

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
в г. Петровске

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала СГТУ
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске
Е.А.Бесшапошникова
«30» июня 2021 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине
ОП.04 «Материаловедение»

специальности
15.02.09 «Аддитивные технологии»

Методические указания рассмотрены
на заседании предметной (цикловой) комиссии
общепрофессиональных дисциплин,
профессиональных модулей
специальностей технического профиля
«14» июня 2021 года, протокол №13

Председатель ПЦК  /Т.А.Лескина/

Петровск 2021

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины «Материаловедение» разработанной на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.09 «Аддитивные технологии» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ОК 01. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 02. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 03. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 04. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 05. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 08. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 09. Ориентироваться в условиях смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 2.1. Организовывать и вести технологический процесс на установках для аддитивного производства.

ПК 2.2. Контролировать правильность функционирования установки, регулировать ее элементы, корректировать программируемые параметры.

ПК 2.3. Проводить доводку и финишную обработку изделий, созданных на установках для аддитивного производства.

ПК 2.4. Подбирать параметры аддитивного технологического процесса и разрабатывать оптимальные режимы производства изделий на основе технического задания (компьютерной/цифровой модели).

ПК 3.1. Диагностировать неисправности установок для аддитивного производства.

При выполнении практических работ студент должен **знать**:

- классификацию, основные виды, маркировку, область применения и способы обработки конструкционных материалов, основные сведения об их назначении и свойствах, принципы их выбора для применения в производстве;
- методы измерения параметров и определения свойств материалов;
- закономерности процессов кристаллизации и структурообразования полимеров, керамики, металлов и сплавов, а так же виды их механической, химической, термической, гидравлической и газообработки;
- литейные свойства полимеров различного отверждения, литейные

свойства металлов и сплавов, закономерности процессов формирования структуры и свойств отливок;

- физико-химические явления при производстве заготовок методом литья;
- основные сведения о кристаллизации и структуре расплавов;
- основные сведения о назначении и свойствах полимеров, керамик, металлов и сплавов, о технологии их производства, а так же особенности их строения свойства смазочных и абразивных материалов;
- способы получения композиционных материалов;
- сущность технологических процессов литья, спекания порошков, электровакуумного напыления, сварки, обработки металлов давлением и резанием.

При выполнении практических работ студент должен **уметь:**

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые полимерные, металлические и керамические материалы, применяемые в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их;
- определять твердость материалов.

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объём практических занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность практического занятия - 2 академических часа. Перед проведением практического занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению практических работ дисциплины «Материаловедение» содержит 8 практических занятий.

**Перечень практических работ
по дисциплине «Материаловедение»**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Определение твёрдости металлов

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Изучение процесса закалки и отпуска углеродистой стали

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: Изучение структуры и свойств сталей после термической и химико-термической обработки

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: Изучение структуры и свойств легированных сталей

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема: Определение причины возникновения дефекта детали

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Тема: Изучение влияния температуры на механические свойства пластмасс

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Тема: Изучение свойств неорганических стёкол

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

Тема: Изучение структуры порошковых и композиционных материалов

ИНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Прежде чем приступить к выполнению заданий, внимательно прочитайте данные рекомендации. Практические работы включают в себя задания следующих видов:

НАПРИМЕР:

1. Ответ на поставленные вопросы (с аргументацией)

Прочитайте вопрос и вникните в него.

Для удобства подчеркните ту, фразу, которая, по вашему мнению, является главной. Это поможет вам быстрее сориентироваться при ответе на вопрос.

Если вы считаете, что можете ответить на вопрос без помощи лекции и дополнительной литературы – приступайте. Если же вопрос заставляет вас сомневаться, откройте лекционную тетрадь (учебник или дополнительную литературу), прочитайте необходимый пункт, вникните в содержание и после этого приступайте за работу.

ГЛАВНОЕ! Не переписывайте отрывки лекции в рабочую тетрадь! Четко отвечайте на ПОСТАВЛЕННЫЙ вопрос!

Не забудьте привести аргументацию (обоснование) вашей позиции, если вопрос предполагает личностное отношение к проблеме.

2. Заполнение таблиц и схем

Прочитайте название таблицы или схемы.

Исходя из названия, вы поймете цель предстоящей работы.

Воспользуйтесь материалами лекций или другими источниками, чтобы заполнить таблицу(схему).

Используйте цветные графические материалы для выделения строк, столбцов или элементов схем.

Особое внимание обращайтесь на четкость при отборе материала: делайте записи кратко и четко!

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Определение твёрдости металлов

Цель: практическое изучение методов определения твердости материалов по методу Бринелля и Роквелла.

Оборудование: прибор типа ТШ, прибор ТК, образцы для испытания, стальной закаленный шарик, наконечник.

Справочный материал.

Твердость – это свойство материалов сопротивляться проникновению в него другого более твердого тела под действием нагрузки.

Определение твердости является наиболее широко распространенным методом испытания материалов, позволяющим в большинстве случаев без разрушения изделия и изготовления специальных образцов судить о качестве изделия.

Приборы для испытания на твердость просты, обладают высокой производительностью, не требуют работников высокой квалификации и могут использоваться непосредственно на рабочем месте.

Наиболее широко применяются следующие способы измерения твердости:

- вдавливанием стального шарика (метод Бринелля);
- вдавливанием алмазного конуса (метод Роквелла);
- вдавливанием четырехгранной алмазной пирамиды (метод Виккерса);

Измерение твердости вдавливанием стального шарика (метод Бринелля)

По методу Бринелля твердость металла определяют вдавливанием в испытуемый образец (изделие) закаленного стального шарика (рисунке 3.1а) диаметром 10; 5 или 2,5 мм под действием заданной нагрузки в течении определенного времени и выражают числом твердости НВ, полученный путем деления приложенной нагрузки Р в кг на поверхность образовавшегося на образце отпечатка шарика (шарового сегмента) Fв мм:

$$HВ = \frac{P}{F} = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}, [\text{кг} / \text{мм}^2] \quad (3.1)$$

где Р - нагрузка в кг; D- диаметр шарика в мм; d- диаметр отпечатка шарика в мм.

Диаметр шарика, нагрузку и длительность выдержки под нагрузкой выбирают в зависимости от твердости и толщины образца (таблице 3.1).

Чем тверже металл, тем меньше диаметр отпечатка и тем выше число твердости по Бринеллю.

Диаметр отпечатка измеряется при помощи специальной лупы, имеющей шкалу с ценой деления 0,1 мм или 0,05мм (рисунок 1б).

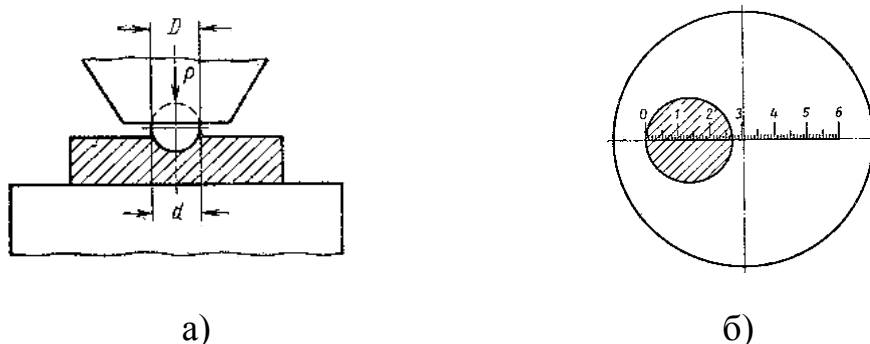


Рис.1.Схема определения твердости по Бринеллю (а) и отсчет по шкале (б)

При диаметре шарика 10 мм и нагрузке 3000 кг твердость обозначается цифрами перед символом НВ, например 250НВ, что означает твердость по Бринеллю 250 кг /мм².

Во избежание сложных вычислений числа твердости для каждого отпечатка на практике используются готовыми таблицами.

Таблица 1.Выбор режимов испытаний на твердость методом Бринелля

Материал	Интервал твердости в числах Бринелля	Минимальная толщина испытуемого образца, мм	Соотношение между нагрузкой Р и диаметром шарика D	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка Р, кг	Выдержка под нагрузкой, сек
Черные металлы	140-450	От 6 до 3	$P=30D^2$	10	3000	10
		От 4 до 2		5	750	
		Менее 2		2,5	187,5	
Черные металлы	Менее 140	Более 6	$P=10D^2$	10	1000	10
		От 6 до 3		5	250	
		Менее 3		2,5	62,5	
Цветные металлы	Более 130	От 6 до 3	$P=30D^2$	10	3000	30
		От 4 до 2		5	750	
		Менее 2		2,5	187,5	

Цветные металлы	35-130	От 9 до 5	$P=10D^2$	10	1000	30
		От 6 до 3		5	250	
		Менее 3		2,5	62,5	
Цветные металлы	8-35	Более 6	$P=2,5D^2$	10	250	60
		От 6 до 3		5	62,6	
		Менее 3		2,5	15,6	

Между числами твердости по Бринеллю и пределом прочности σ_B металлов существует следующая приближенная зависимость:

$$\sigma_B = K * HB, \text{ кг/мм}^2 \quad (3.2)$$

где K - коэффициент, определяемый по таблице (3.2).

Таблица 2. Выбор значения коэффициента K в зависимости от вида испытуемого материала

Сталь легированная	0,34	Дуралюминий	0,37
Сталь углеродистая	0,36	Медь холоднокатаная	0,35
Алюминий отожженный	0,4	Медь отожженная	0,48

Наиболее распространенными стандартными условиями при испытании твердости являются: нагрузка 3000 кг, диаметр шарика 10 мм и длительность выдержки 10 сек.

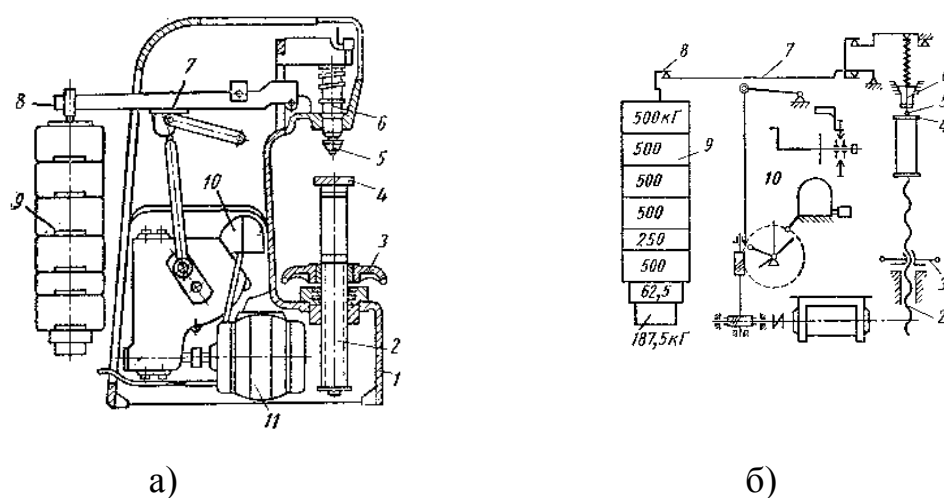


Рис.2. Прибор типа ТШ с механическим приводом: а – общий вид;
б – кинематическая схема

Для определения твердости по Бринеллю используются твердомером типа ТШ (рис..2).

Прибор имеет станину 1, в нижней части которой помещен винт 2 со сменными столиками 4 для испытуемых образцов. Перемещения винта осуществляется вручную маховиком 3. В верхней части станины находится шпиндель 6 со сменными наконечниками, в которые вставляются шарики 5. Основная нагрузка прикладывается к образцу посредством рычажной системы. На длинном плече основного рычага 7 имеется подвеска 8 с грузами 9. Комбинацией грузов можно осуществить нагрузки 187,5; 250; 750; 1000 и 3000 кг. Нагрузка прилагается автоматически с помощью электродвигателя 11, находящегося внутри станины, при нажатии пусковой кнопки. Для установки продолжительности испытания служит передвижной упор переключателя 10, устанавливаемый до начала испытания в положение, соответствующее требуемой выдержке (10, 30 или 60 сек).

Недостатки метода Бринелля:

- невозможность испытания материалов, имеющих твердость более 450 НВ, так как шарик будет деформироваться и показания будут неточными;
- невозможность испытания твердости тонкого поверхностного слоя и пластин (менее 1-2 мм), так как шарик будет продавливать тонкий слой материала;
- после испытания остаются заметные следы на поверхности изделия.

Измерение твердости вдавливанием алмазного конуса или стального шарика (метод Роквелла)

По методу Роквелла твердость металлов определяют вдавливанием в испытуемый образец (изделие) стального шарика диаметром 1,588 мм при нагрузке 100 кг или алмазного конуса с углом при вершине 120° при нагрузке 60 или 150 кг. Схема определения твердости по Роквеллу приведена на рисунке 3.3.

При испытании сначала прикладывают предварительную нагрузку P_0 , равную 10 кг, а затем нормальную P , равную 60, 100 или 150 кг (ГОСТ 9013-59). Разность глубин проникновения шарика или алмаза под нагрузками P_0 и P ($h-h_0$) характеризует твердость. Чем меньше эта разность, тем тверже испытуемый материал, и, наоборот, чем больше эта разность, тем мягче материал.

Числа твердости по Роквеллу обозначают HR и вычисляют по формуле.

$$HR = \frac{K - (h - h_0)}{C}, \quad (3)$$

где h_0 – глубина внедрения в мм наконечника под действием предварительной нагрузки P_0 ; h – глубина внедрения наконечника под действием общей нагрузки; K – постоянная величина; для шарика $K=0,26$ и для конуса $K=0,2$; C – цена деления циферблата индикатора прибора, соответствующая углублению наконечника на 0,002 мм.

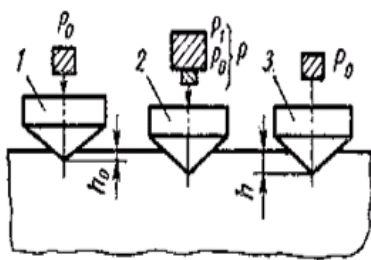


Рис.3. - Схема определения твердости по Роквеллу:

- 1 – углубление конуса под предварительной нагрузкой P_0 ;
- 2 – углубление конуса под общей нагрузкой P , которая равна $P_0 + P_1$;
- 3 – глубина внедрения конуса под действием нагрузки P_0

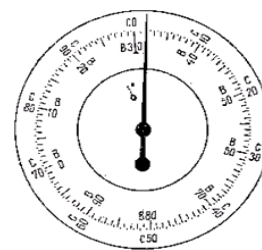


Рис. 4. Циферблат индикаторного прибора

Таким образом, твердость по Роквеллу выражается в условных единицах.

На практике числа твердости по Роквеллу обычно не вычисляют по приведенной выше формуле, а отсчитывают по шкале индикатора прибора типа ТК непосредственно в процессе испытания (рисунок 3.4).

Нулевое деление черной шкалы совпадает с начальным положением стрелки. Красная шкала смещена относительно нулевого деления черной шкалы на 30 делений в направлении, противоположном движению стрелки индикатора при внедрении наконечником. Следовательно, начальное деление красной шкалы совпадает с делением 30 на циферблате индикатора. Это смещение сделано по той причине, что глубина вдавливания шарика часто превышает 0,2 мм, и тогда стрелка при вдавливании делала бы поворот более чем на 100 делений, т.е. значение твердости могли бы получаться отрицательными. Большая стрелка служит для указания твердости, а малая – для контроля величины предварительного нагружения.

Твердость на приборе ТК можно измерить:

- Алмазным конусом с общей нагрузкой 150 кг (предварительная – 10 кг и основная 140 кг). Значение твердости определяют по черной шкале С и обозначают HRC. Эта шкала применяется для испытания закаленных сталей, обладающих твердостью до 67HRC, и для определения твердости тонких поверхностных слоев толщиной более 0,5 мм;
- Алмазным конусом с общей нагрузкой 60 кг (предварительная – 10 кг и основная 50 кг). Значение твердости определяют по черной шкале С и обозначают HRA. Эта шкала применяется для испытания сверхтвердых сплавов (например, карбидов вольфрама), тонкого листового материала и для измерения твердости тонких поверхностных слоев (0,3-0,5 мм) или тонких пластинок;
- Стальным шариком 1/16 дюйма с общей нагрузкой 100 кг (предварительная – 10 кг и основная 90 кг). Значение твердости

определяют по красной шкале В и обозначают HRB. Шкала В служит для испытаний металлов средней твердости и для испытаний изделий толщиной от 0,8 до 2 мм.

На основании опытных работ установлена связь между числами твердости по Роквеллу (при $HRC > 20$) и по Бринеллю $HB \approx 10 \cdot HRC (3.4)$

К достоинствам метода Роквелла следует отнести высокую производительность, простоту обслуживания, точность измерения и сохранение качественной поверхности после испытаний. Не рекомендуется применять этот метод для определения твердости неоднородных по структуре сплавов (чугуна), для испытания криволинейных поверхностей с радиусом кривизны менее 5 мм и для испытания деталей которые под действием нагрузки могут деформироваться.

Порядок выполнения работы

Измерение твердости методом Бринелля

1. Изучить работу твердомера типа ТШ.
2. Подготовить образцы к испытанию (поверхность образца должна быть плоской и чистой от загрязнений и окалины. Толщина образца – не менее десятикратной глубины отпечатка).
3. Выбрать в зависимости от заданных условий испытания и типа образца диаметр шарика, нагрузку и время выдержки под нагрузкой.
4. Закрепить шариковый наконечник в шпинделе установочным винтом.
5. Поместить на подвеску требуемое для испытания количество сменных грузов.
6. Установить упор на нужную продолжительность выдержки и закрепить стопорным винтом.
7. Установить на столик (испытания круглых образцов производят с помощью специальной подставки) испытуемый образец и вращением маховика поднять его к шариковому наконечнику, оказывая предварительную нагрузку на образец порядка 100 кг. Нагрузка должна быть приложена в направлении, перпендикулярном к плоскости образца. Центр отпечатка должен находиться от края образца на расстоянии не менее диаметра шарика, а от центра соседнего отпечатка – на расстоянии не менее двух диаметров шарика.
8. Нажать на пусковую кнопку, приводя в движение электродвигатель и передать нагрузку на образец.
9. После окончания испытания опустить столик, снять образец и измерить диаметр отпечатка в двух взаимно перпендикулярных направлениях при помощи лупы. Диаметр отпечатка измеряют с точностью до 0,05 мм при испытании шариком диаметром 10 и 5 мм и с точностью до 0,01 мм при испытании шариком диаметром 2,5 мм.
10. По величине диаметра отпечатка рассчитать число твердости HB.
11. Повторить эксперимент 3 раза.
12. Определить среднее число твердости HB.

13. По полученным числам твердости определить величины предела прочности, пользуясь имеющимися соотношениями между НВ и σ_B .

14. Результаты испытаний внести в протокол.

Таблица 1. Протокол испытания на твердость по методу Бринеля.

Исп.	Материал и толщина образца, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка Р, кг	Диаметр отпечатка d, мм	Число твердости НВ	Среднее число твердости НВ	Предел прочности σ_B , кг/мм ²

Измерение твердости методом Роквелла

Задания:

1. Изучить работу твердомера типа ТК.
2. Подготовить образцы к испытанию (поверхность образца должна быть плоской и чистой от загрязнений и окалины. Толщина образца – не менее восьмикратной глубины отпечатка).
3. Выбрать в зависимости от заданных условий испытания и типа образца наконечник.
4. Закрепить наконечник в шпинделе установочным винтом.
5. Подобрать грузы соответственно выбранному наконечнику и применительно к шкале, по которой предполагается вести испытания и повесить их.
6. Установить на столик (испытания круглых образцов производят с помощью специальной подставки) испытуемый образец и вращением маховика поднять его до соприкосновения с наконечником, а затем дальнейшим вращением маховика произвести предварительное нагружение до тех пор, пока малая стрелка индикатора не совпадет с красной точкой на шкале, а большая стрелка не примет вертикальное положение. Если малая стрелка индикатора перейдет за красную точку, то необходимо выбрать на испытуемой поверхности другую точку и испытание начать сначала; затем повернуть ободок индикатора до совпадения нуля черной шкалы с большой стрелкой.
7. Привести в движение механизм основного нагружения. В это время большая стрелка поворачивается против часовой стрелки и принимает некоторое положение. После секундной выдержки снять основную нагрузку возвращением рукоятки в начальное положение (притягивают ее к себе). Большая стрелка при этом вращается по часовой стрелке и занимает нужное положение.

8. Отсчитать числа твердости по шкале индикатора. В случае применения алмазного наконечника отсчет производить по наружной черной шкале С, при шариковом наконечнике – по внутренней красной шкале В. Опустить столик вращением маховика и снять образец.

9. Повторить эксперимент 3 раза.

10. Определить среднее число твердости HR.

11. Перевести полученную твердость по Роквеллу HR_В в твердость по Бринеллю HB.

12. Результаты испытаний внести в таблицу.

Таблица 2. Таблица испытания на твердость по методу Роквелла.

№ ис	Материал и толщина образца, мм	Наконечник	Нагрузка Р, кг	Шкала	Число твердости и HR	Среднее число твердости и HR	Твердость по Бринеллю HB

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость?
2. Какие существуют методы измерения твердости?
3. Как определяется твердость по методу Бринелля?
4. Каким образом производится выбор диаметра шарика при измерении твердости по методу Бринелля?
5. Какова зависимость между числами твердости HB и пределом прочности металлов σ_B ?
6. Недостатки метода Бринелля.
7. Как определяется твердость по методу Роквелла?
8. Каким образом производится выбор наконечника при измерении твердости по методу Роквелла?
9. Достоинства метода Роквелла по сравнению с методом Бринелля.
10. Какова зависимость между числами твердости HRC и HB?

Таблица испытания на твердость по методу Бринелля.

ис п	Материал и толщина образца, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка Р, кг	Диаметр отпечатка d, мм	Число твердости и HB	Среднее число твердости и HB	Предел прочности и σ_B , кг/мм ²

Таблица испытания на твердость по методу Роквелла.

ис п	Материал и толщина образца, мм	Наконечник	Нагрузка Р, кг	Шкала	Число твердости и HR	Среднее число твердости и HR	Твердость по Бринеллю HB

Приложение 1

Таблица сопоставления чисел твердости, определяемых различными методами

По Роквеллу			По Бринеллю HB	По Роквеллу			По Бринеллю HB	По Роквеллу			По Бринеллю HB
RC	HRA	HRB		HRC	HRA	HRB		HRC	HRA	HRB	
72	89	-	782	35	68	-	321	-	-	71	128
71	88	-	770	34	67	-	311	-	-	68	123
70	87	-	757	33	67	-	302	-	-	67	121
69	87	-	744	31	66	-	293	-	-	66	118
68	86	-	728	30	66	-	286	-	-	65	116
67	85	-	713	29	65	-	277	-	-	64	114
66	-	-	698	28	65	-	269	-	-	62	112
65	84	-	683	27	64	-	262	-	-	61	109
64	-	-	667	26	64	-	255	-	-	59	107
63	83	-	652	25	63	-	248	-	-	58	105
62	-	-	639	24	63	100	241	-	-	57	103
61	82	-	627	23	62	99	235	-	-	56	101

60	-	-	613	22	62	98	229	-	-	54	99
59	81	-	600	21	61	97	223	-	-	53	97
58	80	-	578	20	61	97	217	-	-	-	93
57	-	-	567	19	60	96	212	-	-	-	90
56	79	-	555	18	60	95	207	-	-	-	86
55	-	-	543	-	59	94	202	-	-	-	85
54	78	-	532	-	58	93	196	-	-	-	83
53	-	-	522	-	58	92	192	-	-	-	81
52	77	-	512	-	57	91	187	-	-	-	79
51	76	-	495	-	56	89	183	-	-	-	77
50	-	-	486	-	56	88	179	-	-	-	75
49	46	-	477	-	55	87	174	-	-	-	74
48	75	-	460	-	55	86	170	-	-	-	73
47	74	-	444	-	54	85	166	-	-	-	72
46	-	-	437	-	53	84	163	-	-	-	71
45	73	-	430	-	53	83	159	-	-	-	68
44	73	-	415	-	52	82	156	-	-	-	66
43	72	-	401	-	52	81	153	-	-	-	64
42	-	-	395	-	51	80	149	-	-	-	62
41	71	-	388	-	50	78	146	-	-	-	59
40	71	-	375	-	50	77	143	-	-	-	57
39	70	-	363	-	-	76	140	-	-	-	55
38	69	-	352	-	-	75	137	-	-	-	53
37	69	-	340	-	-	74	134	-	-	-	51

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Изучение процесса закалки и отпуска углеродистой стали

Цель: изучить изменение микроструктур доэвтектоидной и заэвтектоидной сталей до и после закалки и отпуска. Определить содержание углерода расчетным путем в доэвтектоидной, заэвтектоидной стали при определенном содержании перлита и цементита вторичного и показать на диаграмме Fe - C.

Оборудование:

1. Электронный микроскоп ЭУМП-1.
2. Коллекция шлифов сталей.
3. Альбом фотографий микроструктур углеродистых сталей
4. Диаграмма Fe - Fe₃C.
5. Раствор азотной кислоты.

Справочный материал

Термическая обработка углеродистой стали.

Для получения заданных свойств сталей путем изменения их структуры без изменения формы изделия и химического состава широко используется термическая обработка (ТО). Термическая обработка состоит из нагрева до заданной температуры, выдержки при этой температуре и охлаждения. В большинстве случаев решающая роль в получении желаемой структуры принадлежит *охлаждению*. Основой для изучения термической обработки сталей является диаграмма железо- углерод (рис.1). Так как речь пойдет только о сталях, то рассматриваются сплавы с концентрацией углерода до 2.14%.

Для правильного проведения ТО сталей, необходимо хорошо представлять, какие превращения происходят в них, как влияют на эти превращения скорость нагрева, максимальная температура и время выдержки при нагреве и скорость охлаждения.

Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов.

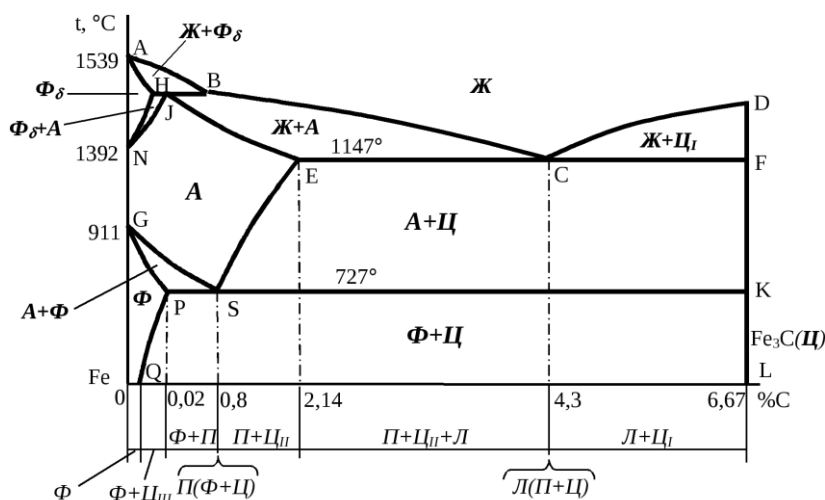


Рис.1.Основные виды термической обработки сталей: *отжиг, нормализация, закалка и отпуск.*

Закалка

Закалкой называется процесс термической обработки, заключающийся в нагреве стали до температуры выше критической и последующем достаточно быстром охлаждении с целью получения неравновесной структуры. В результате закалки повышается прочность и твердость стали.

Назначение закалки - получение высокой прочности и твердости.

На результат закалки оказывают влияние следующие факторы: нагрев (температура нагрева при закалке и скорость нагревания до температуры закалки), выдержка при температуре закалки и охлаждение от температуры закалки.

Выбор температуры нагрева при закалке углеродистых сталей производится по левой нижней части диаграммы железо - цементит.

Основные факторы воздействия при термической обработке температура и время, поэтому режим любой ТО можно представить графиком в координатах $t-\tau$ (рис.2.)

Верхней границей является линия солидус, поскольку процессы первичной кристаллизации не имеют значения.

Приведем общепринятые обозначения критических точек. Они обозначаются буквой «А». Нижняя критическая точка, обозначаемая A_1 , лежит на линии PSK и соответствует превращению А-П. Верхняя критическая точка A_3 лежит на линии GSE и соответствует началу выпадения или концу растворения феррита в доэвтектоидных сталях или цементита (вторичного) в заэвтектоидных сталях. Чтобы отличить критическую точку при нагреве от критической точки при охлаждении рядом с буквой А ставят индекс: при нагреве - «с» (A_c); при охлаждении = «г» (A_r).

При закалке доэвтектоидные стали нагревают до температуры на $30-50^\circ$ выше верхней критической точки A_{c3} [$A_{c3} + (30-50^\circ)$], т. е. выше линии GS диаграммы железо - цементит. При таком нагреве исходная феррито-перлитная структура превращается в аустенит, а после охлаждения со скоростью больше критической образуется структура мартенсита. При нагреве доэвтектоидной стали до более низкой температуры, например, выше критической точки A_g , т. е. выше линии PS диаграммы железо - цементит, но ниже точки A_3 , структура и свойства стали будут изменяться следующим образом. Исходная феррито-перлитная структура при таком нагреве не будет полностью превращаться в аустенит, а часть феррита останется не превращенным и структура будет аустенит + феррит. Структура после охлаждения будет мартенсит + феррит. Феррит, имеющий низкую твердость, понижает общую твердость закаленной стали. Такая закалка называется неполной.

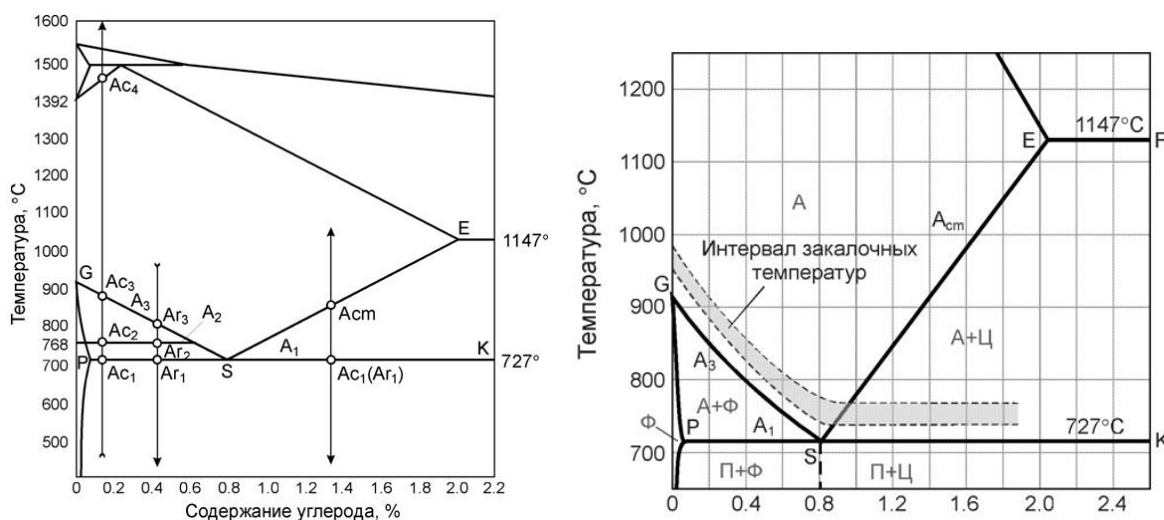


Рис.2

При закалке заэвтектоидные стали нагревают до температуры на 30-50° выше нижней критической точки A_c [$A_c + (30-50^\circ)$], т. е. выше линии SK диаграммы железо - цементит. Так как эта линия горизонтальная и соответствует температуре 727° С, для заэвтектоидной стали можно указать интервал температуры нагрева для закалки 760-790° С. При таком нагреве исходная структура перлит будет полностью превращаться в аустенит, а часть вторичного цементита останется нерастворенной, структура будет состоять из аустенита и цементита. После охлаждения со скоростью больше критической аустенит превратится в мартенсит. Структура закаленной стали будет состоять из мартенсита и цементита. Как было указано выше, такая закалка называется неполной. Но если неполная закалка доэвтектоидных сталей оказывает неблагоприятное влияние на их свойства, то неполная закалка заэвтектоидных сталей не ухудшает, а, наоборот, улучшает их свойства и является нормальной. Это объясняется тем, что в заэвтектоидных сталях в результате неполной закалки сохраняется избыточный цементит, обладающий большей твердостью по сравнению с твердостью мартенсита. Поэтому наличие в структуре закаленной заэвтектоидной стали, кроме мартенсита, еще и цементита повышает твердость и износостойкость стали.

Цементит тверже мартенсита $HV_{Ц}=800$, $HV_{м}=650$ в углеродистой стали с 0.5%С.

В качестве закалочных сред применяются:

- вода;
- минеральное масло;
- растворы солей и щелочей в воде.

Отпуск

Отпуск - нагрев закаленной стали до температуры ниже A_{c1} выдержка при этой температуре и охлаждение.

Отпуск применяется для устранения внутренних напряжений и повышения пластичности.

Отпуск в интервале температур $150\div 200^{\circ}\text{C}$ - **низкий отпуск**. Низкому отпуску подвергаются режущий инструмент и детали, работающие на износ, от которых требуется высокая твердость. В результате низкого отпуска получается отпущенный кубический мартенсит.

Отпуск в интервале температур $350\div 500^{\circ}\text{C}$ называется **средним отпуском**. Средний отпуск обеспечивает высокие значения пределов упругости, прочности, усталости и высокую ударную вязкость.

Среднему отпуску подвергают, например, пружины подвесок трубопроводов, рессоры. В результате среднего отпуска получается структура - тростит отпуска.

Отпуск в интервале температур $500\div 650^{\circ}\text{C}$ называется **высокий отпуск**.

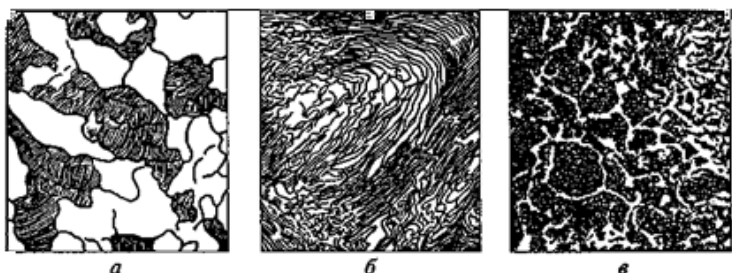


Рис.3.

а). доэвтектоидная сталь имеет структуру, состоящую из феррита и перлита.

б) эвтектоидная сталь имеет структуру, состоящую только из перлита.

в) заэвтектоидная сталь имеет структуру, состоящую из перлита и цементита вторичного.

Доэвтектоидные стали содержат от 0,02 до 0,8% С и имеют ферритно-перлитную структуру (рис. 3а). Здесь светлые зерна - это феррит, а темные (штрихованные) участки представляют собой перлит, являющийся двухфазной структурной составляющей, состоящей из пластинок феррита и цементита.

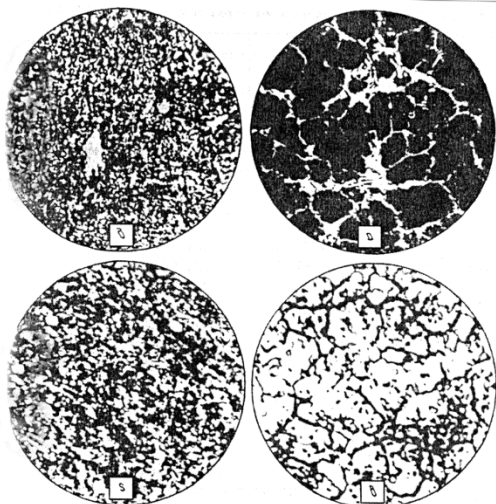


Рис.4. микроструктура доэвтектоидной стали (феррит + перлит):

а) литое состояние; б) после отжига; в) после закалки; г) после отпуска

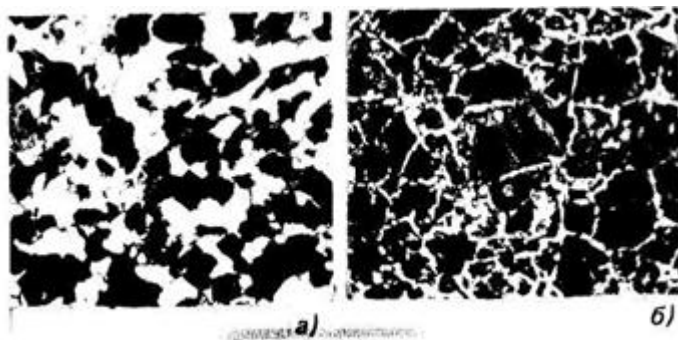


Рис.5. микроструктура заэвтектоидной стали: (перлит и цементит вторичный)

а) после отжига; б) после нормализации

Задания:

1. Изучить содержание основных положений работы.
2. Разобраться со стальной частью диаграммы Fe - Fe₃C.
3. Получить навыки определения под микроскопом элементов структуры стали: феррита, цементита, перлита, для чего:
 - а) рассмотреть фотографии микроструктур в альбоме;
 - б) рассмотреть под микроскопом подобранные шлифы для изучения структурных составляющих и зарисовать схемы рассмотренных структур.
4. Изучить микроструктуру трех-четырех образцов, относящихся к различным классам стали (доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные), определить к какому из названных классов относится каждый образец. Зарисовать схему микроструктуры рассмотренных образцов и обозначить на рисунках структурные составляющие.
5. Определить содержание массовой доли углерода по структуре расчетным путем и определить марку углеродистой стали по таблице 1.

Опыт №1. Отличие доэвтектоидных сталей от заэвтектоидных по микроструктуре

Имеются три металлографических способа отличить доэвтектоидные стали от заэвтектоидных.

а) При травлении раствором азотной кислоты избыточные феррит и цементит имеют светлый оттенок. Относительное весовое количество избыточного феррита в доэвтектоидных сталях может изменяться от 100 % (сталь состава точки *P*) до 0 % (сталь состава точки *S* от 0 % (сталь состава точки—). В то же время количество вторичного цементита в заэвтектоидных сталях может изменяться в узких пределах *S*) до 20 % (сталь состава точки *E*).

Таким образом, если в отожженной стали, наряду с темным перлитом, обнаруживается светлая составляющая, занимающая более 20 % всей площади поля шлифа, видимого в микроскоп, то эта составляющая является избыточным ферритом, и сталь, следовательно, доэвтектоидная.

горячий щелочной раствор пикрата натрия, который окрашивает цементит в темно-коричневый цвет, оставляя феррит светлым.—б) Если относительное количество светлой составляющей меньше 20 %, или если при микроанализе трудно произвести количественную оценку, то эта светлая составляющая может оказаться как избыточным ферритом, так и вторичным цементитом. В этом случае следует использовать индикаторный травитель

в) Если избыточная фаза занимает менее 20 % площади шлифа, протравленного азотной кислотой, то при наличии некоторого опыта можно отличить вторичный цементит от избыточного феррита по форме и оттенку выделений.

Сетка избыточного феррита после отжига составлена из отдельных зерен, в то время как вторичный цементит на шлифе выявляется в виде почти непрерывной сетки. Сетка вторичного цементита выступает над перлитом в виде рельефа, так как твердый цементит после полировки слегка возвышается над более мягким и сильнее сполIROвывающимся перлитом. Вторичный цементит может выделяться из аустенита также в виде изолированных игл, как по границам, так и внутри колоний перлита. Наконец, цементит выглядит под микроскопом более светлым по сравнению с ферритом.

Опыт №2. Определение доли углерода в стали и марки стали по ее структуре.

Поскольку плотности структурных составляющих сталей близки, то соотношение их массовых долей можно заменить соотношением занимаемых ими площадей.

Дозэвтектоидные стали, содержат от 0,15 до 0,8% углерода. Структура доэвтектоидных сталей состоит из феррита и перлита. С увеличением содержания углерода количество феррита уменьшается, а перлита увеличивается.

Количество феррита и перлита можно определить по диаграмме пользуясь правилом отрезков, так как отрезки, соответствующие отдельным структурным составляющим, пропорциональны площадям этих составляющих на микрошлифе. Если сталь имеет состав 0,8% углерода, то структура - один перлит, так как 100% площади занято перлитом. Если часть площади занята ферритом (например, 40%), то можно составить пропорцию для определения процента содержания углерода:

$$100\% \text{ пл.} - 0,8\% \text{ C} \quad X = 40\% \text{ пл.} - X\% \text{ C}$$

Согласно количеству углерода определяется марка стали. Структуры доэвтектоидных сталей показаны на рис.4.:

В доэвтектоидных сталях массовая доля углерода определяется по формуле:

$$C = \frac{F_n \cdot 0,8\%}{100} \quad (1)$$

где F_n - площадь поля зрения микроскопа, занимаемая перлитом, %; 0,8 - % C в перлите.

Рассчитав массовую долю углерода заданной доэвтектоидной стали по формуле (1), можно по табл.1 определить марку этой стали.

Стали, содержащие от 0,8 до 2% углерода, называются заэвтектоидными. Структура заэвтектоидной стали при комнатной температуре состоит из перлита и вторичного цементита, который может располагаться в виде светлых зерен или светлой сетки, расположенной по границам зерен или в виде игл (рис.5.). Вторичный цементит в заэвтектоидной стали, занимает незначительную по величине площадь, и определить ее на глаз затруднительно, поэтому методом, которым определяют содержание углерода в доэвтектоидных сталях, не пользуются. Однако приблизительно содержание углерода в заэвтектоидных сталях определить можно. Например, пусть поля шлифа содержит 90% перлита и 10% вторичного цементита. Зная, что углерод находится как в перлите, так и цементите, составим уравнение для перлита:

100% п - 0,8% C $X_1 = 0,72\% C$ 90% п - X_1 для цементита: 100% ц - 6,67%

Таблица 1.

Марки стали	Массовая доля элементов, %		
	C	Mn	Si
Ст0	> 0,023	—	—
Ст1кп	0,06 — 0,12	0,25 — 0,50	> 0,05
Ст1пс	0,06 — 0,12	0,25 — 0,50	0,05 — 0,15
Ст1сп	0,06 — 0,12	0,25 — 0,50	0,15 — 0,30
Ст2кп	0,09 — 0,15	0,25 — 0,50	> 0,05
Ст3пс	0,14 — 0,22	0,30 — 0,60	0,05 — 0,15
Ст4сп	0,18 — 0,27	0,40 — 0,70	0,15 — 0,30
Ст5сп	0,28 — 0,37	0,50 — 0,80	0,15 — 0,30
Ст6пс	0,38 — 0,49	0,50 — 0,80	0,05 — 0,15

Аустенит (А) - твердый раствор внедрения углерода в гамма-железе.

Феррит (Ф) - твердый раствор внедрения углерода в альфа-железе.

Цементит (Ц) - химическое соединение железа с углеродом (Fe_3C).

Ледебурит (Л) - эвтектическая смесь аустенита и цементита.

Перлит (П) - эвтектоидная смесь феррита и цементита.

Задание:

Определить содержание углерода расчетным путем в доэвтектоидной, заэвтектоидной стали при определенном содержании перлита и цементита вторичного и показать на диаграмме.

I вариант:

$$C = \frac{F_n \cdot 0,8\%}{100}$$

1) $F_{n1} = 15\%$; $C = ?$

2) Поле шлифа в заэвтектоидной стали содержит 85% перлита, 15% цементита вторичного:

Уравнение для перлита: Уравнение для цементита:

100%п - 0,8%С 100%ц - 6,67%С

85%п - x_1 15%ц - x_2

$X_{общ.} = x_1 + x_2$

II-вариант

1) $F_{n2} = 30\%$; $C=?$

2) Поле шлифа в заэвтектоидной стали содержит 89% перлита, 11% цементита вторичного:

Уравнение для перлита: Уравнение для цементита:

$100\% \text{п} - 0.8\% \text{C}$ $100\% \text{ц} - 6.67\% \text{C}$

$89\% \text{п} - x_1$ $11\% \text{ц} - x_2$

$X_{\text{общ.}} = x_1 + x_2$

Содержание отчета:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Участок диаграммы состояния Fe - Fe₃C для сталей, с содержанием углерода до 2,14%.
4. Расчетное содержание массовой доли углерода по структуре расчетным путем и определение марки углеродистой стали по таблице 1.
5. Рисунок микроструктуры стали.

Контрольные вопросы:

1. Содержание углерода в доэвтектоидной стали?
2. Содержание углерода в заэвтектоидной стали?
3. Что такое отжиг?
4. Что такое закалка?
5. При закалке меняется ли структура стали?
6. Что такое нормализация и чем она отличается от отжига?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Тема: Изучение структуры и свойств сталей после термической и химико-термической обработки

Цель: изучить структуры и свойства сталей после термической и химико-термической обработки

Оборудование:

- металлографический микроскоп;
- твердомер типа ТК (прибор Роквелла);
- полировальный станок;
- набор микрошлифов закаленные и отпущенные образцы;
- фотографии микроструктур сталей и чугунов;
- пинцет;
- реактив для травления;
- шлифовальная и микронная шкурка;
- циркуль и линейку.

Справочный материал

Все превращения в сплавах, происходящие по диаграмме состояния железо-углерод, протекают при медленном охлаждении; они успевают полностью завершиться при температурах, указанных на диаграмме, вследствие чего получаются равновесные структуры. Скорость охлаждения при термической обработке имеет большое значение.

Аустенит при быстром непрерывном охлаждении распадается с образованием следующих структур: сорбита, троостита и мартенсита.

При скоростях охлаждения до 50 С в 1 сек. распавшийся аустенит образует структуру сорбит. Твердость сорбита НВ 250-350. Структура сорбита встречается в конструкционных сталях после закалки с охлаждением в масле и после закалки и высокого отпуска (рис.34).

При скоростях охлаждения до 80-100 С в 1 сек. Образуется тростит. Твердость троостита НВ 350-500. Структуру троостита могут иметь конструкционные стали, закаленные с охлаждением в масле и закаленные и отпущенные при температуре 350-450 С (рис.35)

При скоростях охлаждения 150-180 С в 1 сек образует мартенсит, который характеризуется игольчатым старением, большой хрупкостью и твердостью НВ500-650 (рис.36а).

Структура стали, получающаяся после термической обработки, зависит не только от скорости охлаждения, но и от температуры нагрева.

Термической обработкой стали и других конструкционных материалов называется технологический процесс тепловой обработки заготовок, деталей машин и инструмента, в результате которой изменяется микроструктура материала, а вместе с ней механические, физико-химические и технологические свойства. Процессы термической обработки конструкционных материалов

связаны с аллотропными превращениями (полиморфизмом), а также с изменением химического состава материала изделия.

Термической обработке подвергают заготовки, поковки, штамповки, а также готовые детали и инструмент для придания им необходимых свойств: твердости, прочности, износостойкости, упругости, снятия внутренних напряжений, улучшения обрабатываемости.

Сущность термической обработки заключается в нагреве металла до температуры, которая несколько выше или ниже критических температур, выдержке при этих температурах и быстром или медленном охлаждении. В процессе охлаждения в структуре металла происходят аллотропные изменения, вследствие которых резко изменяются механические свойства. При быстром охлаждении увеличиваются твердость, износостойкость, упругость и т. д., при медленном охлаждении — пластичность, ударная вязкость, обрабатываемость. Кроме того, существует термическая обработка, связанная с изменением химического состава материала изделия, так называемая химико-термическая обработка.

Режим термической обработки. Процесс термической обработки с целью изменения структуры и механических свойств состоит из операций нагрева изделия, выдержки при данной температуре и охлаждения с определенной скоростью. Параметрами технологического процесса термической обработки будут максимальная температура нагрева сплава, время выдержки при данной температуре и скорости нагрева и охлаждения.

Нагрев стали — это одна из основных операций термической обработки, от которой зависят фазовые и структурные превращения, изменения физических и механических свойств, поэтому режим нагрева является определяющим для получения конкретных характеристик сплава. В практике различают технически возможную и технически допустимую скорости нагрева для каждой детали или партии деталей.

Технически возможная скорость нагрева зависит от способа нагрева, типа нагревательных устройств, формы и расположения изделий, массы одновременно нагреваемых деталей и других факторов.

Технически допустимая, или технологическая, скорость нагрева зависит от химического состава сплава, структуры, конфигурации изделия и интервала температур, при которых ведется нагрев. Время выдержки — это время, необходимое для полного выравнивания температур по всему объему изделий и соответственно для завершения всех фазовых и структурных превращений.

Охлаждение — это завершающий процесс, осуществляемый с целью получения нужной структуры с необходимыми механическими свойствами.

В зависимости от температуры нагрева и скорости охлаждения различают следующие основные виды термической обработки: отжиг, нормализация и закалка с последующим отпуском.

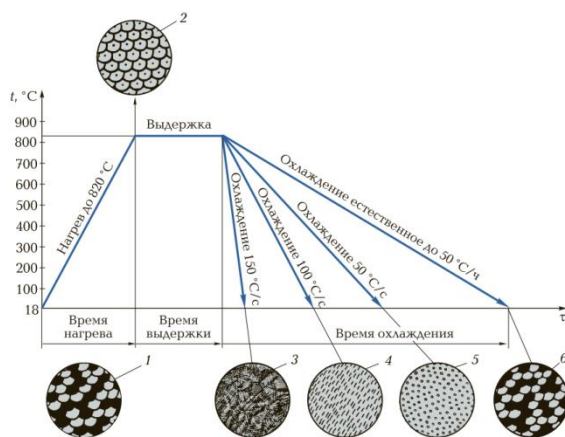


Рис. 1. Микроструктуры, полученные в результате нагрева и охлаждения стали марки 40 с различной скоростью: 1 — перлит + феррит; 2 — аустенит; 3 — мартенсит; 4 — троостит; 5 — сорбит; 6 — феррит + перлит

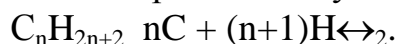
Химико-термической обработкой (ХТО) называют технологические процессы, приводящие к диффузионному насыщению поверхностного слоя деталей различными элементами. ХТО применяют для повышения твердости, износостойкости, сопротивления усталости и контактной выносливости, а также для защиты от электрохимической и газовой коррозии. При ХТО деталь помещают в среду, богатую насыщающим элементом. При ХТО происходят три элементарных процесса: диссоциация, абсорбция и диффузия. Диссоциация протекает в газовой среде и состоит в распаде молекул и образовании активных атомов диффундирующего элемента. Степень распада молекул газа называется *степенью диссоциации*. Абсорбция происходит на границе «газ–металл» и заключается в поглощении поверхностью металла насыщающего элемента. Под *диффузией* понимают проникновение элемента вглубь насыщаемого металла. В результате ХТО образуется диффузионный слой.

Наибольшая концентрация насыщаемого элемента наблюдается на поверхности изделия, по мере удаления от поверхности она снижается. Фазовые и структурные изменения, происходящие при ХТО в диффузионном слое, и его строение определяются изотермическим разрезом диаграммы состояния «обрабатываемый металл – насыщающий элемент» при температуре диффузионного насыщения.

Наиболее распространенными видами химико-термической обработки являются *цементация, азотирование, цианирование (нитроцементация), борирование, хромирование*.

Цементация стали. Технологический процесс диффузионного насыщения углеродом называется **цементацией**. Цель цементации – получить детали машин и механизмов с твердой и износоустойчивой поверхностью при сохранении вязкой, хорошо выдерживающей динамические нагрузки сердцевины. Цементированные изделия предназначены для работы при знакопеременных нагрузках и в условиях трения и износа. Цементации

подвергают зубчатые колеса, валы, оси, распределительные валики, кулачки, червяки, изготовленные, как правило, из малоуглеродистой стали с содержанием углерода не более 0,3 %. Цементация проводится путем нагрева и длительной выдержки деталей в науглероживающей среде при температуре аустенитного состояния стали (900–950 °С). Цементацию наиболее часто осуществляют в газовой среде или в твердом карбюризаторе. При газовой цементации образование атомарного углерода происходит в результате диссоциации предельных углеводородов



При цементации в твердом карбюризаторе атомарный углерод образуется в результате диссоциации оксида углерода



Азотированием называется процесс поверхностного насыщения стали азотом. Оно применяется в целях повышения твердости, износостойкости и предела усталости, а также коррозионной стойкости деталей машин. Процесс азотирования проводится при 480–650 °С в течение 1–90 ч в среде газообразного аммиака, диссоциирующего по реакции



Твердость обычных конструкционных сталей после азотирования невысока. Для повышения **усталостной прочности** азотируют обычные конструкционные хромоникелевые стали.

С целью повышения коррозионной стойкости азотированию могут подвергаться любые стали. Процесс проводится при 600–700 °С в течение 0,5–1,0 ч. Коррозионная стойкость повышается в результате образования на поверхности изделия сплошной зоны из

Азотирование является окончательной обработкой. Термическая обработка – улучшение, заключающаяся в закалке и высоком отпуске, предшествует азотированию. Азотированию подвергают такие детали, как гильзы гидроцилиндров и коленчатые валы дизелей, валы, шпиндели, ходовые винты и трубчатые изделия в станкостроении, зубчатые колеса.

Цианированием называется процесс одновременного насыщения поверхности деталей углеродом и азотом. Различают высокотемпературное и низкотемпературное цианирование.

Высокотемпературное цианирование проводят при 800–900 °С. Цель его повысить твердость, износостойкость и усталостную прочность деталей машин из малоуглеродистых и среднеуглеродистых простых и легированных сталей. После высокотемпературного цианирования следует закалка и низкий отпуск.

Низкотемпературное цианирование проводят при 540–580 °С и применяют в основном для повышения стойкости окончательно термически обработанного инструмента из быстрорежущей стали.

Газовое цианирование называют нитроцементацией. Этот процесс осуществляют в смеси науглероживающих и азотирующих газов. В качестве науглероживающего может быть любой газ, применяемый при газовой цементации. Азотирующим газом является аммиак. Структура цианированного

слоя определяется количеством углерода и азота, находящихся в нем. На состав и свойства цианированного слоя особое влияние оказывает температура цианирования. Повышение ее увеличивает содержание углерода в слое, снижение – увеличивает содержание азота.

Борирование – это диффузионное насыщение поверхностного слоя бором. Процесс проводится с целью повышения поверхностной твердости и износостойкости, а также коррозионной стойкости. Наиболее перспективны для промышленного использования борирования в порошкообразных смесях, в расплавах солей и газовое борирование.

Твердое борирование проводят в порошковых смесях на основе технического карбида бора (B_4C) или в металлотермических смесях, основу которых составляют оксид бора (B_2O_3) и алюминий.

Борирование в расплавах солей и окислов делится на электролизное и безэлектролизное.

Газовое борирование проводят в среде, полученной разложением газообразных соединений бора. Борирование используют для упрочнения различных деталей машин, технологической оснастки и инструмента, работающих в условиях интенсивного износа.

Хромирование – это процесс диффузионного насыщения поверхностных деталей хромом. Хромирование железа и сталей с содержанием углерода менее 0,2 % проводят с целью повышения коррозионной стойкости в различных агрессивных средах и жаростойкости. Стали с содержанием углерода более 0,3 % подвергают хромированию прежде всего для повышения твердости и износостойкости, а также коррозионной стойкости и жаростойкости.

Задания:

1. Определить твердость исследуемого образца (сталь 45) используя твердомер типа ТК или ТШ, если она не была определена ранее.
2. Изготовить шлиф
3. Протравить шлиф 2 или 4%-ным спиртовым раствором азотной кислоты.
4. Настроить микроскоп, на увеличение в 250-500 раз и установить исследуемый микрошлиф на предметный столик микроскопа.
5. Зарисовать видимые под микроскопом микроструктуры, указать стрелками различные структурные составляющие и их наименование .указать увеличение.
6. Сопоставить данные микроанализа с режимами термической обработки и полученной твердостью.

Таблица.1. Протокол записи выполненной работы

№ п/п	Марка стали	Твердость исследуемых образцов	Термическая обработка	Схема микроструктуры (зарисовать)

Методические указания

Микроструктура цементованной стали. В цементованной стали содержание углерода уменьшается от поверхности к сердцевине. В соответствии с таким изменением химического состава получается распределение структурных составляющих.

№ п\п	Наименование и марка сталей	Обработка	Микроструктура		Свойства, применение
			Зарисовка (микрострукт уры стали)	Наименован ие	
1					
2.					

Контрольные вопросы:

1. Сущность термической обработки?
2. Назначение каждого вида термической обработки.
3. Сущность химико-термической обработки, виды ,назначение.
4. Как увеличить прочность материала молота.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: Изучение структуры и свойств легированных сталей

Цель работы: научиться производить микроанализ легированных сталей и сплавов, установить связь между структурой, термообработкой и свойствами.

Оборудование: металломикроскоп (МИМ – 6 или МИМ – 7); набор микрошлифов легированных конструкционных и инструментальных сталей; полировально-шлифовальную установку; реактивы для травления и пасту ГОИ; ванночки для травления; вату и спирт для просушки шлифов; альбом с фотографиями микроструктур легированных, конструкционных и инструментальных сталей.

Справочный материал

Микроструктура легированных сталей в отожженном и нормализованном состояниях определяется взаимодействием легирующего элемента с железом и углеродом и количественным соотношением легирующего элемента и углерода в стали.

Легирующие элементы оказывают различные влияния на устойчивость α – и γ – растворов железа.

Так, например, углерод, марганец, никель и некоторые другие элементы повышают точку A_4 и снижают точку A_3 , расширяя тем самым область γ – фазы и сужая область α – фазы. Вольфрам, кремний, хром, ванадий и другие элементы снижают точку A_4 и повышают точку A_3 , что приводит к сужению области γ – фазы и расширению области α – фазы.

По взаимодействию с углеродом легирующие элементы могут быть разделены на следующие группы:

1. Элементы, не образующие карбиды: никель, медь, кремний, кобальт.
2. Элементы, образующие прочные карбиды: хром, марганец, молибден, вольфрам, титан и др. Карбиды этих элементов характеризуются большой устойчивостью по сравнению с карбидом железа (цементитом).

Содержание работы

1. Изучить и зарисовать микроструктуры образцов стали и сплавов, предложенных для изучения (указать марку, химический состав, обработку, структурные составляющие).
2. Изучить микроструктуры стали Р18Д2ХН3А, 1Х18Н9Т и превращения, имеющие место при соответствующей термической обработке.
3. Указать перечень легирующих компонентов наиболее часто вводимых в состав стали и их влияние на изменение свойств сталей.

Легирующие элементы, как правило, тормозят рост зерна аустенита при нагреве, поэтому легированную сталь можно обрабатывать в более широком интервале, чем углеродистую, не опасаясь перегрева.

Состав, марки и классы сталей, рекомендуемые для микроскопического исследования, могут быть следующие.

Хромоникелевая сталь 12ХН3А. Химический состав: 0,1 – 0,16% С; 0,3 – 0,6% Мп; 0,6 – 0,9% Cr; 2,8 – 3,2% Ni.

Сталь цементуемая. Хром специальных карбидов в стали не образует, а легирует феррит и цементит. Никель полностью растворяется в феррите.

После цементации сталь подвергается термической обработке. Структура поверхностного слоя стали 12ХН3А – мартенсит и остаточный аустенит (светлые мелкие зерна) Рисунок 1.

Структура сердцевины – мартенсит.

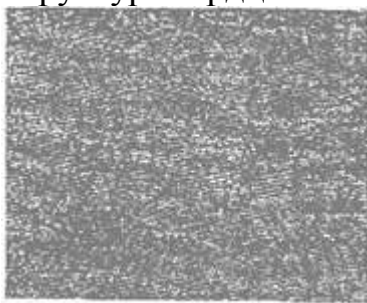


Рисунок 1 - Сталь 12ХН3А после закалки с 860°С и отпуска при 150°С (край). Травление- 4%-ным раствором HNO_3 в спирте..X500

Рисунок 2 - То же самое, что на рисунке 1, (сердцевина).

Хромоникелевая сталь 1Х18Н9Т. Химический состав: 0,12% С; 17 – 20% Cr; до 0,8% Ti, 8 – 11% Ni.

Микроструктура стали после закалки состоит из зерен аустенита с наличием двойников и небольшого количества карбидов TiC рисунок 3.

Легирующие компоненты в стали влияют следующим образом: хром придает коррозионную стойкость, никель создает аустенитную структуру, а титан предотвращает межкристаллическую коррозию, которая нарушает связь между зернами.

Сталь 1Х18Н9Т кислотостойкая, не поддающаяся межкристаллической коррозии.



Рисунок 3 - Нержавеющая сталь 1X18П9Т. Закалка с 1080° С в воде. Зерна аустенита и карбида TiC. Травление в растворе 3 части HCl и 1 часть HNO₃. x100.

Марганцовая сталь Г13. Химический состав: 1,0 – 1,3% C; 12 – 14% Mn.

При комнатной температуре в условиях равновесия в сплаве должны присутствовать две фазы: γ – раствор и карбид марганца (Mn₃C).

При высоких температурах присутствует только γ – раствор. Получение состояния, отвечающего диаграмме фазового равновесия в присутствии высокого содержания марганца очень затруднительно, так как марганец способствует резкому переохлаждению аустенита. В литом состоянии микроструктура стали характеризуется аустенитом и карбидом.

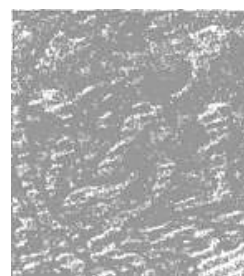


Рисунок 4 - Микроструктура образца стали Г13 после закалки. Травление царской водкой с глицерином. X150.

Рисунок 5 - Микроструктура - образца стали марки Р18 после литья. Травление 3%-ным раствором азотной кислоты. X 2000

После закалки от температуры 1000 – 1050° С с охлаждением в воде фиксируется аустенитная структура, что сообщает изделию, изготовленному из этой стали, высокую стойкость при истирании и высокую пластичность. Микроструктура образца стали Г13 после закалки приведена на рис. 4. На зернах аустенита имеются линии сдвига, образование которых объясняется тем, что эта сталь легко наклепывается даже при малых степенях деформации, имеющей место при изготовлении шлифа.

Инструментальная быстрорежущая сталь Р18. Химический состав: 0,7 – 0,8% C; 3,8 – 4,4% Cr; 17,5 – 19,0% W; 1,0 – 1,4% V; 0,4% Mn; 0,4% Si.

На рис. 5 показана микроструктура образца в сыром состоянии. Она характеризуется ледебуритной составляющей и аустенитом.

Микроструктура стал послековки и отжига, приведенная на рис. 6, характеризуется сорбитом и карбидами.

После закалки с высоких температур микроструктура состоит из зерен аустенита, находящегося в стадии распада на мартенсит, небольшого количества карбидов, преимущественно первичных, не перешедших при нагреве под закалку в твердый раствор рис. 7.

После тройного отпуска аустенит распадается и микроструктура характеризуется мартенситом и карбидами рис. 8.



Рисунок 6 - Микроструктура образца стали -P18 после прокатки и отжига. Травление 3%-ным раствором азотной кислоты. X2000



Рисунок 7 - Микроструктура образца стали P18 после закалки. Травление царской водкой с глицерином. X1600

Сплавы на никелевой основе. С очень многими элементами никель образует двойные и тройные твердые растворы ($\text{Ni} - \text{Fe}$, $\text{Ni} - \text{Cr} - \text{Ti}$, $\text{Ni} - \text{Cr} - \text{Mo}$) и промежуточные фазы, которые обладают ценными свойствами. В качестве добавки к никелю используется медь, алюминий, хром, железо, титан в количествах, обеспечивающих получение устойчивости структуры твердого раствора. Например, сплавы типа нихрома идут для изготовления элементов сопротивления, нагревателей, термопар.

После закалки и старения рис. 9 структура состоит из зерен твердого хрома и других элементов в никеле с наличием следов двойникования и небольшого количества карбидов титана TiC .

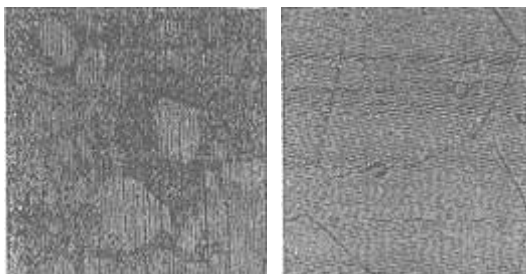


Рисунок 8 - Микроструктура образца стали P18 после закалки и тройного отпуска. Травление царской водкой с глицерином. X2000

Рисунок 9 - Сплав ХН80Т. Закалка с 1080°C и старение при 700°C . X600

Порядок выполнения работы

Ознакомились с целью, заданием и методическими указаниями к лабораторной работе. Установить нужное увеличение для стальных образцов. Пользуясь фотографиями микроструктур и схемами зарисовок проанализировать структурные составляющие легированных конструкционных сталей. Сделать их зарисовки.

Задания:

1. Исследовать образцы сплавов и дать характеристику структур исследуемых сталей.
2. Зарисовать структуры сталей.

Контрольные вопросы

1. Что называется легированной сталью?
2. Какие требования предъявляются к конструкционным сталям?
3. Перечислите стали которые входят в разряд конструкционных?
4. Где применяются хромистые стали?
5. Какие стали называют быстрорежущими? Определите область их применения.
6. Расшифруйте следующие марки сталей: ХН77ТЮР, ХН55ВМТФКЮ, 40Х9С2, 30ХГСА.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Тема: Определение причины возникновения дефекта детали.

Цель: закрепить полученные знания по изучению причины возникновения дефекта детали

Оборудование: образцы различных деталей машин для определения причины возникновения дефекта детали; средства измерения размеров и форм деталей

Справочный материал

Причины дефектов в деталях и конструкциях

Дефекты в материале и деталях могут появляться как при изготовлении, так и в процессе эксплуатации. При нарушении технологий изготовления отливок и плавления металла возможно образование таких дефектов, как окислы, шлаковые включения, усадочные раковины, поры, рыхлости, трещины. В процессе обработки деталей давлением могут появиться трещины, расслоения, закаты, заливы, флокены, волосовины и др. В результате термической обработки, которой часто сопровождается изготовление деталей, могут происходить обезуглероживание поверхностных слоев металла, снижение твердости, перегрев, пережог, образование хрупких участков, изменение структуры, появляются закалочные трещины. Дефекты механической обработки выражаются в нарушении требований к шероховатости поверхности, образования шлифовочных трещин, подрезов и др.

Часто процесс изготовления конструкции сопровождается деформацией материала, при которой в определенных условиях могут появиться трещины, риски, забоины. При сварочных работах возможны дефекты, присущие сварке; трещины в шве и околошовной зоне, изменение структуры и механических свойств в околошовной зоне, непровары, подрезы шва, шлаковые включения.

Во время эксплуатации детали и конструкции деформируются, изнашиваются, поражаются коррозией и эрозией, в них образуются трещины, изменяются структура и механические свойства металла. Все эти дефекты могут располагаться на поверхности, под поверхностью или в глубине изделия. При этом они носят местный характер, охватывая ограниченные участки изделия, либо равномерно или неравномерно охватывают все изделие.

Потеря работоспособности деталей машин и механизмов может происходить быстро или медленно в зависимости от режимов работы, характера изнашивания и повреждений.

Ниже приводится классификация возможных дефектов деталей и конструкций и причины их возникновения.

Изнашивание: уменьшение прочностных размеров; изменение формы (овальность, конусообразность, бочкообразность и др.); увеличение масляных зазоров; питтинги (оспины) на поверхности — в результате трения; наработки {уступы на рабочей поверхности} — при неполном истирании поверхности

металла; повреждение поверхности трения (задиры, царапины, забоины, риски) — при попадании на поверхность трения абразивных частиц и другие причины.

Коррозионное разрушение:

при электрохимической коррозии — сплошная коррозия (равномерная, неравномерная, структурно избирательная) и местная пятнистая, язвенная, межкристаллитная, коррозионное растрескивание под напряжением) — в результате электрохимического коррозионного разрушения при наличии агрессивной внешней среды и влаги;

при химической коррозии — окалина, пузыри, рыхлость металла, отслоения, разрывы при трении, растрескивание по углам или острым кромкам, обезуглероживание (диффузия атомов углерода протекает с большей скоростью, чем окисление поверхности); водородная хрупкость с образованием трещин вокруг зерен и структурные превращения — вследствие коррозии поверхности под воздействием агрессивной атмосферы без наличия влаги; утонение элементов конструкций и уменьшение размеров деталей: разрыв клапанных соединений — при коррозии.

Эрозионное разрушение:

при газовой эрозии — унос массы вещества с образованием микро-рельефа; разрушение межкристаллитного вещества тонкого поверхностного слоя, каверны, изъязвления, борозды, раковины, трещины; структурные превращения металла — вследствие разрушения поверхности под действием потока газов;

при кавитационной эрозии — разъедание, выкрашивание, каверны, борозды, язвы, трещины — в результате разрушения поверхности при обтекании потоками жидкости с возникновением явления кавитации;

при абразивной эрозии — царапины, микрогребни, выкрашивание — вследствие разрушения поверхности под воздействием жидкости либо газового потока вместе со взвешенными в нем абразивными частицами.

Остаточные деформации деталей и конструкций:

гофрировка, вмятины {деформация наружной обшивки корпуса} — при механических повреждениях; проседание, провисание, коробление деталей типа валов (гребные, коленчатые валы, валы роторов турбин, штоки и т. д.) — в результате механических и термических напряжений, недостатков сборки, теплового воздействия;

скручивание деталей типа валов — при механических напряжениях, тяжелых условиях эксплуатации.

Дефекты сварки:

дефекты подготовки и сборки изделий под сварку {неправильные углы скоса при разделке кромок, непостоянство угла скоса кромок по длине, неправильное притупление по длине соединяемых кромок, непрасильные зазоры между кромками; дефекты формы и отклонения в размерах сварных швов (неправильная ширина по длине, неравномерная высота усиления, бугры, седловины); наружные дефекты швов (наплывы, подрезы, незаполненные кратеры, прожоги, газовые поры, трещины, перекосы); внутренние

дефекты швов (газовые пиры, шлаковые включения, несправы, трешины), дефекты состава и структуры швов (перегрев, пережог).

Задания:

1. Дать подробное описание заданных способов выявления дефектов.
2. Образцы различных деталей машин для определение причины возникновения дефекта детали
3. Заполнить ведомость дефектов в соответствии с задачей

Контрольные вопросы

1. Каковы причины возникновения дефектов?
2. Перечислить виды дефектов деталей.
3. Назовите причины возникновения коррозионного разрушения.
4. Назовите дефекты остаточные деформации деталей.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Тема: Изучение влияния температуры на механические свойства пластмасс

Цель: исследовать влияние повышенных и пониженных температур на механические свойства полимерных материалов.

Оборудование: образцы полимерных материалов (термопластичных и термореактивных), термошкаф, эксикатор, весы, испытательная машина, тензометр механический, штангенциркуль.

Справочный материал

Пластмассами называют материалы, изготавливаемые на основе полимеров. Пластмассы сочетают в себе разнообразные ценные качества, такие как лёгкость, прочность, химическая

стойкость и др., которые обусловили проникновение их в различные отрасли народного хозяйства. Кроме полимеров (их часто называют смолой) в пластмассах почти всегда содержатся другие компоненты, придающие материалу определённые качества. Полимерное вещество является для них связующим.

В пластмассы входят наполнители (древесная мука, ткань, асбест, стекловата и др.), которые улучшают их механические свойства.

Пластификаторы – повышают эластичность, устраняют хрупкость.

Стабилизаторы – способствуют сохранению свойств пластмасс в процессе их переработки и использования; красители придают необходимую окраску.

Обычные способы получения полимеров – это реакции полимеризации, лежащие в основе получения термопластичных пластмасс, и реакции поликонденсации, лежащие в основе получения термореактивных пластмасс.

Термопластичные полимеры при нагревании размягчаются и в этом состоянии легко изменяют форму, которую сохраняют при охлаждении. При следующем нагревании они снова размягчаются и могут принимать новую форму.

Термореактивные полимеры при нагревании сначала становятся пластичными, при дальнейшем нагревании утрачивают пластичность, становятся неплавкими. Повторно переработать такой полимер в новое изделие невозможно.

Наиболее типичными способами получения изделий из термопластичных пластмасс является литьё под давлением и экструзия (выдавливание), а из термореактивных пластмасс – горячее прессование.

Изделия из полимерных материалов при эксплуатации подвергаются воздействию температур (повышенных или пониженных) в зависимости от условий окружающей среды. Поэтому определение влияния данного фактора на механические свойства полимерных материалов является важным процессом.

Изменение свойств материала при воздействии температур в обычных условиях занимает продолжительный промежуток времени, поэтому для

ускорения процесса термического старения в лабораториях создают искусственные условия воздействия температур.

Оценка степени старения проводится по коэффициенту старения, который показывает степень снижения тех или иных свойств материала.

Задание 1. Определить влияние повышенных температур

Берут образцы материала в виде лопаток и брусков (приложение 8–10) в количестве трех для каждой температуры.

Выдерживают образцы при температурах, не превышающих температуры эксплуатации в соответствии с режимами по табл. 1.

Таблица 1

Материал	Температура, °С	Время выдержки, ч.
Полиэтилен высокого давления (ПЭВД)	30; 40; 50	0,5; 1; 2; 16; 72; 96
Полиэтилен низкого давления (ПЭНД)	30; 40; 50	0,5; 1; 2; 16; 72; 96
Полипропилен (ПП)	30; 40; 55; 70	0,5; 1; 2; 16; 72; 96
Полиамид (ПА)	30; 40; 55; 70	0,5; 1; 2; 16; 72; 96
Полиэтилентерефталат (ПЭТФ)	30; 40; 55; 70; 85	0,5; 1; 2; 16; 72; 96

Подвергшиеся температурному старению образцы материала исследуют по внешнему виду и определяют предел прочности, модуль упругости и относительное остаточное удлинение при разрыве, предел прочности при статическом изгибе, ударную вязкость по стандартным методикам для испытаний полимерных материалов (приложение 8–10).

Сравнивают полученные результаты с соответствующими показателями необработанных образцов и определяют коэффициент старения K_τ по формуле

$$K_\tau = \frac{A_1}{A_0},$$

где A_0 , A_1 – показатели, характеризующие свойство материала до старения и после него соответственно.

За результат принимают среднее арифметическое значение не менее трех параллельных измерений для показателей, отличающихся не более чем на 5%.

Делают вывод о влиянии температурных воздействий и их продолжительности на механические свойства полимерных материалов.

Экспериментальные данные по определению механических свойств оформляют в виде протоколов (приложения 8–10).

Сравнительные результаты эксперимента представляют в виде табл.2 и графиков зависимости свойств от температуры и времени выдержки.

Таблица 2

№ п/п	Материал	Показатель свойств до старения A_0	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Время выдержки, ч	Показатель свойств после старения A_1	K_{τ}
1						
...						

Задание2. Определить влияние пониженных температур

Берут образцы материала в виде лопаток и брусков (приложение 8–10) в количестве трех для каждой температуры.

Выдерживают образцы при пониженных температурах в соответствии с режимами по табл.3.

Таблица 3

Материал	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Время выдержки, ч
Полиэтилен высокого давления (ПЭВД)	+5; 0; –5; –10; –25	1; 2; 16; 72; 96
Полиэтилен низкого давления (ПЭНД)	+5; 0; –5; –10; –25	1; 2; 16; 72; 96
Полипропилен (ПП)	+5; 0; –5; –10; –25	1; 2; 16; 72; 96
Полиамид (ПА)	+5; 0; –5; –10; –25	1; 2; 16; 72; 96
Полиэтилентерефталат (ПЭТФ)	+5; 0; –5; –10; –25	1; 2; 16; 72; 96

Делают вывод о влиянии температурных воздействий и их продолжительности на механические свойства полимерных материалов

Экспериментальные данные по определению механических свойств оформляют в виде протоколов (приложения 8–10).

Сравнительные результаты эксперимента представляют в виде табл.4 и графиков зависимости свойств от температуры и времени выдержки.

Таблица 4

№ п/п	Материал	Показатель свойств до старения A_0	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Время выдержки, ч	Показатель свойств после старения A_1	K_{τ}
1						
...						

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7

Тема: Изучение свойств неорганических стёкол.

Цель: ознакомиться со свойствами неорганических стёкол, изучить достоинства и недостатки стекол.

Оборудование: наборы различных образцов неорганических стёкол, оборудование для изучения свойств неорганических стёкол

Справочный материал

Стекло — неорганическое изотропное вещество, материал, известный и используемый с древнейших времён. Существует и в природной форме, в виде минералов (обсидиан — вулканическое стекло), но в практике — чаще всего, как продукт стеклоделия — одной из древнейших технологий в материальной культуре. Структурно — аморфное вещество, агрегатно относящееся к разряду — твёрдое тело/жидкость. В практике присутствует огромное количество модификаций, подразумевающих массу разнообразных утилитарных возможностей, определяющихся составом, структурой, химическими и физическими свойствами.

Независимо от их химического состава и температурной области затвердевания, стекло обладает физико-механическими свойствами твёрдого тела и сверхвязкой жидкости (течёт при нормальных условиях), сохраняя способность обратимого перехода из жидкого состояния в стеклообразное. Однако вязкость стекла при комнатной температуре настолько велика, что не имеет никакого практического значения — текучесть стекла не проявляется сколь-нибудь заметным образом на периодах времени в десятки и сотни лет[25].

В настоящее время разработаны материалы чрезвычайно широкого, поистине универсального диапазона применения, чему служат и присущие изначально (например, прозрачность[26], отражательная способность, стойкость к агрессивным средам, красота и многие другие) и не свойственные ранее стеклу — синтезированные его качества (например — жаростойкость, прочность, биоактивность, управляемая электропроводность и т. д.).

Различные виды стёкол используются во всех сферах человеческой деятельности: от строительства, изобразительного искусства, оптики, медицины — до измерительной техники, высоких технологий и космонавтики, авиации и военной техники. Изучается физической химией и другими смежными и самостоятельными дисциплинами[27].

В твёрдом состоянии силикатные стёкла весьма устойчивы к обычным реагентам (за исключением плавиковой кислоты, расплавов или горячих концентрированных растворов щелочей и расплавов некоторых металлов), и к действию атмосферных факторов. На этом свойстве основано их широчайшее применение: для изготовления предметов быта, оконных стёкол, стёкол для транспорта, стеклоблоков и многих других строительных материалов,

предметов медицинского, лабораторного, научно-исследовательского назначения, и во многих других областях.

Для специальных целей выпускают химически-стойкое стекло, а также стекло, стойкое к тем или иным видам агрессивных воздействий.

Физические свойства стекла

Плотность стекла зависит от химического состава и для обычных строительных стекол составляет 2400...2600 кг/м³. Плотность оконного стекла — 2550 кг/м³. Высокой плотностью отличаются стекла, содержащие оксид свинца («богемский хрусталь») — более 3000 кг/м³. Пористость и водопоглощение стекла практически равны 0 %.

Механические свойства. Стекло в строительных конструкциях чаще подвергается изгибу, растяжению и удару и реже сжатию, поэтому главными показателями, определяющими его механические свойства, следует считать прочность при растяжении и хрупкость.

Хрупкость — главный недостаток стекла.

Твердость стекла, представляющего собой по химическому составу вещество, близкое к полевым шпатам, такая же, как у этих минералов, и в зависимости от химического состава находится в пределах 5...7 по шкале Мооса.

Оптические свойства стекла характеризуются светопропусканием (прозрачностью), светопреломлением, отражением, рассеиванием и др. Обычные силикатные стекла, кроме специальных (см. ниже), пропускают всю видимую часть спектра (до 88...92 %) и практически не пропускают ультрафиолетовые и инфракрасные лучи. Показатель преломления строительного стекла ($n = 1,50...1,52$) определяет силу отраженного света и светопропускание стекла при разных углах падения света. При изменении угла падения света с 0 до 75° светопропускание стекла уменьшается с 90 до 50 %.

Теплопроводность различных видов стекла мало зависит от их состава и составляет 0,6...0,8 Вт/(м•К), что почти в 10 раз ниже, чем у аналогичных кристаллических минералов. Например, теплопроводность кристалла кварца — 7,2 Вт/(м•К).

Коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) стекла относительно невелик (для обычного стекла $9 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹). Но из-за низкой теплопроводности и высокого модуля упругости напряжения, развивающиеся в стекле при резком одностороннем нагреве (или охлаждении), могут достигать значений, приводящих к разрушению стекла. Это объясняет относительно малую термостойкость (способность выдерживать резкие перепады температур) обычного стекла. Она составляет 70...90° С.

Звукоизолирующая способность стекла довольно высока. Стекло толщиной 1 см по звукоизоляции приблизительно соответствует кирпичной стене в полкирпича — 12 см.

Химическая стойкость силикатного стекла — одно из самых уникальных его свойств. Стекло хорошо противостоит действию воды, щелочей и кислот (за исключением плавиковой и фосфорной). Объясняется это тем, что

при действии воды и водных растворов из наружного слоя стекла вымываются ионы Na^+ и Ca^{++} и образуется химически стойкая пленка, обогащенная SiO_2 . Эта пленка защищает стекло от дальнейшего разрушения.

Химический состав стекла

Стандартный состав стекла представляет собой смесь чистого кварцевого песка, извести и соды. Для изменения свойств материала могут использоваться различные добавки. Но все-таки основным составляющим компонентом является именно чистый речной песок. Его количество составляет примерно 75% от всей смеси. Сода позволяет снизить температуру плавления песка почти в 2 раза. Известь защищает стекло от воздействия большинства химических веществ, а также добавляет прочности и блеска.

Дополнительные примеси:

- Марганец (Mn) добавляют в стекло для получения специфического зеленого оттенка. Для получения других цветов может использоваться никель или хром.
- Свинец (Pb) придает стеклу дополнительный блеск и характерный звон. Материал получается более холодным на ощупь. Стекло с примесью свинца называется хрусталь.
- Оксид бора тоже придает материалу дополнительный блеск и прозрачность, при этом понижая коэффициент теплового расширения изделий.

Задания.

1. Изучение видов и основных свойств стекла и стеклоизделий заносятся в таблицу 1 практической работы.

Таблица 1 – Характеристика видов и основных свойств стекла и стеклоизделий

Исследуемые признаки	Терминология	Наблюдательные признаки
Размеры	Указать в мм	
Цвет	Светлокоричневый, светлый, темный, зеленоватый	
Форма	Правильная, неправильная	
Вид поверхности	Рифленая, гладкая, бугристая, узорчатая	
Характерные признаки	Цвет, наличие узора, присутствие арматуры	
Вид стекломатериала	Листовое стекло, стеклоизделие	

Название образца	—	
Область применения	—	

Контрольные вопросы

1. Какими свойствами обладает стекло?
2. Какие разновидности листового стекла применяют в строительстве?
3. Где применяют стеклоблоки и стеклопакеты?
4. Какое стекло и стеклоизделие применяют для отделки интерьеров?
5. Что такое ситаллы и шлакоситаллы?
6. Что относят к облицовочным стеклянным материалам?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

Тема: Изучение структуры порошковых и композиционных материалов

Цель: ознакомиться со структурой порошковых и композиционных материалов, изучить достоинства и недостатки композитов различных по способу полимеризации.

Оборудование: наборы порошковых композиционных материалов, оборудование для изучения структуры порошковых материалов

Справочный материал

Конструкционные порошковые материалы

Конструктивными называют материалы металлического, неметаллического и композиционного генеза, сочетающие в себе комплекс свойств, обеспечивающих возможность применения в машиностроительных отраслях для производства наиболее ответственных узлов и агрегатов.

Порошковые материалы конструкционного назначения – самая распространенная продукция ПМ. Потребность в них сегодня достигает 65% общей востребованности. Обладая набором высоких механических характеристик, они повсеместно используются в машиностроении для производства высоконагруженных шестерен, звездочек, зубчатых колес, червячных пар, клапанов и седел к ним, муфт, фланцев, эксцентриков, накладок, заглушек, храповиков, гаек, ограничителей, кулачков, шайб, крышек, корпусов подшипников, компонентов насосного оборудования и измерительного инструмента, различных дисков, втулок, деталей множества других элементов технических устройств. Некоторые из таких изделий можно видеть на рис. 1.



Рис. 1. Образцы продукции из порошковых материалов конструкционного назначения.

Порошковая металлургия представляет собой совокупность методов изготовления порошков металлов и металлоподобных соединений, полуфабрикатов и изделий из них без расплавления основного компонента.

Методом порошковой металлургии можно получать:

- материалы из металлов, не смешивающихся в расплавленном виде (например, железо—свинец, вольфрам—хром и др.);
- материалы с особой структурой и характеристиками (например, многие пористые металлы для подшипников);
- медно-графитовые щетки для электрогенераторов и электродвигателей.

Основным преимуществом порошковой металлургии является и то, что спекаемые материалы можно производить не только в виде заготовок и полуфабрикатов, но и в виде готовых изделий, не требующих дальнейшей обработки резанием. В частности, к таким изделиям относятся зубчатые колеса для зубчатых передач автомобилей.

По сравнению с другими методами получения деталей — литьем, обработкой давлением, резанием и т. д. — изготовление деталей из спеченных материалов требует наименьших затрат, заводских площадей, оборудования. Автомобильная промышленность является одним из основных потребителей спеченных материалов. Например, для изготовления автомобиля марки ГАЗ необходимо 25—30 кг такого материала.

Применение спеченных материалов позволяет повысить износостойкость, долговечность, коррозионную стойкость изделий, а также снизить трудоемкость и металлоемкость машин и механизмов.

Технология производства спеченных материалов включает в себя следующие операции:

- получение исходных металлических порошков и приготовление из них шихты с заданными химическим составом и технологическими характеристиками;
- формование порошков или их смесей в заготовки (главным образом прессованием);
- спекание, т. е. температурную обработку заготовок при температуре ниже плавления всего металла или основной его части.

Иногда спекают порошки, засыпанные в соответствующие формы, исключая таким образом операцию формования. В ряде случаев формование и спекание объединяют в одну операцию — операцию горячего прессования, т. е. обжатие порошков при нагревании.

Порошки получают механическими или физико-механическими методами. К первым относят измельчение металлов в вихревых, вибрационных и шаровых мельницах или более производительное и экономичное распыление жидких металлов. Ко вторым — химическое восстановление металлов из окислов; электролиз расплавленных солей и др. Основной метод формования — прессование в пресс-формах из закаленной стали под давлением 200—1000 МПа. Частицы порошков для различных изделий имеют размеры от 0,01 до 1000 мкм, а форма частиц зависит от метода получения. Форма частиц порошка влияет на его технологические свойства, насыпную плотность, текучесть (скорость высыпания из воронки). Полученные порошки сортируют по фракциям ситовым методом (от 40 до 1000 мкм и от 0,1 до 40 мкм).

Спекание проводят в защищенной среде (водород; среда, содержащая соединение углерода; высокое разрежение (вакуум); защитные засыпки) при

температуре около 70—85 % от точки плавления, а для многокомпонентных сплавов — несколько выше температуры плавления наиболее легкоплавкого компонента.

Применяют также горячее прессование, при котором изделия не только формуются, но и подвергаются спеканию. Ленту, проволоку и некоторые другие изделия из металлических порошков получают методом прокатки.

Прочность спеченных материалов определяется их относительной плотностью. Для повышения прочности и вязкости в шихту порошков на основе железа вводят порошки меди, никеля, молибдена, хрома, марганца, кремния. Помимо легирования для повышения прочности в шихту вводят до 1 % порошка графита, а после спекания заготовки закаливают или цементируют и заливают.

С помощью порошковой металлургии получают следующие виды изделий:

- компактную металлокерамику;
- металлокерамические твердые сплавы;
- ферриты;
- антифрикционные и фрикционные изделия;
- фильтры.

Компактная металлокерамика представляет собой детали с небольшой остаточной пористостью (например, направляющие втулки клапанов).

Металлокерамические твердые сплавы используют в виде пластинок к режущему инструменту. Некоторые мелкие режущие инструменты (сверла, фрезы) изготовляют целиком из твердых сплавов.

Металлокерамические твердые сплавы имеют очень высокую твердость и сохраняют работоспособность до температуры 1000—1100 °С. Основной составляющей таких сплавов являются карбиды вольфрама, титана, тантала. В качестве связующего применяют кобальт.

ГОСТ 3882—74 устанавливает выпуск металлокерамических сплавов трех групп: вольфрамовой — ВК3, ВК3М, ВК4, ВК4В, ВК6, ВК6М, ВК6В9, ВК8ВК, ВК10, ВК10М, ВК100М, ВК10КС, ВК11В, ВК11ВК, ВК15, ВК20, ВК20КС, ВК20К, ВК25; титановольфрамовой — Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К12; титано-танта-ло-вольфрамовой — ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8Б, ТТ20К9. Массовое содержание компонентов и свойства марок металлокерамических твердых сплавов приведены в табл. 3.4. С увеличением содержания кобальта прочность сплавов возрастает, а твердость и износостойкость уменьшаются. В соответствии с этим и определяется область использования сплавов различных марок.

Сплавы марок ВК3, ВК3М, ВК4, ВК4В, ВК6, ВК6М, ВК60М, ВК6В, ВК10, ВК10М, все сплавы титановольфрамовой и титано-тантало-вольфрамовой групп используют для обработки резанием металлов, пластмасс, камня; сплав ВК15 — для режущих инструментов по дереву.

Буква «М» в маркировке означает мелкозернистую структуру, поэтому более высокую износостойчивость по сравнению с теми же марками нормальной зернистости; буквы «В» или «КС» в конце маркировки указывают

на более высокие эксплуатационную прочность и сопротивление ударам и выкрашиванию вследствие крупнозернистой структуры; буква «О» указывает на содержание 2 % карбида тантала, что несколько повышает твердость и износостойкость сплава.

Ферриты — металлокерамика из порошков триоксида железа (Fe_2O_3) и оксидов других металлов (MnO , TiO , NiO , Nb_2O_5 и др.). Ферриты обладают свойствами полупроводников и являются важнейшими материалами для радиоэлектронных устройств.

Антифрикционные сплавы содержат такие цветные металлы, как олово, свинец, сурьму. Они не могут работать в условиях сухого трения, при большой скорости скольжения, в агрессивных средах и при температурах выше 350°C .

Для изготовления подшипников скольжения, вкладышей, втулок, уплотнителей все более широко применяют спеченные антифрикционные материалы, которые могут работать в таких условиях. Эти материалы характеризуются также низким коэффициентом трения, высокой износоустойчивостью и хорошей прирабатываемостью. Относительная пористость этих материалов (18—25 %) обеспечивает необходимую маслоспособность. Спеченными антифрикционными материалами являются желе-зографит, железозографит—медь, железо—медь, бронзографит.

Фрикционные спеченные материалы применяют в тормозных механизмах. В состав их входят медь, железо, олово, графит, кремний. Эти материалы выдерживают давление до 7 МПа и температуру до 550°C .

Фильтры, спеченные из порошков, по сравнению с фильтрами из других материалов (бумаги, фибры, фетра, металлических сеток, фторопластовых и нейлоновых пористых материалов) отличаются большой прочностью и стабильностью формы, теплостойкостью и теплопроводностью, а также способностью восстанавливаться в процессе эксплуатации (механическая очистка фильтров токами газов или жидкостей, химическая, термическая очистка).

Такие фильтры широко применяют, например, в системе питания двигателя. Пористость фильтров для различных целей колеблется от 30 до 60 %. Различные фильтры задерживают частицы размером от 10 до 1 мкм. Фильтры изготовляют из порошков железа, стали, бронзы, титана; они могут иметь форму лент, труб, стаканов.

Недостатки порошковой металлургии:

- сравнительно высокая стоимость металлических порошков;
- необходимость спекания в защитной среде;
- в некоторых случаях трудность изготовления изделий и заготовок больших размеров;
- сложность получения металлов и сплавов в компактном беспористом состоянии.

Основным требованием, предъявляемым к материалам данной категории, является сочетание повышенных физикомеханических свойств и экономичности. Изделия из конструкционных материалов подразделяются на малонагруженные, средненагруженные и высоконагруженные, а по типу

материала – продукцию на основе черных (стали/чугуны), цветных (сплавы Al, Mg, Ti, Cu и др.) и тугоплавких металлов (W, Mo, Nb, Ta и др.), а также полученную из твердых сплавов металлокерамического генеза, безметаллической порошковой керамики и композитных армированных материалов.

Правильность выбора конструкционных материалов прямо зависит от того, насколько верно учтены особенности их применения в технологическом и эксплуатационном аспектах, последний из которых обусловлен наличием подходящего химсостава и необходимых физико-механических свойств.

К физико-механическим свойствам, зависящим от внутренней структуры и химического состава материала, относят значения:

- прочности;
- плотности;
- твердости;
- тепло- электропроводности;
- теплоемкости;
- T° плавления;
- пластичности/вязкости/упругости;
- хрупкости.

К технологическим свойствам, определяющим степень способности материала поддаваться термомеханической обработке, относят значения:

- деформируемости (ковкости);
- свариваемости;
- обрабатываемости резанием и давлением;
- обрабатываемости термическими способами;
- обрабатываемости методами литья.

К эксплуатационным (служебным) свойствам, востребованным в тех или иных рабочих условиях, относят значения:

- сопротивляемости износу;
- устойчивости к воздействию коррозии;
- устойчивости к температурным факторам (хладостойкость, жаростойкость, жаропрочность и т.п.).

Композиционные материалы.

Композиционный материал – конструкционный (металлический или неметаллический) материал, в котором имеются усиливающие его элементы в виде нитей, волокон или хлопьев более прочного материала. Примеры композиционных материалов: пластик, армированный борными, углеродными, стеклянными волокнами, жгутами или тканями на их основе; алюминий, армированный нитями стали, бериллия. Комбинируя объемное содержание компонентов, можно получать композиционные материалы с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости, абразивной стойкости, а также создавать композиции с необходимыми

магнитными, диэлектрическими, радиопоглощающими и другими специальными свойствами.

Типы композиционных материалов.

1. Композиционные материалы с металлической матрицей.

Композитные материалы или композиционные материалы состоят из металлической матрицы (чаще Al, Mg, Ni и их сплавы), упрочненной высокопрочными волокнами (волокнистые материалы) или тонкодисперсными тугоплавкими частицами, не растворяющимися в основном металле (дисперсно-упрочненные материалы). Металлическая матрица связывает волокна (дисперсные частицы) в единое целое. Волокно (дисперсные частицы) плюс связка (матрица), составляющие ту или иную композицию, получили название композиционные материалы.

2. Композиционные материалы с неметаллической матрицей.

Композиционные материалы с неметаллической матрицей нашли широкое применение. В качестве неметаллических матриц используют полимерные, углеродные и керамические материалы. Из полимерных матриц наибольшее распространение получили эпоксидная, фенолоформальдегидная и полиамидная.

Углеродные матрицы коксованные или пироуглеродные получают из синтетических полимеров, подвергнутых пиролизу. Матрица связывает композицию, придавая ей форму. Упрочнителями служат волокна: стеклянные, углеродные, борные, органические, на основе нитевидных кристаллов (оксидов, карбидов, боридов, нитридов и других), а также металлические (проволоки), обладающие высокой прочностью и жесткостью.

Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, их сочетания, количественного соотношения и прочности связи между ними.

Армирующие материалы могут быть в виде волокон, жгутов, нитей, лент, многослойных тканей.

По виду упрочнителя композитные материалы классифицируют на стекловолкниты, карбоволкниты с углеродными волокнами, борволкниты и органо-волкниты.

В слоистых материалах волокна, нити, ленты, пропитанные связующим, укладываются параллельно друг другу в плоскости укладки. Плоские слои собираются в пластины. Свойства получаются анизотропными. Для работы материала в изделии важно учитывать направление действующих нагрузок. Можно создать материалы как с изотропными, так и с анизотропными свойствами.

Можно укладывать волокна под разными углами, варьируя свойства композиционных материалов. От порядка укладки слоев по толщине пакета зависят изгибные и крутильные жесткости материала.

Применяется укладка упрочнителей из трех, четырех и более нитей. Наибольшее применение имеет структура из трех взаимно перпендикулярных нитей. Упрочнители могут располагаться в осевом, радиальном и окружном направлениях.

Трехмерные материалы могут быть любой толщины в виде блоков, цилиндров. Объемные ткани увеличивают прочность на отрыв и сопротивлению сдвигу по сравнению со слоистыми. Система из четырех нитей строится путем разложения упрочнителя по диагоналям куба. Структура из четырех нитей равновесна, имеет повышенную жесткость при сдвиге в главных плоскостях.

Однако создание четырех направленных материалов сложнее, чем трех направленных.

Классификация композиционных материалов.

1. Волокнистые композиционные материалы.

Часто композиционный материал представляет собой слоистую структуру, в которой каждый слой армирован большим числом параллельных непрерывных волокон. Каждый слой можно армировать также непрерывными волокнами, сотканными в ткань, которая представляет собой исходную форму, по ширине и длине соответствующую конечному материалу. Нередко волокна сплетают в трехмерные структуры.

Композитные материалы отличаются от обычных сплавов более высокими значениями временного сопротивления и предела выносливости (на 50 – 100 %), модуля упругости, коэффициента жесткости и пониженной склонностью к трещинообразованию. Применение композиционных материалов повышает жесткость конструкции при одновременном снижении ее металлоемкости.

Прочность композиционных (волоконных) материалов определяется свойствами волокон; матрица в основном должна перераспределять напряжения между армирующими элементами. Поэтому прочность и модуль упругости волокон должны быть значительно больше, чем прочность и модуль упругости матрицы.

Жесткие армирующие волокна воспринимают напряжения, возникающие в композиции при нагружении, придают ей прочность и жесткость в направлении ориентации волокон.

Для упрочнения алюминия, магния и их сплавов применяют борные, а также волокна из тугоплавких соединений (карбидов, нитридов, боридов и оксидов), имеющих высокие прочность и модуль упругости. Нередко используют в качестве волокон проволоку из высокопрочных сталей.

Для армирования титана и его сплавов применяют молибденовую проволоку, волокна сапфира, карбида кремния и борида титана.

Повышение жаропрочности никелевых сплавов достигается армированием их вольфрамовой или молибденовой проволокой. Металлические волокна используют и в тех случаях, когда требуются высокие теплопроводность и электропроводимость. Перспективными упрочнителями для высокопрочных и высокомодульных волоконных композиционных материалов являются нитевидные кристаллы из оксида и нитрида алюминия, карбида и нитрида кремния, карбида бора и др.

Композиционные материалы на металлической основе обладают высокой прочностью и жаропрочностью, в то же время они малопластичны.

Однако волокна в композиционных материалах уменьшают скорость распространения трещин, зарождающихся в матрице, и практически полностью исчезает внезапное хрупкое разрушение. Отличительной особенностью волокнистых одноосных композиционных материалов являются анизотропия механических свойств вдоль и поперек волокон и малая чувствительность к концентраторам напряжения.

Анизотропия свойств волокнистых композиционных материалов учитывается при конструировании деталей для оптимизации свойств путем согласования поля сопротивления с полями напряжения.

Армирование алюминиевых, магниевых и титановых сплавов непрерывными тугоплавкими волокнами бора, карбида кремния, диоксида титана и оксида алюминия значительно повышает жаропрочность. Особенностью композиционных материалов является малая скорость разупрочнения во времени с повышением температуры.

Основным недостатком композиционных материалов с одно и двумерным армированием является низкое сопротивление межслойному сдвигу и поперечному обрыву. Этому лишены материалы с объемным армированием.

2. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы.

В отличие от волокнистых композиционных материалов в дисперсно-упрочненных композиционных материалах матрица является основным элементом, несущим нагрузку, а дисперсные частицы тормозят движение в ней дислокаций.

Высокая прочность достигается при размере частиц 10-500 нм при среднем расстоянии между ними 100-500 нм и равномерном распределении их в матрице.

Прочность и жаропрочность в зависимости от объемного содержания упрочняющих фаз не подчиняются закону аддитивности. Оптимальное содержание второй фазы для различных металлов неодинаково, но обычно не превышает 5-10 об. %.

Использование в качестве упрочняющих фаз стабильных тугоплавких соединений (оксиды тория, гафния, иттрия, сложные соединения оксидов редкоземельных металлов), нерастворяющихся в матричном металле, позволяет сохранить высокую прочность материала до 0,9-0,95 T [°C]. В связи с этим такие материалы чаще применяют как жаропрочные. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы могут быть получены на основе большинства применяемых в технике металлов и сплавов.

Наиболее широко используют сплавы на основе алюминия – САП (спеченный алюминиевый порошок).

Дисперсно-упрочненные композиционные материалы, так же как волокнистые, стойки к разупрочнению с повышением температуры и длительности выдержки при данной температуре.

3. Стекловолокниты.

Стекловолокниты – это композиция, состоящая из синтетической смолы, являющейся связующим, и стекловолокнистого наполнителя. В качестве наполнителя применяют непрерывное или короткое стекловолокно.

Прочность стекловолокна резко возрастает с уменьшением его диаметра (вследствие влияния неоднородностей и трещин, возникающих в толстых сечениях). Свойства стекловолокна зависят также от содержания в его составе щелочи; лучшие показатели у бесщелочных стекол алюмоборосиликатного состава.

Неориентированные стекловолокниты содержат в качестве наполнителя короткое волокно. Это позволяет прессовать детали сложной формы, металлической арматурой. Материал получается с изотопными прочностными характеристиками, намного более высокими, чем у пресс-порошков и даже волокнитов. Представителями такого материала являются стекловолокниты АГ-4В, а также ДСВ (дозирующиеся стекловолокниты), которые применяют для изготовления силовых электротехнических деталей, деталей машиностроения (золотники, уплотнения насосов и т. д.). При использовании в качестве связующего непредельных полиэфиров получают премиксы ПСК (пастообразные) и препреги АП и ППМ (на основе стеклянного мата). Препреги можно применять для крупногабаритных изделий простых форм (кузова автомашин, лодки, корпуса приборов и т. п.).

Ориентированные стекловолокниты имеют наполнитель в виде длинных волокон, располагающихся ориентированно отдельными прядями и тщательно склеивающихся связующим. Это обеспечивает более высокую прочность стеклопластика. Из них изготовляют детали высокой прочности, с арматурой и резьбой.

4. Карбоволокниты.

Карбоволокниты (углепласты) представляют собой композиции, состоящие из полимерного связующего (матрицы) и упрочнителей в виде углеродных волокон (карбоволокон).

Высокая энергия связи С-С углеродных волокон позволяет им сохранить прочность при очень высоких температурах (в нейтральной и восстановительной средах до 2200 °С), а также при низких температурах. От окисления поверхности волокна предохраняют защитными покрытиями (пиролитическими). В отличие от стеклянных волокон карбоволокна плохо смачиваются связующим (низкая поверхностная энергия), поэтому их подвергают травлению. При этом увеличивается степень активирования углеродных волокон по содержанию карбоксильной группы на их поверхности.

Связующими служат синтетические полимеры (полимерные карбоволокниты); синтетические полимеры, подвергнутые пиролизу (коксованные карбоволокниты); пиролитический углерод (пироуглеродные карбоволокниты).

Карбоволокниты отличаются высоким статистическим и динамическим сопротивлением усталости, сохраняют это свойство при нормальной и очень низкой температуре (высокая теплопроводность волокна предотвращает саморазогрев материала за счет внутреннего трения). Они водо- и химически стойкие. После воздействия на воздухе рентгеновского излучения и почти не изменяются.

Карбостекловолокниты содержат наряду с угольными стеклянные волокна, что удешевляет материал.

5. Карбоволокниты с углеродной матрицей.

Коксованные материалы получают из обычных полимерных карбоволокнитов, подвергнутых пиролизу в инертной или восстановительной атмосфере. При температуре 800-1500 °С образуются карбонизированные, при 2500-3000 °С графитированные карбоволокниты. Для получения пироуглеродных материалов упрочнитель выкладывается по форме изделия и помещается в печь, в которую пропускается газообразный углеводород (метан). При определенном режиме (температуре 1100 °С и остаточном давлении 2660 Па) метан разлагается и образующийся пиролитический углерод осаждается на волокнах упрочнителя, связывая их.

Образующийся при пиролизе связующего кокс имеет высокую прочность сцепления с углеродным волокном. В связи с этим композиционный материал обладает высокими механическими и абляционными свойствами, стойкостью к термическому удару.

6. Бороволокниты.

Бороволокниты представляют собой композиции из полимерного связующего и упрочнителя – борных волокон.

Бороволокниты отличаются высокой прочностью при сжатии, сдвиге и срезе, низкой ползучестью, высокими твердостью и модулем упругости, теплопроводностью и электропроводимостью. Ячеистая микроструктура борных волокон обеспечивает высокую прочность при сдвиге на границе раздела с матрицей.

Помимо непрерывного борного волокна применяют комплексные боростеклониты, в которых несколько параллельных борных волокон оплетаются стеклонитью, придающей формоустойчивость. Применение боростеклонитов облегчает технологический процесс изготовления материала.

Бороволокниты обладают высокими сопротивлениями усталости, они стойки к воздействию радиации, воды, органических растворителей и горючесмазочных материалов.

7. Органоволокниты.

Органоволокниты представляют собой композиционные материалы, состоящие из полимерного связующего и упрочнителей (наполнителей) в виде синтетических волокон. Такие материалы обладают малой массой, сравнительно высокими удельной прочностью и жесткостью, стабильны при действии знакопеременных нагрузок и резкой смене температуры. Для синтетических волокон потери прочности при текстильной переработке небольшие; они малочувствительны к повреждениям.

К органоволокниту значения модуля упругости и температурных коэффициентов линейного расширения упрочнителя и связующего близки.

Органоволокниты устойчивы в агрессивных средах и во влажном тропическом климате; диэлектрические свойства высокие, а теплопроводность низкая. Большинство органоволокнитов может длительно

работать при температуре 100-150 °С, а на основе полиимидного связующего и полиоксидиазольных волокон – при температуре 200-300 °С.

В комбинированных материалах наряду с синтетическими волокнами применяют минеральные (стеклянные, карбо волокна и бороволокна). Такие материалы обладают большей прочностью и жесткостью.

Задания:

1. Определение структуры композитов и порошковых материалов.
2. Изучение структуры композитов, порошковых материалов

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются особенности композитов?
2. Какую структуру имеют композиты?
3. Чем представлена органическая матрица композитов?
4. Чем представлена неорганическая часть композитов, ее объемное соотношение с органической частью?
5. Каков механизм полимеризации химических композитов?
6. Что входит в наборы химических композитов?
7. Преимущества и недостатки композитов химического способа полимеризации.
8. В чем заключаются особенности порошковых материалов?
9. Какие материалы называют порошковыми?
10. Перечислите физико-механические свойства порошковых материалов.
11. Какие виды изделий получают с помощью порошковой металлургии?
12. Какие технологические свойства порошковых материалов вы знаете?

Информационное обеспечение обучения

Печатные издания

Основные учебные издания

1. Алексеев, В. С. Материаловедение : учебное пособие для СПО / В. С. Алексеев. — Саратов : Научная книга, 2019. — 159 с. — ISBN 978-5-9758-1894-2. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/87077>
2. Земсков Ю. П. Материаловедение: учебное пособие для СПО / Ю. П. Земсков, Е. В. Асмолова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-8482-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176895>.
3. Мельников, А. Г. Материаловедение : учебное пособие для СПО / А. Г. Мельников, И. А. Хворова, Е. П. Чинков. — Саратов : Профобразование, 2021. — 223 с. — ISBN 978-5-4488-0919-4. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/99930>
4. Материаловедение: учебник для СПО / А. А. Воробьев, А. М. Будюкин, В. Г. Кондратенко [и др.]. — Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 356 с. — ISBN 978-5-4488-0866-1, 978-5-4497-0618-8. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/96962.html>.
5. Солнцев, Ю. П. Материаловедение: учебник / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин; под редакцией Ю. П. Солнцева. — 7-е изд. — Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2020. — 783 с. — ISBN 978-5-93808-345-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/97813.html>.

Дополнительные учебные издания:

6. Кузьмин, О. В. Материаловедение: учебное пособие / О. В. Кузьмин, В. И. Новиков. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2020. — 118 с. — ISBN 978-5-9227-1075-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/108048.html>.
7. Морозова, Е. А. Основы металловедения и термической обработки металлов: учебное пособие для СПО / Е. А. Морозова, В. С. Муратов. — Саратов: Профобразование, 2021. — 206 с. — ISBN 978-5-4488-1235-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106841.html>.
8. Пасютина, О. В. Материаловедение : учебное пособие / О. В. Пасютина. — 2-е изд., испр. — Минск : РИПО, 2020. — 264 с. — ISBN 978-985-7234-48-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/154173>.

9. Сапунов, С. В. Материаловедение: учебное пособие для СПО / С. В. Сапунов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-7909-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167188>.

10. Тимофеев, И. А. Электротехнические материалы и изделия: учебное пособие для СПО / И. А. Тимофеев. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 268 с. — ISBN 978-5-8114-6836-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/>.

Электронные издания (электронные ресурсы)

11. Электронно-библиотечная система <https://profspo.ru/catalog>
12. Лань: электронно-библиотечная система: <https://e.lanbook.com>
13. Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: <https://book.ru>