлаждается без фазовых превращений.



В интервале температур от точки 3 до точки 4 происходит вторичная кристаллизация стали: из аустенита выделяется феррит; в аустените содержание углерода увеличивается по линии GS до предела в точке S (0,8%).

При температуре точки 4 (727°C) аустенит превращается в перлит; при этом сталь имеет трехфазное состояние: кристаллы аустенита, феррита и цементита. Ниже заэвтектоидной температуры (727°C) сталь имеет структурные составляющие - феррит и перлит. Рекомендуется по диаграмме последовательно рассмотреть процессы первичной и вторичной кристаллизации для сплавов: C = 0,5%, C = 0,8%, C = 1%, C = 5%.

Нельзя путать "эвтектику" с "эвтектоидом". Эвтектика - это механическая смесь, образующаяся при затвердевании чугуна, а эвтектоид - это механическая смесь, образовавшаяся при затвердевании стали в результате вторичной кристаллизации при распаде аустенита.

Необходимо запомнить обозначения критических точек при нагревании {Ac1, Ac3 и Acм} и при охлаждении (Ar1, Ar3, Arm).

При изучении диаграммы необходимо особо четко уяснить, что критическая температура Ac3 меняется в зависимости от содержания углерода в стали по линии GS, причем, чем больше углерода в стали, тем она становится меньше (для доэвтектоидных сталей).

Например, для чистого железа Ac3 = 910°, для стали а содержанием углерода 0,5% - Ac3 = 750°, для стали с содержанием углерода 0,8% - Ac3 = 727° и т.д. Критическая температура Ac1, характеризующая перлитные превращения для всех железоуглеродистых сплавов, имеет одно и то же значение — 727°.

Критическая температура Acм меняется в зависимости от содержания углерода в сплаве по линии ES, причем, чем больше углерода в стали, тем выше эта температура. Например, для стали с содержанием углерода 2,14% Acм - 1147°, для стали с содержанием углерода 0,8% Acм, - 727° и т.д.

Лабораторная работа № 11 Основы термической обработки и поверхностного упрочнения

Задание 1. Решите тест. Выберите один правильный ответ

1. Как называется склонность (или отсутствие таковой) аустенитного зерна к росту?

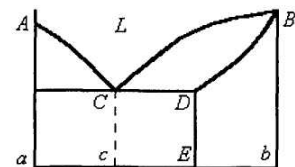
- а) отпускная хрупкость;
- б) наследственная или природная зернистость
- в) аустенизация

2. Какой вид химико-термической обработки называют нитроцементацией ?

- а) газовое цианирование
- б) жидкостное цианирование
- в) газовая цементация

3. Какие сплавы системы А-В могут быть закалены?

- а) любой сплав.
- б) сплавы, лежащие между Е и Б.
- в) ни один из сплавов.
- г) сплавы, лежащие между а и Е.



4. Какую скорость охлаждения при закалке называют критической?

- а) максимальную скорость охлаждения, при которой еще протекает распад аустенита на структуры перлитного типа.
- б) минимальную скорость охлаждения, необходимую для получения мартенситной структуры.
- в) минимальную скорость охлаждения, необходимую для фиксации аустенитной структуры.
- г) минимальную скорость охлаждения, необходимую для закалки изделия по всему сечению.

5. Что означает точка Ас3 ?

- а) температуру критической точки, выше которой при неравновесном нагреве доэвтектоидные стали приобретают аустенитную структуру.
- б) температурную точку начала превращения аустенита в мартенсит.

в) температуру критической точки перехода перлита в аустенит при неравновесном нагреве.