

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ «КАМЕНСКИЙ ТЕХНИКУМ СТРОИТЕЛЬСТВА И АВТОСЕРВИСА»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
по дисциплине ОП.03 Материаловедение
по профессии 23.01.17 Мастер по ремонту и обслуживанию
автомобилей.**

Каменск-Шахтинский
2022

СОГЛАСОВАНО

Протокол ЦК «Техника и
технологии наземного транспорта»
от 10.11.2022 г. № 3

ОДОБРЕНО

Протокол методического совета
ГБПОУ РО «КТСиА»
От 16.11.2022 г. № 4

Методические указания по организации и выполнению практических работ по учебной дисциплине ОП.03 Материаловедение разработаны в соответствии с требованиями к результатам обучения ФГОС СПО по профессии 23.01.17 Мастер по ремонту и обслуживанию автомобилей и рабочей программы учебной дисциплины ОП.03 Материаловедение.

Разработчик: Мурлыкина Татьяна Николаевна, преподаватель ГБПОУ РО «КТСиА»

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1 Введение	4-5
2 Общие требования по выполнению лабораторных/практических работ	6
3 Критерии оценивания работ	6
4 Требования к технике безопасности при выполнении лабораторных/практических работ	7
5 Содержание лабораторных/практических работ	8-36

Введение

Практические работы направлены на освоение следующих результатов обучения:

знать:

- основные свойства, классификация, характеристики применяемых в профессиональной деятельности материалов;
- физические и химические свойства горючих и смазочных материалов;
- области применения материалов;
- характеристики лакокрасочных покрытий автомобильных кузовов;
- требования к состоянию лакокрасочных покрытий.

уметь:

- использовать материалы в профессиональной деятельности;
- определять основные свойства материалов по маркам;
- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения.

В результате проведения практических работ студенты приобретают следующий **первоначальный практический опыт** (*только для практических работ при создании условий проведения работ, близких к условиям будущей профессиональной деятельности*):

Вышеперечисленные умения и знания необходимы для формирования следующих профессиональных общих компетенций, согласно ФГОС СПО и программе ОП.03 Материаловедение.

Профессиональные и общие компетенции:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1.	Определять техническое состояние автомобильных двигателей.
ПК 1.2.	Определять техническое состояние электрических и электронных систем автомобилей.
ПК 1.3.	Определять техническое состояние автомобильных трансмиссий.
ПК 1.4	Определять техническое состояние ходовой части и механизмов управления автомобилей.
ПК 1.5.	Выявлять дефекты кузовов, кабин и платформ.
ПК 2.1.	Осуществлять техническое обслуживание автомобильных двигателей.
ПК 2.2	Осуществлять техническое обслуживание электрических и электронных систем автомобилей.
ПК 2.3	Осуществлять техническое обслуживание автомобильных трансмиссий.
ПК 2.4	Осуществлять техническое обслуживание ходовой части и механизмов управления автомобилей.
ПК 2.5	Осуществлять техническое обслуживание автомобильных кузовов.
ПК 3.1	Производить текущий ремонт автомобильных двигателей.
ПК 3.2	Производить текущий ремонт узлов и элементов электрических и электронных систем автомобилей.
ПК 3.3	Производить текущий ремонт автомобильных трансмиссий.
ПК 3.4	Производить текущий ремонт ходовой части и механизмов управления автомобилей.
ПК 3.5	Производить ремонт и окраску кузовов.

ОК 1.	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.
ОК 2.	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.
ОК 3.	. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.
ОК 4.	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.
ОК 5.	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.
ОК 6.	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.
ОК 7.	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
ОК 8	Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 9	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.
ОК10.	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.
ОК 11	Планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

Методические указания по выполнению практических работ содержат цель проведения работы, теоретические основы, которыми обучающиеся должны владеть перед проведением работы; описание приборов и материалов (если требуется); указания по самостоятельному проведению работы; требования к оформлению отчета и контрольные вопросы для закрепления полученных умений и знаний. На выполнение каждой работы отводится не более двух часов аудиторной нагрузки и не приводить вышеуказанную таблицу.

Общие требования для обучающихся по выполнению практических работ по учебной дисциплине ОП.03 Материаловедение

Содержание практических работ направлено на реализацию Федеральных государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников средних специальных учебных заведений и составлено на основе рабочей программы по дисциплине ОП.03 Материаловедение.

Дидактической целью практических работ является формирование практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности по общеобразовательным и специальным дисциплинам.

Выполнение практических заданий направлено на решение следующих задач:

- обобщение, систематизацию, углубление и закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплины ОП.03 Материаловедение;
- формирование умений применять полученные знания на практике;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Состав заданий для практических работ спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть выполнены качественно большинством обучающихся.

Общие методические указания

Практические работы выполняются в тетрадях для практических работ. Текст пишется синими чернилами, четко и аккуратно. Задания формулируются на листе по мере их выполнения. На титульном листе указываются фамилия и инициалы студента, специальность, дисциплина, по которой выполнена работа. Обучающиеся обязаны выполнить все задания, представленные в практической работе.

Оценка практических работ

Оценка за выполнение практических работ выставляется по пятибалльной системе согласно нормам оценки письменных работ и учитывается как показатель текущей успеваемости.

Если работа выполнена неудовлетворительно, то должна быть работа над ошибками по каждому заданию.

Оценка «5» ставится, если ученик выполнил все задания верно.

Оценка «4» ставится, если ученик выполнил правильно не менее половины задания.

Оценка «3» ставится за работу, в которой правильно выполнено не менее половины заданий.

Оценка «2» ставится за работу, в которой не выполнено более половины заданий.

Оценка «1» ставится, если ученик не выполнил не одного задания

Требования к технике безопасности при выполнении практических работ

- Вход в лабораторию/аудиторию/мастерскую осуществляется только по разрешению преподавателя.

- На первом занятии преподаватель проводит первичный инструктаж по технике безопасности и напоминает студентам о бережном отношении к оборудованию и о материальной ответственности каждого из них за сохранность оборудования и обстановки.

- При обнаружении повреждений оборудования персональную ответственность несут обучающиеся, выполнявшие работу на этом оборудовании. Виновники обязаны возместить материальный ущерб.

- Если во время проведения работы на оборудовании замечены какие-либо неисправности оборудования, необходимо немедленно сообщить об этом преподавателю.

- После окончания работы рабочее место следует привести в порядок.

Лабораторная работа №1(2часа)

Тема: «Изучение микроструктуры металлов и сплавов»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение методических основ и приемов микроструктурного анализа металлов.

1 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Микроструктура - строение металла, выявляемое с помощью микроскопа. Для изучения микроструктуры необходимо подготовить поверхность металла - сделать микрошлиф.

Поскольку металлы непрозрачны, то рассмотрение микроструктуры производят в потоке лучей, отраженных от исследуемой поверхности микрошлифа. Пучок лучей от искусственного источника света направляется на поверхность микрошлифа, отражается от нее и, пройдя через оптическую систему микроскопа, попадает в глаз наблюдателя.

Чем больше лучей отражает участок поверхности, тем светлее он выглядит (рис.1). Границы между зернами (после травления) рассеивают лучи, поэтому они видны в виде темных линий. Если отдельные структурные составляющие отличаются по цвету, то их окраска видна в потоке отраженных лучей.

Впервые микроскоп для исследования металлов применил в 1831 году русский ученый П.П. Аносов.

2 ПРАКТИКА МИКРОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА МЕТАЛЛОВ

2.1 Методика приготовления микрошлифа

Процесс приготовления микрошлифа включает операции вырезки образца и подготовки его поверхности - шлифование, полирование, травление. В некоторых случаях, например при изучении неметаллических включений в сталях, под микроскопом исследуют поверхность микрошлифа в нетравленном состоянии.

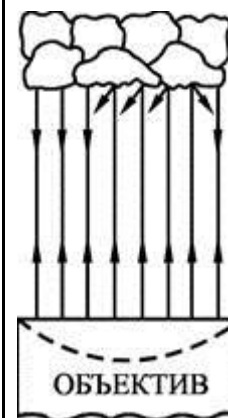


Рис.1 Схема отражения световых лучей от поверхности микрошлифа

Площадь поверхности образца, используемого для приготовления микрошлифа, обычно составляет 1-4 см, а его высота определяется удобствами манипулирования при шлифовании и полировании и равна 10-15 см. Вырезку образцов следует проводить так, чтобы не вызвать изменения структуры из-за нагрева или наклепа. Для вырезки образцов используют отрезные станки с абразивными кругами и охлаждающую жидкость.

Получить плоскую поверхность, необходимую для шлифа, можно также путем токарной обработки, фрезерования, шлифования или опилования. Образцы небольших размеров или сложной конфигурации помещают в пластмассы или легкоплавкие сплавы, используя заливку или запрессовку в цилиндрические обоймы. Во многих отношениях удобен, прост и производителен метод холодной заделки образцов с помощью эпоксидных, полиэфирных и акриловых смол. Образцы устанавливают в металлические, пластмассовые или стеклянные кольца и заливают смесью смолы с отвердителем. Наиболее часто для холодной заделки шлифов применяют эпоксидные смолы, которые обладают достаточной твердостью, наименьшей объемной усадкой при отверждении и хорошо соединяются с большинством металлов.

При изготовлении шлифов из тонкого листового материала применяют также зажимы (струбцины) в виде двух стальных пластин толщиной 4-6 мм, которые стягиваются болтами. В зажиме можно монтировать сразу пакет из нескольких образцов.

Шлифование плоской поверхности образца производят бумажной шлифовальной шкуркой вручную или на шлифовальных станках (табл.1).

Таблица 1

Характеристика зернистости бумажной шлифовальной шкурки

Номер шлифовальной шкурки (ГОСТ 6436-75)	25	16	12	10	8	6	5	4	M40
Размер абразивных частиц, $\mu\text{м}$ (ГОСТ 3647-80)	320-200	200-160	160-120	120-100	100-80	80-63	63-50	50-40	40-28

При ручном шлифовании шкурку помещают на плоское твердое основание (обычно толстое стекло). Образец прижимают шлифуемой поверхностью к шкурке и ритмично перемещают вперед по прямой линии. При механическом шлифовании шкурку закрепляют на вращающемся круге с помощью зажимных колец или клеевого покрытия на обратной стороне шкурки, а образец прижимают к шкурке вручную или устанавливают в зажимное приспособление станка. При этом также образец не вращают. В результате этого как при ручном, так и при механическом шлифовании образуется ряд параллельных рисок, глубина которых соответствует размеру абразивных частиц.

Шлифование проводят, используя шкурку нескольких номеров с последовательно уменьшающейся зернистостью (предварительное грубое - на первых пяти номерах, а окончательное чистовое - на номерах 5-M40), причем во время шлифования следует сохранять одно и то же положение образца, чтобы все риски на его поверхности были параллельны. При переходе к шлифованию шкуркой следующего номера направление шлифования изменяют на 90° и проводят его до полного удаления всех рисок, образовавшихся во время предыдущей операции. Для оценки качества шлифования можно исследовать поверхность образца при переходе от одной ступени к другой под микроскопом. После каждой ступени шлифования поверхность должна быть покрыта равномерными по величине и отчетливо видимыми царапинами, никаких следов царапин от предыдущего шлифования наблюдаться не должно.

После каждой ступени шлифования поверхность образца следует тщательно очищать во избежание переноса сравнительно крупных частиц абразива на более мелкозернистый абразивный материал и на используемый в дальнейшем полировальный материал. Поэтому с целью удаления абразивных частиц после окончания каждой ступени шлифования образец промывается водой.

Полирование производится для удаления мелких рисок, оставшихся после шлифования, и получения гладкой, зеркальной поверхности микрошлифа. С этой целью применяют механический, электрохимический и химико-механические методы полирования.

Широко распространенное механическое полирование производят на вращающемся диске с натянутым полировальным материалом (мягкое сукно, фетр, драп или специальная ткань). В качестве абразивного вещества обычно применяется паста ГОИ, состоящая из оксида хрома со стеарином, олеиновой кислотой, содой и керосином, или водные суспензии очень мелких оксидов хрома, алюминия, железа или других металлов. При этом полировальный круг должен быть влажным, а нажатие на образец слабым.

Полирование осуществляют вручную или на автоматических станках. При ручном полировании образец непрерывно перемещают от центра к периферии круга, что обеспечивает равномерное распределение абразивного вещества и однородный износ полировального материала. Кроме того, образец периодически вращают или перемешают "восьмеркой", чтобы исключить образование "хвостов" около неметаллических включений и частиц выделившихся фаз.

Полирование считается законченным, когда поверхность образца приобретает зеркальный блеск и на поверхности микрошлифа под микроскопом не просматриваются риски и царапины. Полированный образец очищают от остатков абразива промыванием поверхности микрошлифа водой, затем протирают спиртом для удаления влаги, после чего просушивают фильтровальной бумагой.

Для выявления структуры полированного микрошлифа производится травление - химический вид обработки поверхности, заключающийся во взаимодействии электролитов (растворов кислот и солей, расплавы щелочей) с металлами. При этом на поверхности микрошлифа образуется рельеф, и при наблюдении под микроскопом сильно растворившиеся участки в связи с рассеиванием световых лучей представляются более темными, а нерастворившиеся ввиду более полного отражения световых лучей в объектив микроскопа - более светлыми. Так, например, перлит, состоящий из феррита и цементита, имеет более темный цвет, чем однородные зерна феррита.

Травление осуществляют погружением полированной поверхности шлифа в реактив или нанесением реактива на поверхность ваткой, пипеткой и т.д. Травление считается законченным, когда полированная поверхность станет слегка матовой. Затем быстро смывают реактив с поверхности шлифа водой, просушивают фильтровальной бумагой, протирают спиртом для удаления влаги и вновь просушивают фильтровальной бумагой.

Для выявления структуры полированного микрошлифа травление производится реактивами, различающимися по своему воздействию на разные структурные составляющие. Наиболее широко применяемые в металлографии реактивы, вызывающие избирательное растворение металлических или других фаз, а также их пограничных участков вследствие различия физических и химических свойств, приведены в табл.2.

Таблица 2

Некоторые реактивы для химического травления микрошлифов

Наименование реактива	Состав реактива	Назначение
Спиртовой раствор азотной кислоты (реактив Ржешотарского)	1-5, обычно 4 мл азотной кислоты, 100мл этилового или метилового спирта	Травление стали и чугуна
Спиртовой раствор пикриновой кислоты (реактив Ижевского)	3-5, обычно 4 г пикриновой кислоты (кристаллической), 100 мл этилового или метилового спирта	То же
"Царская водка"	Соляная и азотная кислота в соотношении 3:1	Травление нержавеющей сталей
Солянокислый раствор хлорного железа	5 г хлорного железа, 50 мл соляной кислоты, 100 мл воды	Травление меди, латуни, бронзы

2.2 Принцип действия и устройство металлографического микроскопа

Металлографический (световой, оптический) микроскоп - прибор для наблюдения и фотографирования структуры непрозрачных объектов в отраженном свете. Микроскоп представляет собой комбинацию двух увеличивающих систем: объектива и окуляра.

Металлографический микроскоп состоит из осветительной, механической и оптической систем (рис.2).

К осветительной системе относятся: источник света – лампа накаливания 1, набор линз, светофильтров и диафрагм. Набор линз введен в осветительную систему для уменьшения рассеивания световых лучей и повышения четкости изображения. Диафрагмы ограничивают сечение светового луча и позволяют регулировать интенсивность освещения.

Набор светофильтров в виде цветных и матовых стеклянных пластинок позволяет отфильтровать лучи требуемой длины волны, уменьшить хроматическую aberrацию и

повышать четкость изображения. Кроме того, при работе на микроскопе следует учитывать, что глаза человека обладают повышенной чувствительностью к желто-зеленым цветам.

Механическая система состоит из корпуса 2, предметного столика 3, на который устанавливается микрошлиф, и визуального тубуса 4. Для наблюдения различных участков поверхности микрошлифа предметный столик можно перемещать в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях винтами 5. Предметный столик с микрошлифом может перемещаться в вертикальном направлении для предварительного наведения на фокус макрометрическим винтом 6, а для точной фокусировки - микрометрическим винтом 7.

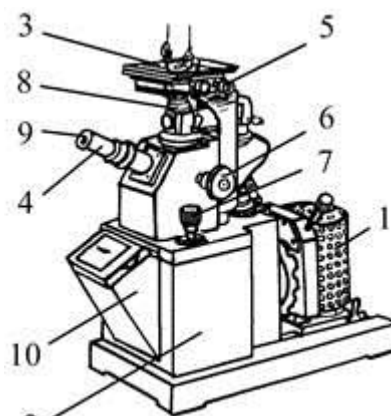


Рис.2 Общий вид микроскопа МИМ-7

Оптическая система является основной системой микроскопа. Она состоит из системы вмонтированных в корпус 2 призм и зеркал, обеспечивающих определенное направление лучей в микроскопе, сменных объективов 8 и окуляров 9 для визуального наблюдения и фотографирования структуры, прилагаемых в комплекте к микроскопу; фотокамеры 10. Набор сменных объективов и окуляров позволяет менять увеличение микроскопа, которое определяется произведением увеличения объектива на увеличение окуляра (табл.3).

Таблица 3

Характеристика объективов и окуляров микроскопа МИМ-7

ОБЪЕКТИВЫ		ОКУЛЯРЫ						
		На матовом стекле			При визуальном наблюдении			
		7 ^x	10 ^x	15 ^x	7 ^x	10 ^x	15 ^x	20 ^x
F=23,2	A=0,17	(70)	120	160	(60)	90	130	170
F=13,9	A=0,30	(115)	200	270	(100)	140	200	300
F= 8,2	A=0,37	200	340	450	170	240	360	500
F= 6,2	A=0,65	(260)	440	600	(250)	320	500	(650)
F= 2,8	A=1,25	575	1000	1350	500	720	1080	(1440)
F= 2,8	A=1,0*	575	1000	(1350)	500	720	1080	(1440)

Примечания: 1.Заключенные в скобки объективы применять не рекомендуется.

2.Объектив, отмеченный *, используется только для светлого поля.

Основным элементом оптической системы является объектив, дающий действительное увеличенное обратное изображение рассматриваемой структуры. Окуляр лишь увеличивает изображение, получаемое объективом. При этом с помощью окуляра получается мнимое увеличенное прямое изображение структуры, выявленное объективом. Объектив состоит из фронтальной плосковыпуклой линзы, дающей увеличение, и ряда коррекционных линз, предназначенных для уменьшения хроматической и сферической aberrаций, возникающих при прохождении лучей через фронтальную линзу.

Хроматическая aberrация вызывается неодинаковым преломлением линзой лучей различного цвета, в результате чего луч белого света разлагается линзой на монохроматические лучи, которые не фокусируются в одной точке. В объективе для уменьшения хроматической aberrации белого света устанавливаются коррекционные линзы из специальных материалов, например, плавикового шпата (флюорита).

Хроматическую абберацию можно полностью устранить только применением монохроматического света.

Причина сферической абберации заключается в том, что лучи, преломляемые краем линзы и ее центральной частью, не сходятся в одной точке, и изображение получается нерезким. Для уменьшения сферической абберации объектив собирается из выпуклой и вогнутой линз, имеющих одинаковую, но различно направленную абберацию.

В объективах, дающих большое увеличение, фронтальная линза имеет полушаровую форму, и сферическую абберацию удается избежать путем помещения шлифа в апланатический фокус, т.е. в особую точку на оптической оси объектива. Такие объективы называются апланатами.

Все объективы в отношении оптических свойств делятся на ахроматы и апохроматы. Апохроматы более сложны, чем ахроматы, но зато дефекты изображения от аббераций у них сведены до минимума. Апохроматы одновременно являются апланатами. Из-за своей конструкции они дают не плоское, а несколько искривленное изображение, вследствие чего не представляется возможным получить одинаковую резкость в центре и по краям изображения. Поэтому при работе с апохроматами применяют компенсационные окуляры, исправляющие этот недостаток объектива.

В то же время объективы бывают сухие и иммерсионные. Объектив считается иммерсионным, когда между ним и микрошлифом находится слой жидкости, увеличивающий коэффициент преломления лучей (при использовании кедрового масла коэффициент равен 1,51).

Окуляры, прилагаемые к микроскопу, делятся на простые (Гюйгенса), компенсационные и проекционные. Простые окуляры применяются в сочетании с ахроматическими объективами, компенсационные с апохроматическими, а проекционные - при фотографировании.

Объективы обычно имеют увеличение от 9 до 95 раз, простые окуляры - от 3 до 15, а компенсационные - до 20 раз.

При работе на микроскопе микрошлиф помещают на предметный столик перед объективом, затем макро- и микрометрическими винтами перемещают в вертикальном направлении так, чтобы он находился немного дальше фокуса объектива. При этом последний дает увеличенное действительное изображение структуры, которое с помощью специальной линзы переносится в плоскость, близкую к фокусу окуляра. Он, действуя на луч, дает окончательное (увеличенное и мнимое) изображение структуры.

Разрешающая способность микроскопа и его полезное увеличение имеют важное значение в микроструктурном анализе металлов. Разрешающая способность определяет минимальные детали структуры, которые можно увидеть с помощью микроскопа. Она характеризуется минимальным расстоянием d между двумя соседними деталями структуры, которые еще могут быть различимы раздельно, не сливаясь. Разрешающая способность оптического микроскопа определяется дифракционными явлениями и при прямом освещении в отраженном свете соответствует условию

$$d = \frac{1}{2n \times \sin a} = \frac{1}{2A},$$

где l - длина волны белого света, равная 0,55 мкм; n - показатель преломления между объективом и микрошлифом (для воздуха $n=1$, для кедрового масла $n=1,51$); a - угловая апертура объектива, равная половине угла, под которым виден зрачок объектива из точки микрошлифа, лежащей на оптической оси ($a_{\max}=72^\circ$, $\sin a_{\max}=0,95$); A - числовая апертура, равная $n \times \sin a$.

При использовании иммерсионного объектива (рис.3) световые лучи, отразившись от поверхности микрошлифа под углом α , преломляются в кедровом масле и входят в объектив под значительно меньшим углом β . Поэтому, чем больше n и α , тем выше разрешающая способность микроскопа. Максимальная разрешающая способность микроскопа (при использовании иммерсионного объектива) может составить $d=0,55/\lambda \times 1,51 \times 0,95 \gg 0,2$ мкм.



Рис.3 Влияние коэффициента преломления среды на ход световых лучей в сухом и иммерсионном объективе

Поскольку разрешающая способность человеческого глаза d_1 составляет 0,3 мм, т.е. две точки видны для глаза отдельно, если расстояние между ними 0,3 мм = 300 мкм, тогда максимальное полезное увеличение, при котором полностью реализуется его разрешающая способность, равно $M=d_1/d=300/0,2=1500$. В соответствии с этим металлографические микроскопы имеют максимальное увеличение при визуальном наблюдении не более 1500 раз.

При исследовании структуры металла объектив выбирают, исходя из необходимого полезного увеличения микроскопа, определяемого из выражения $M=300/d\zeta$, где $d\zeta$ - минимальный размер интересующих деталей структуры в мкм. Зная M , можно по табл.3 определить соответствующую числовую апертуру и выбрать объектив и окуляр.

В практике металлографических исследований иногда приходится в ущерб разрешающей способности повышать контрастность изображения и увеличивать глубину резкости, характеризуемую величиной вертикального смещения деталей микроструктуры, что не приводит к потери фокусировки; при более рельефной поверхности микрошлифа целесообразно использовать объективы с малой апертурой. Контрастность изображения растет до тех пор, пока общее увеличение микроскопа не превысит полезного увеличения. Поэтому увеличение окуляра не должно быть очень высоким, так как это вызовет различное изображение деталей структуры.

3 МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Уясните цель работы.

Изучите методические основы и приемы микроструктурного анализа металлов.

Изучите микроструктуру различных металлических материалов (альбом, с.5-8).

Составьте отчет о работе.

Сформулируйте вывод .

4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Цель работы.

Определение микроструктуры, описание принципа видимости под металлографическим микроскопом.

Краткое описание устройства металлографического микроскопа, определение его разрешающей способности и полезного увеличения, описание возможностей количественного микроструктурного анализа,

Методика приготовления микрошлифа.

Методика травления микрошлифа.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Что называется микроструктурой?

На чем основан принцип видимости под металлографическим микроскопом?

Какие операции включает в себя процесс приготовления микрошлифа?

Какова методика приготовления микрошлифа?

Лабораторная работа №2

Тема: «Определение твердости, пластичности, ударной вязкости металлов»

Цель работы - ознакомиться с одним из механических свойств металлов – твердостью, приборами для ее определения, изучить основные методы определения твердости и научиться производить испытания твердости по Бринеллю и Роквеллу.

Оборудование: образцы, твердомер - пресс Бринелля.

1.1 Общие сведения

Одним из важнейших механических свойств металлов является твердость – способность противодействовать при вдавливании проникновению в материал другого, более твердого материала.

Твердость имеет качественную и количественную связь с другими механическими свойствами – прочностью, пластичностью, длительной прочностью и т.д., что позволяет определить их через твердость, т.е. неразрушающими методами. В связи с развитием неразрушающих или безобразцовых методов определения механических свойств металлов и сплавов, необходимо более глубокое знакомство как с теоретическими принципами определения твердости, так и с практическим проведением испытаний.

Существуют различные методы качественной и количественной оценки твердости материалов.

В машиностроении при определении макротвердости наиболее часто применяются методы Бринелля и Роквелла. Иногда применяется также метод Виккерса, при котором испытание на твердость производится вдавливанием в образец алмазной пирамиды с углом при вершине 136° . По нагрузке, приходящейся на единицу поверхности отпечатка, определяется число твердости НВ, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$).

1.2 Определение твердости по Бринеллю

Испытание на твердость по Бринеллю производится вдавливанием в образец стального шарика определенного диаметра под действием заданной нагрузки в течение определенного времени. Схема испытания на твердость по Бринеллю дана на рисунке 1.1. В результате вдавливания шарика на поверхности образца получается отпечаток (лунка). Отношение нагрузки P к поверхности полученного отпечатка (шарового сегмента) – дает число твердости по Бринеллю, обозначается НВ. Поверхность шарового сегмента $F = \pi Dn$,

где D – диаметр вдавливаемого шарика (мм),

n – глубина отпечатка, мм.

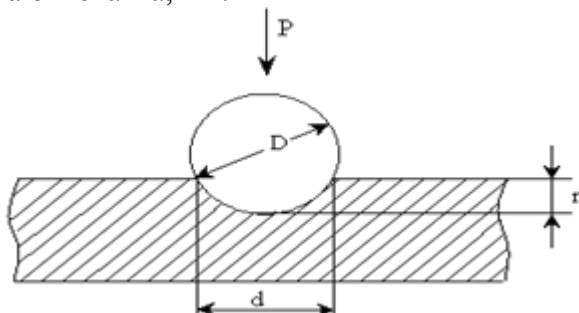


Рисунок 1.1 - Схема определения твердости по Бринеллю

Целесообразно величину n выразить через диаметр шарика D и отпечатка d , т.к. измерять F затруднительно

$$n = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}, \text{ мм}$$

Тогда число твердости по Бринеллю можно определить по формуле

$$HB = \frac{2P}{\pi \cdot D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}, \text{ кгс/мм}^2$$

Чтобы не производить длительных вычислений по формуле, на практике пользуются специальной таблицей, которая дает перевод диаметра отпечатка в число твердости HB. Можно пользоваться также для характеристики твердости HB диаметром отпечатка d без перевода в число твердости HB.

Схема прибора типа ТШ для определения твердости по Бринеллю приведена на плакате в лаборатории.

В зависимости от материала и толщины испытываемого образца выбирается диаметр шарика и нагрузка при испытании.

В зависимости от толщины образца применяют шарики диаметрами 10; 5 и 2,5 мм. Нагрузка P выбирается в зависимости от качества исследуемого материала по формуле $P = KD^2$, где K – постоянная для данного материала величина, равная 30 для черных металлов и сплавов, 10 для твердых и 2,5 для мягких цветных металлов и сплавов. Данные по выбору диаметра шарика и нагрузки приведены в таблице 1.1.

Перед испытанием поверхность образца обрабатывается, чтобы она была ровной и гладкой для получения правильного отпечатка с отчетливыми для измерения краями.

Чтобы при вдавливании шарика не происходило передавливания материала, его толщина должны быть менее десятикратной глубины отпечатка n.

Таблица 1.1- Выбор диаметра и нагрузки в зависимости от твердости и толщины испытываемого образца

□

Материал	Интервал твердости, HB	Толщина образца, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка P, кгс	Время выдержки под нагрузкой, с*
Черные металлы	140-450	Более 6	10	3000	10
		6-3	5	750	
		менее 3	2,5	18,5	
Черные металлы	Менее 140	Более 6	10	3000	30
		6-3	5	750	
		Менее 6	2,5	18,5	
Цветные металлы	32-130	Более 6	10	1000	30
		6-3	5	250	
		2,5	2,5	62,5	
Цветные металлы	8-35	Более 6	10	250	60
		6-3	5	62,8	
		менее 3	2,5	15,6	

* В современных приборах время выдержки устанавливается автоматически

1.3 Проведение испытания и определение твердости по Бринеллю

1 . Выбрать нагрузку в соответствии с испытываемым материалом по таблице 1 и установить грузы на подвеску прибора.

2 . Наконечник с шариком требуемого диаметра вставить в шпиндель и закрепить винтом.

3 . Установить по шкале время выдержки образца под определенной нагрузкой.

4 . На столике твердомера поставить испытываемый образец так, чтобы расстояние от края образца до центра отпечатка было не менее диаметра шарика.

□ 5 . Вращением маховика поднять столик и прижать образцы к шарiku до упора.

□ 6 . Нажатием пускателя включить электродвигатель.

□ 7. Измерить при помощи бинокля полученный отпечаток и рассчитать твердость.

Полученный отпечаток измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях, и диаметр определяют как среднее арифметическое двух измерений.

Бинокляр нижней опорной частью плотно устанавливают на поверхность образца над отпечатком в нижней части (окном) к свету.

Поворачивая окуляр, добиваются резкости отпечатка, край его совмещают с началом шкалы и отмечают по противоположному краю отпечатка диаметр d , в соответствии с ценой деления шкалы (0,5 мм).

Затем бинокляр или образец поворачивают на 90° , измеряют диаметр этого же отпечатка. По среднеарифметическому значению диаметра отпечатка d по формуле или таблице определяют твердость по Бринеллю НВ.

Для получения правильной характеристики твердости необходимо провести еще два измерения этого же образца, причем при повторных испытаниях центры средних соседних отпечатков должно находится на расстоянии не менее двух диаметров шарика.

1.4 Определение твердости по Роквеллу

Испытания на твердость по Роквеллу производятся вдавливанием в образец алмазного конуса с углом 120° или стального шарика диаметром 1,588 мм.

Величина твердости представляет собой глубину отпечатка, получаемую от вдавливания индентора при определенной нагрузке – 60, 100 или 150 кгс. Твердость по Роквеллу – число отвлеченное и выражается в условных единицах. Число твердости по Роквеллу обозначается:

HRA – при испытании алмазным конусом под нагрузкой 60 кгс, отсчет по шкале А.

HRB – при испытании стальных шариков под нагрузкой 100 кгс, отсчет по шкале В.

HRC – при испытании алмазным конусом под нагрузкой 150 кгс, отсчет по шкале С.

Определение твердости на приборе Роквелла имеет ряд преимуществ по сравнению с определением твердости на приборах типа ТШ, т.к. испытания проводят быстро, величина твердости читается по шкале без каких-либо измерений и пересчетов, получающиеся отпечатки очень малы и не портят детали, диапазон измерений практически не ограничен.

Схема прибора типа ТК для определения твердости по Роквеллу приведена на плакате в лаборатории. В зависимости от твердости материала выбирается индентер и нагрузка по таблице 1.2. Перед испытанием опорная и испытываемая поверхность обрабатывается с целью удаления дефектов и придания горизонтальности поверхностям плоского образца.

1.5 Проведение испытаний и определение твердости по Роквеллу

1. Выбрать наконечник и нагрузку в соответствии с твердостью по табл.1.2

2. Установить необходимую нагрузку и закрепить наконечник винтом.

3. Установить необходимый столик в зависимости от формы образца.

4. Вращением штурвала осторожно поднять столик, чтобы образец плавно коснулся шарика или алмазного конуса. При ударе алмазный конус может расколоться.

Таблица 1.2 Выбор наконечника и нагрузки при определении твердости по Роквеллу

Примерная твердость по Бринелю	Вид наконечника	Нагрузка шкала в кгс	Шкала	Обозначение твердости	Допускаемые пределы измерения
60-230	Стальной шарик	100	В	HRB	25-100
230-700	Алмазный конус	150	С	HRC	20-70
Свыше 700	Алмазный конус	60	А	HRA	70

5. После касания образца с индентором продолжают вращение штурвала, пока маленькая стрелка установится в вертикальном положении.

6. В этом случае, при отклонении большой стрелки от вертикального положения не более, чем на 2-5 делений, вращением кольца циферблата подвести ноль черной шкалы (С_иА) к большой стрелке. При большем отклонении стрелки предварительную нагрузку надо снять и испытание провести в другой точке образца.

7. Нажатием на педаль включить механизм приложения основной нагрузки, плавно опускающий и поднимающий груз с необходимой выдержкой.

8. Прочитать по соответствующей шкале число твердости по Роквеллу, не снимая предварительной нагрузки.

9. Вращением штурвала по часовой стрелке освободить образец от действия предварительной нагрузки и повторить испытание в другой точке образца. Расстояние между отпечатками и от края образца должно быть не менее 2,5 мм при вдавливании конуса (шкалы С и А) и не менее 4 мм при вдавливании шарика (шкала В).

10. На каждом образце произвести не менее трех испытаний и определить твердость по Роквеллу, как их среднеарифметическое значение.

Примечание: При определении твердости по шкале В совмещение большой стрелки производится с нулем шкалы С, а не с нулем красной шкалы В.

1.6 Составление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Описание принципа определения твердости на приборах типа ТШ и ТК.
3. Условие выбора инденторов и нагрузки.
4. Вывод

1.7 Контрольные вопросы

1. Что такое механические свойства металлов и сплавов? (пластичность, твердость, прочность и т.д.)
2. Основные методы определения твердости.
3. Зависимость выбора диаметра шарика и алмазного конуса от толщины испытуемой детали и от материала.
4. Принцип действия приборов “ТШ”, “ТК” и их принципиальное различие.
5. Какой параметр измеряет пресс Роквелла при определении твердости?

Практическая работа № 1

Тема: «Построение диаграммы состояния сплавов первого рода»

Цель **работы**: изучить основные разновидности диаграмм состояния двойных сплавов. Научиться определять по диаграмме состояния возможность проведения термической обработки сплавов, их упрочнения.

Общие теоретические сведения.

Для практической работы с двойными сплавами необходимо знать их структуру, возможность ее изменения с изменением температуры и состава сплава и, таким образом, судить о свойствах сплавов и о возможностях изменения свойств в нужном направлении. Необходимость изменить структуру и свойства сплавов может возникнуть, если при получении детали методом литья произошла внутрикристаллическая ликвация, если нужно упрочнить сплав термической обработкой, и в некоторых других случаях. Для определения возможности проведения термической обработки и назначения ее температурного режима нужно знать закономерности изменения фазового состава в зависимости от температуры и химического состава сплава в данной системе.

Графическая зависимость, содержащая эту информацию, и является *диаграммой состояния*. Диаграммы состояния позволяют получать разностороннюю информацию о сплавах. С их помощью можно судить о литейных свойствах сплавов и, соответственно, о возможности получения из них отливок, о склонности сплавов к внутрикристаллической ликвации и ликвации по удельному весу при кристаллизации, о пластичности различных сплавов и возможности их пластического деформирования при изготовлении изделий.

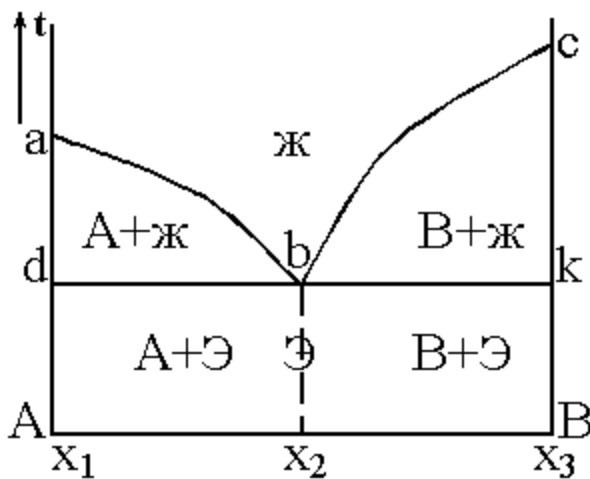
Чаще всего для построения диаграмм состояния металлических систем используют термический анализ, основанный на том, что плавление, кристаллизация и все структурные изменения сплавов в твердом состоянии происходят с тепловыми эффектами (с поглощением или выделением тепла). Следовательно, снимая кривые нагрева или охлаждения сплавов разного состава какой-либо системы, можно зафиксировать температуры, при которых происходят те или иные изменения в структуре. Если затем эту информацию представить графически в координатах «температура - состав сплава», то получится диаграмма состояния системы.

В зависимости от характера взаимодействия компонентов в сплаве, соответствия или различия в их атомно-кристаллическом строении возможно образование различных фаз: *твердых растворов, механической смеси кристаллов отдельных компонентов, химических соединений* и др. Это взаимодействие описывается различными видами диаграмм состояния с разными возможностями изменения структуры и проведения термической обработки сплавов.

Основные разновидности таких диаграмм рассматриваются в общем виде ниже.

Диаграмма с полной нерастворимостью компонентов в твердом состоянии

В этой системе в жидком состоянии компоненты А и В растворяются друг в друге, а в твердом не растворяются. По вертикальной оси на диаграммах всегда откладывается температура, а по горизонтальной - состав сплава в процентах. На приведенной диаграмме (*рис. 1*) в точке « x_1 » содержится 100 % компонента А, вправо от этой точки увеличивается количество компонента В в сплавах, и в точке « x_3 » содержится 100% В. Точка «а»



соответствует температуре плавления компонента А, а точка «с» - компонента В.

Рис. 1.

Если рассматривать диаграмму при понижении температуры (сверху вниз), то пересечение каждой линии соответствует изменению фазового состояния, строения сплавов данной системы. На *рис. 3.1* линия abc является геометрическим местом температур начала кристаллизации сплавов и называется линией ликвидус. Выше этой линии все сплавы системы А-В находятся в жидком состоянии.

Линия dbk является геометрическим местом температур конца кристаллизации и

называется линией солидус. Ниже нее все сплавы находятся в твердом состоянии. Следовательно, между линиями ликвидус и солидус сплав находится в двухфазном состоянии (и жидком, и твердом), т.е. в областях abda и bckb идут процессы кристаллизации (при охлаждении) и плавления (при нагревании).

При охлаждении из жидкого состояния на линиях ab и bc начинается процесс кристаллизации. Поскольку компоненты этой системы не растворяются друг в друге и химически не взаимодействуют, то при кристаллизации образуются кристаллы чистых компонентов. Причем, в области abda более благоприятные условия для образования в жидкости зародышей компонента А и роста из них кристаллов, а в области bckb - компонента В. Поэтому на линии ab начинается кристаллизация компонента А, а на

линии bc – компонента В. При последующем понижении температуры эти процессы продолжаются до линии солидус dbk .

Точка «b» на диаграмме называется эвтектической, она принадлежит одновременно линии ab и линии bc . При кристаллизации сплава эвтектического состава (x_2) в точке «b» одновременно формируются кристаллы компонентов А и В, в результате чего образуется мелкая механическая смесь кристаллов А и В, которая называется эвтектикой. Эвтектика сохраняется в этом сплаве и при последующем охлаждении в твердом состоянии.

При кристаллизации компонентов А и В в областях $abda$ и $bckb$ состав оставшейся жидкости непрерывно меняется. В первом случае она обедняется компонентом А, во втором – В. Когда охлаждение доходит до линии dbk , состав оставшейся жидкости становится равным эвтектическому (x_2). Поэтому на линии dbk , так же как и в точке «b», кристаллизуется эвтектика.

В твердом состоянии (ниже линии dbk) структура доэвтектических сплавов (в интервале концентраций x_1-x_2) будет состоять из кристаллов компонента А и эвтектики, структура эвтектического сплава (состава x_2) – из одной эвтектики, структура заэвтектических сплавов (в интервале концентраций x_2-x_3) – из кристаллов компонента В и эвтектики. Дальнейшее охлаждение в твердом состоянии не приводит к каким-либо изменениям в структуре, т.к. никаких линий в нижней части диаграммы нет.

Оценим возможность термической обработки сплавов системы с полной нерастворимостью компонентов в твердом состоянии.

Термической обработкой называют изменение структуры и свойств сплавов путем нагрева их до определенной температуры, выдержки и охлаждения с необходимой скоростью. Если посмотреть на диаграмму на *рис. 1*, то видно, что нагрев и охлаждение сплавов данной системы в твердом состоянии не приводят к изменению структуры, а следовательно – и свойств. Это значит, что упрочняющая термическая обработка сплавов подобных систем невозможна.

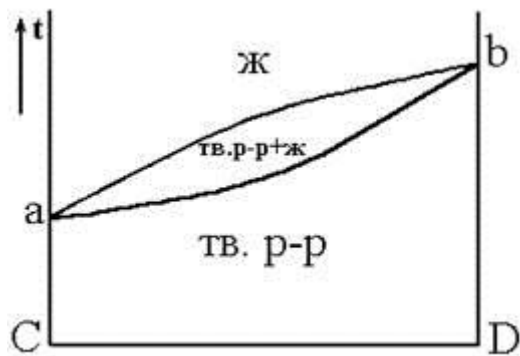


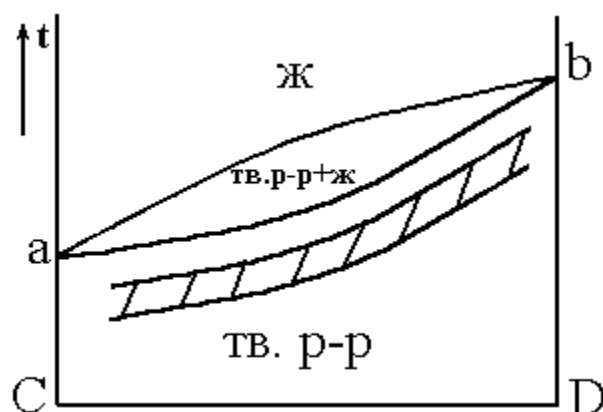
Диаграмма с полной растворимостью компонентов в твердом состоянии

В данном случае компоненты С и D растворяются друг в друге в твердом состоянии во всем интервале концентраций (от 0 до 100 %) (*рис. 2*). С учетом этого следует рассматривать диаграмму системы сплавов С–D.

Рис.2.

На *рис. 2* точки «a» и «b» – температуры плавления (кристаллизации)

компонентов С и D соответственно. Верхняя линия является линией ликвидус, следовательно выше нее все сплавы данной системы находятся в жидком состоянии. Нижняя линия – линия солидус, ниже которой все сплавы находятся в твердом состоянии. Кристаллизация при охлаждении жидкости начинается на линии ликвидус, при этом образуются кристаллы твердого раствора С в D (или D в С), заканчивается этот процесс на линии солидус. Ниже солидуса, т.е. в твердом состоянии, структура сплавов – это кристаллы твердого раствора замещения. При дальнейшем охлаждении до комнатной температуры



изменений в структуре не происходит. Поскольку нагрев и охлаждение сплавов данной системы в твердом состоянии не приводят к изменению структуры, упрочняющая термическая обработка сплавов подобных систем невозможна.

Рис. 3.

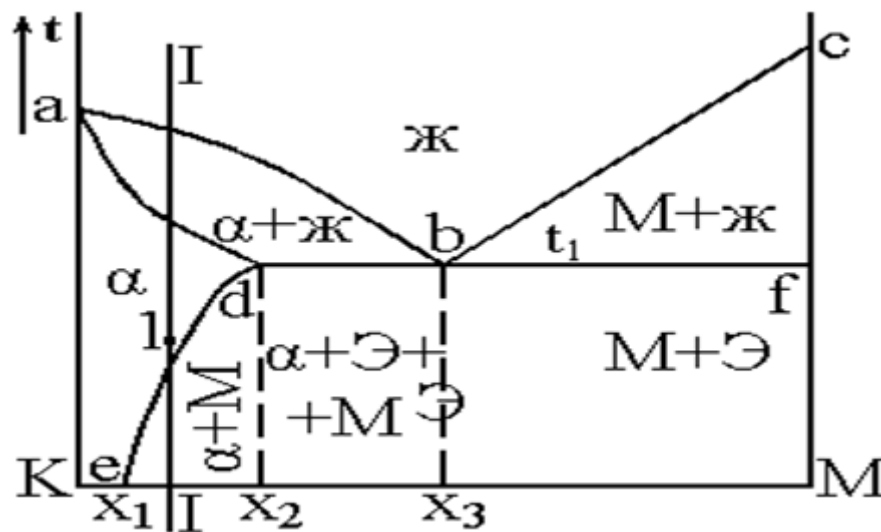
Если в процессе кристаллизации произошла внутрикристаллическая ликвация, то устранить или уменьшить неоднородность по составу в сплаве можно термической обработкой – диффузионным отжигом (или гомогенизацией). Для этого необходимо нагреть сплав до высоких температур с целью ускорения диффузионных процессов, выдержать при этих температурах достаточно длительное время (часы или десятки часов) и затем медленно охладить. Режим диффузионного отжига показан на рис. 5.3 (заштрихованный интервал температур).

Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии В этой системе (рис. 3.4) компонент К в компоненте М в твердом состоянии не растворяется, а М в К растворяется в ограниченных количествах. Обозначим твердый раствор компонента М в К буквой α . Такой твердый раствор с ограниченной растворимостью может образоваться как по типу замещения, так и по типу внедрения. При температуре t_1 в твердом растворе α может раствориться x_2 компонента М, а при комнатной температуре - x_1 , т.е. с понижением температуры растворимость М в твердом растворе α уменьшается.

Линия abc - ликвидус диаграммы, следовательно, при более высоких температурах все сплавы данной системы будут в жидком состоянии.

Линия adbf – солидус, ниже нее сплавы находятся в твердом состоянии.

При охлаждении доэвтектических сплавов (с концентрацией компонента М до x_3) в области abda, а в заэвтектических сплавах (с концентрацией α будет происходить кристаллизация твердого раствора М больше x_3) в области bcfb - кристаллизация компонента М. При этом в сплавах с концентрацией М до x_2 кристаллизация заканчивается на линии ad формированием структуры, полностью состоящей из кристаллов твердого раствора α , которая сохраняется и при дальнейшем охлаждении.



Точка «b» на диаграмме – эвтектическая.

Рис. 4.

В сплаве эвтектического состава (x_3) в точке «b» при постоянной температуре t_1 происходит кристаллизация эвтектики, которая представляет собой смесь мелких кристаллов твердого раствора α и компонента М. Если проанализировать процессы, идущие при

кристаллизации в областях abda и bcfb, то можно увидеть, что состав жидкости здесь непрерывно меняется, и при температуре t_1 (на линии dbf) становится эвтектическим. Таким образом, на линии dbf из жидкости эвтектического состава кристаллизуется эвтектика, сохраняющаяся в сплавах при дальнейшем охлаждении.

Линия de на диаграмме (рис. 3.4) показывает предельную растворимость компонента М в твердом растворе α , понижающуюся с уменьшением температуры от x_2 до x_1 . Поэтому при охлаждении доэвтектических сплавов ниже линии de из твердого раствора α будут выделяться избыточные атомы компонента М с образованием мелких кристаллов (частиц) этого компонента. Эти частицы при медленном охлаждении будут расти, укрупняться. Точно такой же процесс будет происходить и в сплавах состава x_2 – x_3 . Это значит, что в них при температурах ниже линии db тоже будут выделяться частицы компонента М.

Для систем с твердыми растворами с ограниченной растворимостью компонентов, зависимой от температуры (подобных системе на *рис. 3.4*), возможна упрочняющая термическая обработка.

+ Мдисп. Такой процесс называется старением (при комнатной температуре – естественное старение, а при повышенных температурах – искусственное старение). □ □ □ □. Этот процесс называется закалкой. При выдержке закаленного сплава при комнатной или несколько повышенной температуре из пересыщенного твердого раствора будет выделяться избыточный компонент М с образованием дисперсных (очень мелких) частиц: □ □, и быстро охладить, то компонент М не успеет выделиться из твердого раствора. После охлаждения структура сплава будет представлять собой пересыщенный твердый раствор □ и частиц М, нагреть его до температуры точки 1 (выше линии *de*), выдержать при этой температуре, чтобы все частицы М растворились в твердом растворе □ Сущность ее заключается в следующем. Если взять сплав состава I–I со структурой, состоящей из кристаллов

Образующиеся при старении мелкодисперсные частицы являются эффективными препятствиями для движения дислокаций и тем самым упрочняют сплав, повышают его прочностные характеристики. Таким образом, упрочняющая термическая обработка сплавов подобных систем заключается в закалке и старении.

В реальных сплавах могут встречаться варианты, когда оба компонента ограниченно растворяются друг в друге в твердом состоянии. В этом случае в системе будет 2 твердых раствора. Пример такой диаграммы показан на *рис. 3.5*.

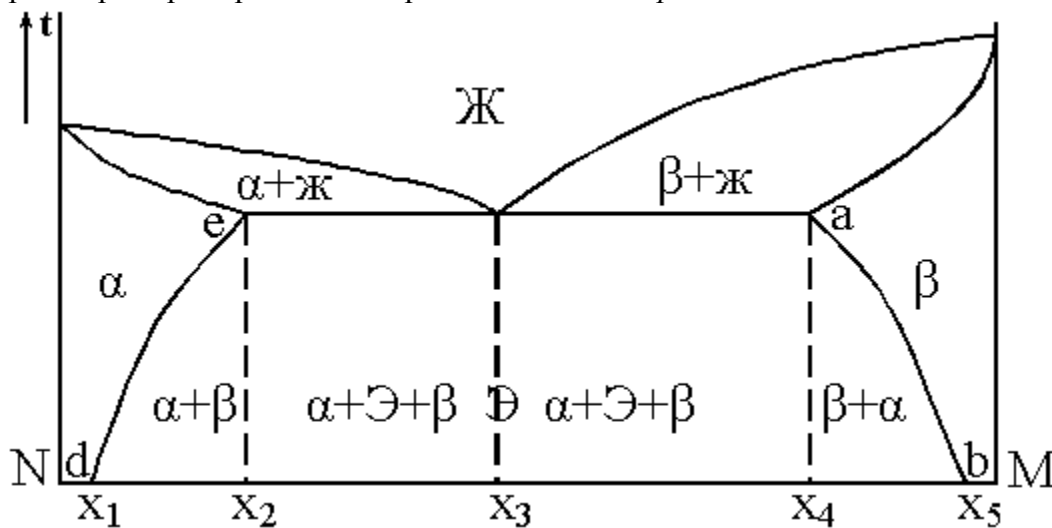
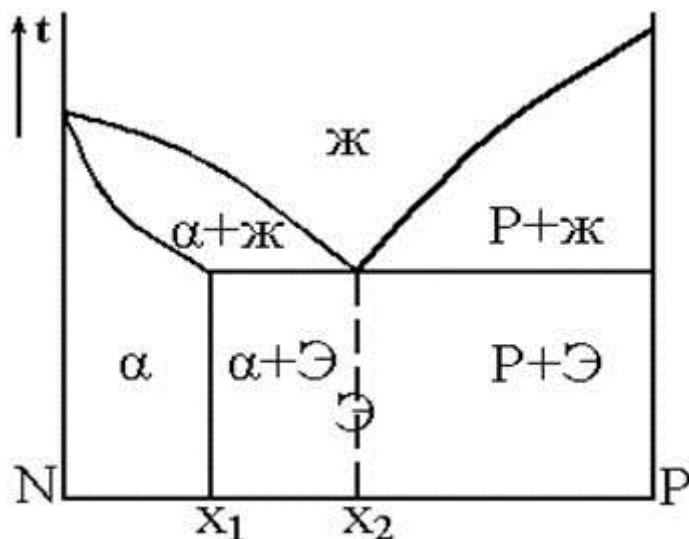


Рис. 3.5. В зависимости от температуры. Сплавы такой системы также могут подвергаться упрочняющей термической

й обработке (закалке и старению). □ и □). Линии *de* и *ab* показывают, соответственно, предельную растворимость компонентов М и N в твердых растворах □) и твердый раствор N в M (□ Здесь есть твердый раствор M в N (

Если растворимость компонента в твердом растворе не зависит от температуры, то термическая обработка (закалка) становится невозможной, т.к. нельзя получить пересыщенный твердый раствор, необходимый для образования при последующем старении дисперсной упрочняющей фазы. Пример такой диаграммы показан на *рис. 3.6*.



Здесь концентрация компонента P в твердом растворе \square постоянна и равна x_1 .

Диаграмма состояния с образованием химического соединения между компонентами. Если в процессе кристаллизации компоненты образуют устойчивое химическое соединение, то оно играет роль самостоятельного компонента в системе. С учетом этого, любую диаграмму с химическим соединением можно

анализировать, разложив ее условно на более простые диаграммы, аналогичные рассмотренным выше.

На рис. 3.7 показана диаграмма с образованием химического соединения $AmDn$ между компонентами A и D.

Эту диаграмму условно можно разделить на 2 простых диаграммы: A– $AmDn$ и $AmDn$ –D (линии ликвидус abc и cdf, линии солидус kbm и ndef). Первая из них - типичная диаграмма с полной нерастворимостью компонентов в твердом состоянии, а вторая – диаграмма с ограниченной растворимостью компонентов. С учетом этого и указаны фазы в областях диаграммы на рис. 3.7.

В этой системе 2 эвтектики (точки «b» и «d»); одна из них - Э_1 - состоит из кристаллов A + $AmDn$, а другая - Э_2 - из кристаллов $AmDn$ + \square . Компонент A ограниченно растворяется в D с образованием твердого раствора \square . Как видно из рис. 3.7, для сплавов в правой части системы возможна упрочняющая термическая обработка (закалка и старение).

Если один или оба компонента при нагревании и охлаждении в твердом состоянии меняют свое кристаллическое строение, то это сказывается на виде диаграммы. На ней появляются дополнительные линии, характеризующие изменение кристаллической решетки компонентов и их взаимодействие после такого изменения с образованием новых фаз в твердом состоянии.

Порядок выполнения работы

1. Вычертить предложенную преподавателем диаграмму состояния, оставив рядом место для построения кривых охлаждения. Расписать области диаграммы, т.е. в каждой области диаграммы состояния указать структуры, образующие в сплавах этой системы.
2. Определить тип представленной диаграммы?
3. Определить образующиеся структуры и значения линий диаграммы состояния (ликвидус, солидус, линии полиморфных превращений, предельной растворимости избыточных фаз, эвтектического превращения).
4. Для заданного сплава построить кривую охлаждения и объяснить происходящие в ней структурные изменения. Для указанного сплава при данной температуре определить фазы, их химический состав и весовое количество.
5. Сравнить механические и технологические свойства сплавов с различной структурой.
6. Прочитайте внимательно основные сведения о диаграммах состояния сплавов.
7. Индивидуальный вопрос.
8. Составить отчет.

Содержание отчета

7. Название, цель работы, задание.
8. Диаграмма состояния.

9. Кривые охлаждения.
10. Ответы на вопросы, поставленные в задании.
11. Ответ на индивидуальный вопрос.
12. Литература.

Контрольные вопросы

1. Твердые растворы замещения, внедрения, упорядоченные.
2. Химические соединения и промежуточные фазы.
3. Линии и структуры в диаграмме состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов.
4. Диаграмма состояния сплавов, кристаллизующихся с образованием механической смеси из чистых компонентов.
5. Диаграмма состояния с ограниченной растворимостью компонентов и с эвтектикой.
6. Диаграмма состояния с устойчивым химическим соединением.
7. Что такое эвтектическое превращение?
8. Правило отрезков.
9. Как определить химический состав (концентрацию) фаз, находящихся в равновесии в двухфазной области?

Практическая работа №2

Тема: «Анализ диаграммы состояния Fe –С».

Цель работы: проанализировать диаграмму Fe-C (Fe-Fe₃C)

На основе цели работы были поставлены следующие задачи:

- 1) Вычертить диаграмму и дать её описание;
- 2) Указать структурные составляющие и фазы во всех областях диаграммы, дать их определение с указанием твердости;
- 3) Описать превращения и построить кривую охлаждения в интервале от 16000 до 6000 С⁰ (с применением правила фазы) для сплава с содержанием углерода С= 5,0%.
- 4) Выбрать для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определить:
 - Содержание углерода в фазах;
 - Количественное соотношение фаз в %.
- 5) Изобразить микроструктуру заданного сплава при комнатной температуре;
- 6) По микроструктуре описать примерные механические свойства.
7. Сформировать вывод.

Ход работы:

- 1) Анализ и описание диаграммы Fe – С (Fe -Fe₃C) (рисунок 1):

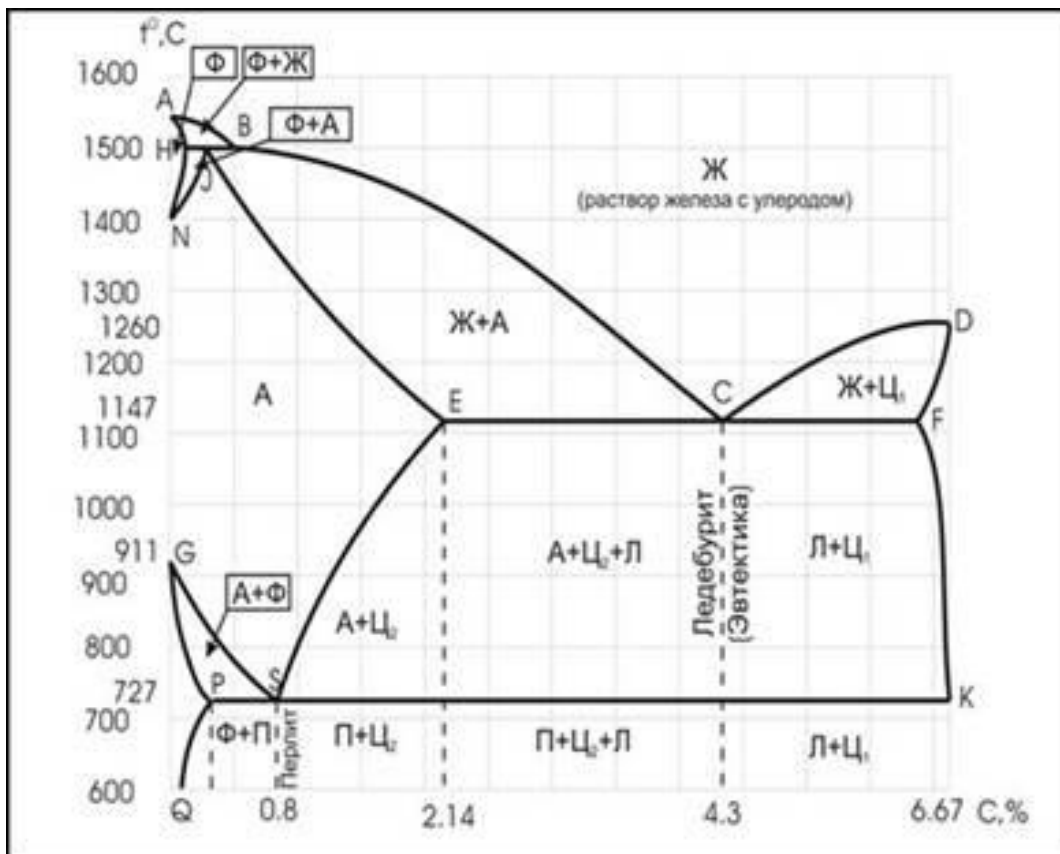


Рис.1. Диаграмма состояния железо - углерод

На диаграмме представлены следующие линии: [2].

Линия ABCD – линия ликвидус. Выше неё сплавы находятся в жидком состоянии;

Линия АНЈЕСF – линия солидус. Ниже неё все сплавы находятся в твердом состоянии;

Линия GSE – линия вторичной кристаллизации стали;

Линия GPSK – линия конца вторичной кристаллизации стали;

Линия EF – линия начала вторичной кристаллизации чугуна;

Линия SK – линия конца вторичной кристаллизации чугуна;

Ниже линии PSK никаких изменений не происходит.

2) Определение структурных составляющих и фаз во всех областях диаграммы с указанием твердости:

· Аустенит (γ -фаза) — это высокотемпературная гранцентрированная модификация железа и его сплавов. Фаза была названа в честь Уильяма Чандлера Робертс-Остина. В углеродистых сталях аустенит представляет собой твёрдый раствор (внедрения) углерода в γ - железе ($Fe\gamma$) с мягкой (HB 30-40), пластичной структурой. В данном растворе атомы углерода входят внутрь элементарной ячейки γ - железа во время конечной термообработки. В сталях, которые содержат другие металлы кроме железа и легированных сталей, в кристаллической решётке атомы металлов замещают атомы железа и возникает твёрдый раствор замещения. Аустенит имеет кубическую гранцентрированную кристаллическую (ГЦК) решетку. Его структура представлена одной фазой в виде твёрдого раствора, который может иметь переменный состав в зависимости от температуры. Чем выше температура, тем больше, углерода растворяется в решетке γ - железа. Максимальная растворимость составляет 2,14% (при 1147°C), минимальная – 0,8% (в углеродистых сталях аустенит существует при температурах не ниже при 727°C).

В легированных сталях аустенит может существовать и при гораздо более низких температурах. Аустенитную фазу стабилизирует такой элемент как никель. Присутствие никеля в размере от восьми до десяти процентов приводит к тому, что аустенитная фаза сохраняется и при комнатной температуре [3,4].

· Цементит — это карбид железа (метастабильная фаза). Его химическая формула имеет вид Fe_3C . Он представляет собой химическое соединение железа с углеродом. Цементит содержит 6,67% углерода и обладает высокой твёрдостью HB 800. Цементит имеет орторомбическую кристаллическую решётку, он очень твёрд и хрупок, а также слабо магнитен до 210оС. Цементит может иметь различную форму (пластин, равноосных зёрен, сетки по границам зёрен и видманштеттову структуру) в зависимости от условий кристаллизации и последующей обработки. Он разлагается при температуре выше 1650оС. В разных количествах в зависимости от концентрации цементит присутствует в железоуглеродистых сплавах уже при малых содержаниях углерода. Его формирование происходит в процессе кристаллизации из расплава чугуна. Цементит образуется при охлаждении аустенита или при нагреве мартенсита. Цементит является фазой и структурной составляющей железоуглеродистых сплавов, а также составной частью перлита, сорбита, ледебурита и троостита. Он является представителем фаз внедрения, соединения переходных металлов с лёгкими металлоидами. Цементит серый, твёрдый и термически устойчивый. Он не реагирует с щелочами, водой и гидратом аммиака. Реагирует с кислотами.

· Ледебурит - это структурная составляющая железоуглеродистых сплавов, главным образом чугунов, которые представляют собой эвтектическую смесь цементита и аустенита в интервале температур 727-1147оС или цементита и перлита в диапазоне температур ниже 727оС. Ледебурит имеет очень твёрдую и хрупкую структуру и имеет твёрдость HB 700. Он был назван в честь немецкого металлурга Карла Генриха Адольфа Ледебура. Основной фазой инициирующей зарождение ледебурита является цементит. Ледебурит присутствует в следующих железоуглеродистых сплавах: чугунах (доэвтектических чугунах, эвтектическом чугуне, в заэвтектических чугунах), сталях.

· Феррит - это фазовая составляющая сплавов железа, которая представляет собой твёрдый раствор углерода и легирующих элементов в α -железе (α -феррит). Феррит имеет мягкую и вязкую структуру, его твёрдость составляет HB 90-100. Твёрдый раствор углерода в α - железе $Fe\alpha$. Феррит имеет кубическую объёмно-центрированную кристаллическую (ОЦК) решётку. Он является фазой составляющих других структур, например, перлита, состоящего из цементита и феррита. При температурах выше 1401 °С в железоуглеродистых сплавах образуется твёрдый раствор углерода в δ -железе, который можно рассматривать как высокотемпературный феррит.

· Перлит — это горная порода вулканического происхождения. Перлит представляет собой эвтектоидную смесь, состоящую из двух фаз - феррита и цементита. Структура достаточно прочная с твёрдостью HB 180-220. Образование перлита — это очень интересный процесс. На кромке потока лавы в местах первичного соприкосновения земной поверхности и магматических расплавов, в результате быстрого охлаждения лавы формируется вулканическое стекло под названием обсидиан. Уже в дальнейшем под воздействием подземных вод происходит его гидратация и в результате образуется перлит. Для него характерна мелкая концентрически-скорлуповатая отдельность, по которой он распадётся на округлые ядра, которые напоминают жемчужины с характерным блеском. Среди всех остальных вулканических пород перлит отличается наличием конституционной воды (более 1%). Его пористость может быть от 8 до 40 процентов. Перлит может иметь чёрную, красно-бурую, коричневую, зелёную, белую окраску различных тонов. Различают следующие разновидности перлита: обсидиановый, смолянокаменный, сферолитовый, стекловатый и другие. По текстурным признакам выделяют полосчатый, массивный, брекчиевидный и пемзовидный перлиты.

3) Описание превращения и построение кривой охлаждения в интервале от 16000 до 6000 С0 (с применением правила фазы) для сплава с содержанием углерода $C= 5,0\%$:

Сплав, содержащий 5.0% С, при охлаждении (при температуре t_1) начинает затвердевать. Из жидкого сплава выпадают кристаллы цементита. При понижении температуры образуются новые кристаллы с большим содержанием углерода, а ранее выпавшие

кристаллы цементита продолжают расти, обогащаясь углеродом. Из этого следует, что наращиваемые слои на поверхности кристаллов содержат больше углерода, чем центральные. Всё это вызывает внутрикристаллическую, или дендритную ликвацию. Вследствие протекания диффузионных процессов в выпавших кристаллах происходит частичное выравнивание состава. Этот процесс протекает медленно, и затвердевший сплав имеет внутрикристаллитную ликвацию [5].

В интервале температур от 1147 °С до 727 °С при охлаждении чугуна цементит обедняется углеродом, его состав изменяется по линии ES и выделяется ледебурит. При небольшом переохлаждении ниже 727 °С в заэвтектических белых чугунах из жидкости кристаллизуется первичный цементит в виде плоских игл, затем образуется ледебурит. При комнатной температуре заэвтектический белый чугун содержит две структурные составляющие: первичный цементит и ледебурит. Фазовый состав белых чугунов при комнатной температуре такой же, как в углеродистых сталях. В равновесном состоянии, все они состоят из феррита и цементита.

Таким образом, после вторичной кристаллизации стали при температуре ниже 7270 С имеют следующую структуру: доэвтектоидны–перлит, цементит и ледебурит, эвтектоидные –ледебурит и заэвтектоидные – ледебурит и цементит.

Кривую охлаждения данной стали можно построить с использованием правила фаз: [6].

Зависимость между числом степеней свободы, числом компонентов и числом фаз и выражается уравнением $C = k - f + 1$,

Где,

C – число степеней свободы системы (вариантность системы);

k – число компонентов, образующих систему;

1 – число внешних факторов;

f – число фаз, находящихся в равновесии.

Под числом степеней свободы понимают возможность изменения температуры и давления без изменения числа фаз, находящихся в равновесии.

Применяя правило фаз, определим степень свободы для точек 1,2,3.

1 - $C = 2 - 2 + 1 \neq 0$;

2 - $C = 2 - 3 + 1 = 0$;

3 - $C = 3 - 2 + 1 \neq 0$ (рисунок 2).

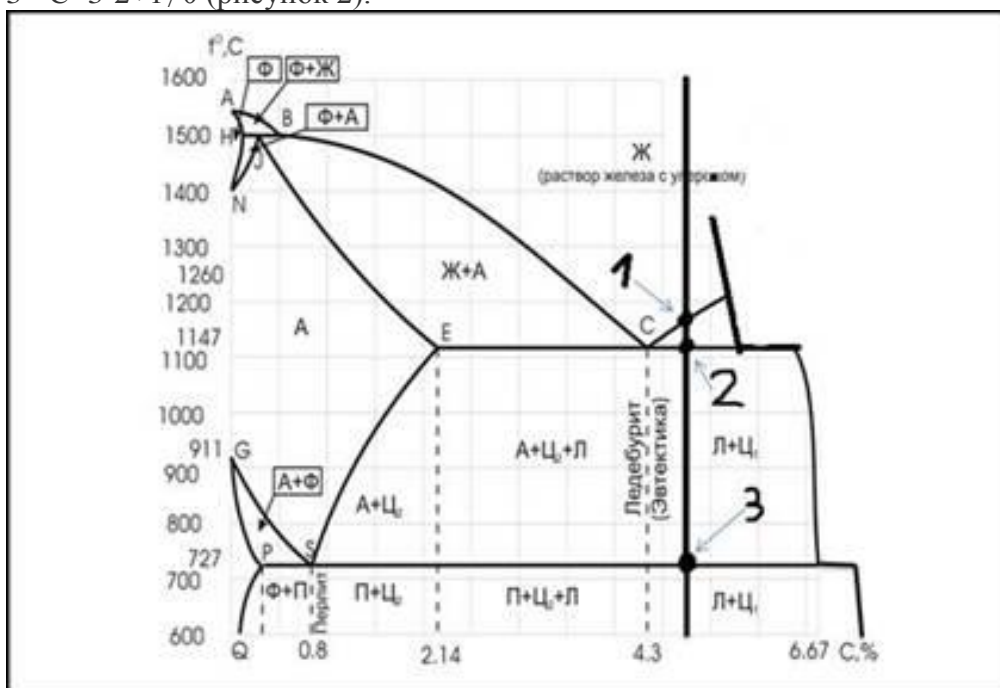


Рис.2. Кривая охлаждения

4) Выбор для заданного сплава температуры между линиями ликвидус и солидус и определение: содержания углерода в фазах и количественного соотношения фаз в %:

а) Выберем, например, температуру t_2 (рисунок 3).

Через эту точку проведём изотерму, пересекающую диаграмму по линиям ликвидус и солидус. Для определения концентрации углерода в фазе ледебурит и цементит из точки пересечения изотермы и линии солидус опустим перпендикуляр на ось концентрации углерода. Для определения концентрации углерода в жидкой фазе из точки пересечения изотермы и линии ликвидус опустим перпендикуляр на ось концентрации углерода.

б) Количественное соотношение фаз определим по правилу отрезков:

Процентное содержание жидкой фазы $(a/a+b) \cdot 100\%$

Процентное содержание ледебурит+цементит $(b/a+b) \cdot 100\%$

Так как $b > a$, то содержание ледебурит+цементит больше содержания жидкой фазы.

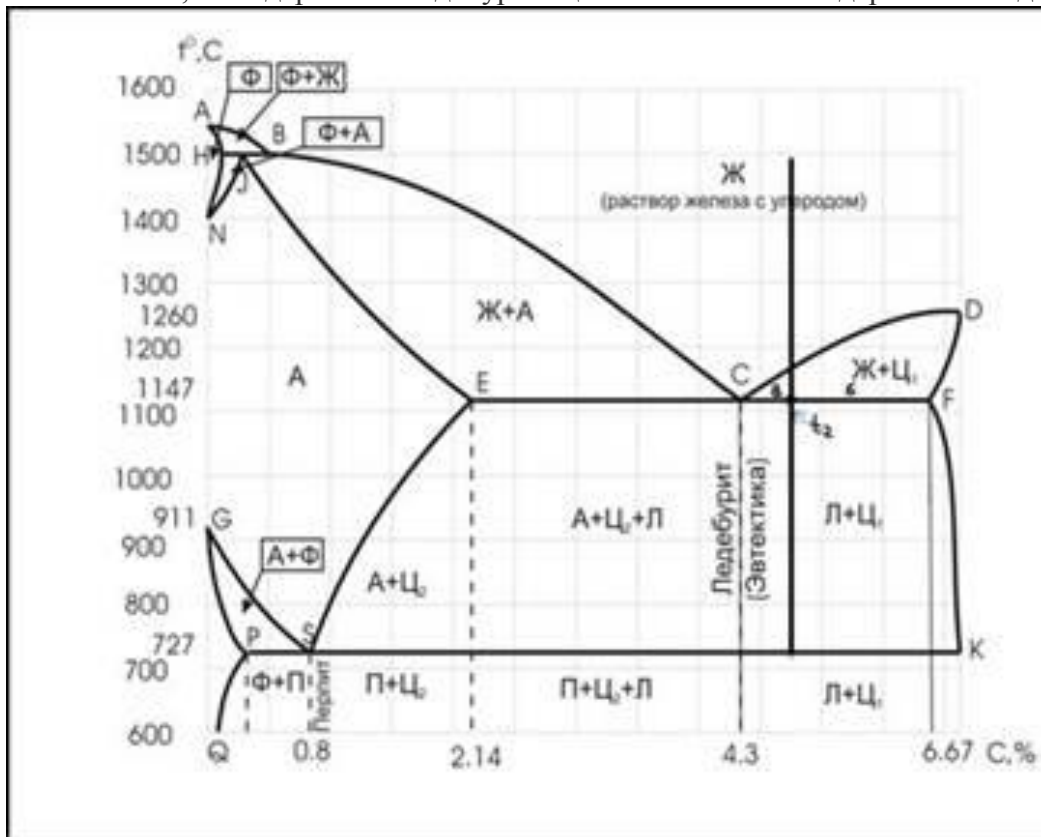


Рис.3. Определение состава фаз

5) Изображение микроструктуры заданного сплава при комнатной температуре:

При комнатной температуре заэвтектический белый чугун содержит две структурные составляющие: первичный цементит и ледебурит (рисунок 4).



Рис.4. Первичный цементит и ледебурит

б) Описание примерных механических свойств по микроструктуре:

Из-за присутствия большого количества цементита белый чугун обладает высокой твердостью ($HV = 4500 - 5500$ МПа), хрупок и практически не поддается обработке резанием. Поэтому белый чугун имеет ограниченное применение, как конструкционный материал.

Ответы на контрольные вопросы:

1) Состояние системы, при котором остаются неизменными по времени макроскопические величины этой системы (температура, давление, объём, энтропия) в условиях изолированности от окружающей среды

2) Макро- и микроструктура.

3) Зерна: Феррита, перлита, цементита, аустенита.

4) Равновесное состояние железоуглеродистых сплавов в зависимости от содержания углерода и температуры описывает диаграмма состояния железо - углерод. По диаграмме состояния системы железо - углерод судят о структуре медленно охлажденных сплавов, а также о возможности изменения их микроструктуры в результате термической обработки, определяющей эксплуатационные свойства.

5) На диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов на оси ординат отложена температура, на оси абсцисс - содержание в сплавах углерода до 6,67%, то есть до такого количества, при котором образуется цементит Fe₃C.

6) *Легированными* называют стали, в которых, кроме железа, углерода, случайных примесей и технологических добавок, содержатся легирующие элементы для придания сталям специальных свойств. Основными легирующими элементами являются марганец, кремний, хром, никель, вольфрам, молибден и др.

Легированные стали делят на *низколегированные* общим содержанием легирующих элементов до 2,5 %, *среднелегированные* – 2,5 – 10,0 % и *высоколегированные* – более 10 %.

7) Легированные стали в зависимости от структуры, получаемой после нагрева до 900°С и охлаждения на воздухе (т.е. после нормализации), подразделяются на пять классов;

1. перлитный;

2. мартенситный;

3. аустенитный;

4. ферритный;

5. карбидный,

8) Стали перлитного класса характеризуются небольшим содержанием легирующих элементов (менее 5...7%). Для них, как и для углеродистых сталей, кривая скорости охлаждения при нормализации будет пересекать С-кривые перлитного распада. Следовательно, будут получаться структуры перлитного типа: перлит, сорбит, тростит.

9) Стали мартенситного класса содержат большее количество легирующих элементов (обычно 7... 15 %). В присутствии никеля, даже при общем количестве легирующих элементов около 5 %, сталь может относиться к мартенситному классу. Содержание углерода в сталях мартенситного класса обычно не превышает 0,55 %, Область перлитного распада в этих сталях сдвинута вправо, поэтому охлаждение на воздухе приводит к переохлаждению аустенита до температур мартенситного превращения, где и происходит образование мартенсита.

10) Стали аустенитного класса содержат более 15 % легирующих элементов, в том числе не менее 8 % никеля или около 13 % марганца. В большинстве этих сталей содержание углерода не превышает 0,2 %. Легирующие элементы (особенно никель), растворяясь в аустените, очень сильно повышают его устойчивость. При этом не только сдвигается вправо область перлитного распада, но и точка начала мартенситного превращения снижается в область отрицательных температур. В результате сталь, охлажденная на воздухе до комнатной температуры, сохраняет аустенитную структуру. Стали ферритного класса содержат от 17 до 30 % хрома или не менее 2,5% кремния. Это малоуглеродистые стали, в которых процент углерода не превышает 0,2. Растворяясь в феррите, хром очень сильно повышает его устойчивость. Такие стали практически не имеют фазовых превращений при нагреве вплоть до плавления, то есть сохраняют ферритную структуру во всех интервалах температур. К сталям карбидного (ледебуритного) класса относятся высокоуглеродистые (более 0,7 % C), легированные большим количеством карбидообразующих элементов, преимущественно вольфрамом, ванадием, молибденом, хромом. Легирующие элементы

образуют с углеродом большое количество специальных карбидов. Уже в процессе кристаллизации стали образуются карбиды, входящие в состав эвтектики, напоминающей ледебурит. При охлаждении на в сталях карбидного класса, подобно сталям мартенситного класса, основа структуры получается мартенситной.

Вывод: Диаграмма состояния сплавов Fe-C это графическое отображение фазового состояния сплавов железа с углеродом. Кривая охлаждения показывает характер зависимости фазового состава и структуры в зависимости от концентрации и температуры. Тем самым диаграмма состояния Fe-C показывает изменение фазового состава (структуры) сталей и чугунов в зависимости от содержания углерода и температуры. Также диаграмма состояния определяет температуру нагрева сплавов при термической обработке.

Практическая работа №3

Тема: Определение состава легированных сталей и чугуна

1. Цели работы

Научиться определять химический состав, свойства и применение углеродистых сталей по их маркам.

2. Краткие теоретические сведения

Маркировка углеродистых сталей

Маркировка углеродистых сталей зависит от их качества и назначения. Стали обыкновенного качества имеют 3 группы поставки: А, Б, В. Стали группы А поставляются с гарантированными механическими свойствами, химический состав не регламентируют. Стали группы Б поставляются с гарантированным механическим составом, механические свойства не гарантируются. Стали группы В поставляются с гарантированными химическим составом и механическими свойствами. О механических свойствах и химическом составе информацию получают в сопроводительных документах.

Все эти стали обыкновенного качества (ГОСТ 380-71) маркируются буквами Ст, после которых ставится цифра от 0 до 6. Впереди марки – буква, указывающая группу поставки (для стали группы А – не ставится). В конце марки указывается степень раскисления: пс, кп (для спокойных – не указывают).

Ст3кп – углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества, группы поставки А, с номером 3, кипящая.

ВСт4пс – углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества, группы поставки В, с номером 4, полуспокойная.

Качественные конструкционные углеродистые стали (ГОСТ 1050-74) маркируют цифрами 08, 10, 15, 20, 25... до 85. Цифры означают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Если сталь содержит повышенное количество марганца (0,8-1,2%), то после цифр ставится буква Г. В конце марки указывают степень раскисления (кп или пс).

Сталь 40 – качественная конструкционная углеродистая сталь с содержанием углерода 0,4 % , спокойная.

Сталь 65Гпс – качественная конструкционная углеродистая сталь с содержанием углерода 0,65%, более 0,8% марганца, полуспокойная.

Инструментальные углеродистые стали (гост 1435-74) маркируются большой буквой У и цифрами, которые означают содержание углерода в десятых долях процента. Эти стали чаще всего качественные. Однако, если сталь имеет повышенное качество, то в конце марки ставится буква А.

У8 – инструментальная углеродистая со средним содержанием углерода 0,8% (имеет точно такой же химический состав, что и Сталь 80, но отличается структурой и свойствами).

У12А – углеродистая инструментальная сталь, 1,2% углерода, высококачественная.

3. Содержание отчета

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Задание на практическую работу:
№1 Расшифровка 8 марок сталей.
№2 Таблица - свойства и применение стали.
4. Контрольные вопросы

4. Задание на практическую работу

Задание 1. Расшифровать марки углеродистых сталей

1	Ст0	БСт2пс	ВСт5кп	05кп	25	60Г	У7	У10А
2	Ст1кп	БСт3сп	ВСт4пс	08	30	70Г	У8	У11А
3	Ст2пс	БСт4	ВСт3сп	08кп	35	75Г	У9	У12А
4	Ст3сп	БСт5кп	ВСт2	08пс	40	80Г	У10	У13А
5	Ст4	БСт6пс	ВСт1кп	10	45	65Г	У11	У7А
6	Ст5кп	БСт0	ВСт4сп	10кп	50	60Г	У12	У8А
7	Ст6пс	БСт1сп	ВСт3	10пс	55	70Г	У13	У9А
8	Ст0	БСт2Г	ВСт5пс	15	60	75Г	У7А	У10
9	Ст1сп	БСт3кп	ВСт2пс	15кп	65	80Г	У8А	У11
10	Ст2	БСт4пс	ВСт1сп	15пс	70	65Г	У9А	У12
11	Ст3кп	БСт5сп	ВСт4	18кп	75	60Г	У10А	У13
12	Ст4пс	БСт6	ВСт3кп	20	80	70Г	У11А	У7
13	Ст5сп	БСт0	ВСт1пс	20кп	25	75Г	У12А	У8
14	Ст6	БСт1пс	ВСт2сп	20пс	30	80Г	У13А	У9
15	Ст0	БСт2сп	ВСт5	05кп	35	65Г	У7	У11А
16	Ст1пс	БСт3	ВСт2кп	08	40	60Г	У8	У12А

17	Ст2сп	БСт4кп	ВСт3пс	08кп	45	70Г	У9	У13А
18	Ст3	БСт5пс	ВСт4кп	08пс	50	75Г	У10	У7А
19	Ст4кп	БСт6сп	ВСт1	10	55	80Г	У11	У8А
20	Ст5пс	БСт0	ВСт1кп	10кп	60	65Г	У12	У9А
21	Ст6сп	БСт1	ВСт2пс	10пс	65	60Г	У13	У10А
22	Ст0	БСт2кп	ВСт3сп	15	70	70Г	У7А	У11
23	Ст1	БСт3пс	ВСт4кп	15кп	75	75Г	У8А	У12
24	Ст2кп	БСт4сп	ВСт5	15пс	80	80Г	У9А	У13
25	Ст3пс	БСт5	ВСт1сп	18кп	25	65Г	У10А	У7
26	Ст4сп	БСт6кп	ВСт2	20	30	60Г	У11А	У8
27	Ст5Г	БСт0	ВСт3кп	20кп	35	70Г	У12А	У9
28	Ст6кп	БСт1пс	ВСт4	20пс	40	75Г	У13А	У10
29	Ст0	БСт2сп	ВСт5пс	05кп	45	80Г	У7	У11А
30	Ст1пс	БСт3кп	ВСт4сп	08пс	50	65Г	У8	У12А

Задание 2. Для каждой марки выписать свойства и применение. Результат оформить в виде таблицы

Марка	Свойства	Применение

5. Контрольные вопросы

1. Что такое сталь?
2. По каким признакам классифицируют углеродистую сталь?
3. На какие группы по качеству делятся углеродистые стали?
4. Какие группы сталей обыкновенного качества различают в зависимости от назначения?
5. Как подразделяются качественные углеродистые стали по содержанию марганца?
6. На какие группы подразделяются углеродистые стали по способу раскисления?

Практическая работа №4

Тема: «Изучение состава сплавов цветных металлов»

1. *Цели работы - Научиться определять химический состав, свойства и применение сплавов цветных металлов по их маркам.*

2 Краткие теоретические сведения

Различают три группы медных сплавов:

- латуни
- бронзы
- сплавы меди с никелем

Латуни

Латунями называют двойные (томпак, где 90% и более - меди и 10% цинка и полутомпак, где меди 79-86% и остальное цинк) или многокомпонентные сплавы на основе меди, в которых основным легирующим элементом является цинк. При введении других элементов (кроме цинка) латуни называют специальными по наименованию элементов, например, железофосфорномарганцевая латунь и т.п. По сравнению с медью латуни обладают большей прочностью, коррозионной стойкостью. Механическая прочность латуней выше, чем меди, и они лучше обрабатываются (резанием, литьем, давлением). Большим их преимуществом является более низкая стоимость, так как входящий в состав латуней цинк значительно дешевле меди. Латуни нашли широкое применение в приборостроении, в общем и химическом машиностроении.

Латуни обозначают начальной буквой Л, затем ставят цифру, указывающую средний процент меди в этом сплаве.

Л96 – латунь, меди 96%, цинка 4% (томпак).

Латуни более сложного состава в обозначении имеют после буквы Л другую букву, а цифры, размещенные после цифры, указывающей процент меди, указывают процент добавок в марке латуни. Все добавляемые к латуни элементы обозначают русскими буквами: Ц – цинк; А – алюминий; О – олово; Н – никель; К – кремний; С – свинец; Мц – марганец; Ж – железо; Ф – фосфор; Б – бериллий. Цифры, помещенные за буквами, указывают среднее процентное содержание элементов.

ЛАЖМц66-6-3-2 – алюминиевожелезомарганцевистая латунь, содержащая 66% меди, 6% алюминия, 3% железа и 2% марганца, остальное составляет цинк.

ЛЦ40МцЗЖ – латунь, содержащая 40% цинка, 3% марганца, около 1% железа, остальное медь

Бронзы

Бронзы (медь, олово) – сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, марганцем, свинцом, бериллием. В зависимости от введенного элемента бронзы бывают: оловянные, алюминиевые, кремнистые, марганцовистые, свинцовистые, бериллиевые. Бронзы обладают высокой стойкостью против коррозии, хорошими литейными и высокими антифрикционными свойствами и обрабатываемостью резанием. Благодаря хорошим литейным качествам из бронз отливают пушки, колокола и статуи. Также бронзы используются при изготовлении арматуры газовых и водопроводных линий и в химическом машиностроении, где важна также высокая коррозионная стойкость бронз. Малый коэффициент трения и устойчивость к износу делает бронзы незаменимыми при изготовлении вкладышей подшипников, червяков и червячных колес, шестерен и других деталей ответственных и точных приборов. Бронзы легируют для повышения механических характеристик и придания особых свойств. Введение марганца способствует повышению коррозионной стойкости, никеля – пластичности, железа – прочности, цинка – улучшению литейных свойств, свинца – улучшению обрабатываемостью.

Бронзы маркируют русскими буквами Бр. Справа ставят обозначение элементов, входящих в состав бронзы:

О – олово; Ц – цинк; С – свинец; А – алюминий; Ж – железо; Мц – марганец.

Далее идут цифры, обозначающие среднее содержание дополнительных элементов в бронзе в процентах (цифры, обозначающие процентное содержание меди в бронзе, не ставят).

БрОЦС5-5-5 – бронза содержит по 5% олова, свинца, цинка, остальное – медь (85%).

БрА9Мц2Л – бронза литейная, содержит 9% алюминия, 2% марганца, остальное – медь.

Алюминиевые сплавы делят на деформируемые и литейные.

Деформируемые алюминиевые сплавы применяют для получения листов, ленты, проволоки и различных деталей методами обработки давлением: штамповкой, прессованием, ковкой. Деформируемые алюминиевые сплавы можно подразделить на две подгруппы:

- не упрочняемые термообработкой
- упрочняемые термообработкой

Первые характеризуются невысокой прочностью, но хорошей пластичностью. К ним относятся сплавы алюминия с марганцем и магнием, содержащие его до 6%. Эти сплавы почти всегда однофазные. Они хорошо свариваются, устойчивы против коррозии и применяются для малонагруженных деталей, изготавливаемых холодной штамповкой с глубокой вытяжкой, и для свариваемых конструкций. Упрочнение этих сплавов возможно только путем холодной деформации, так как упрочнение термической обработкой не удается.

АМц – сплав алюминия деформируемый не упрочняемый термообработкой, содержит 1% марганца.

Из группы деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термообработкой, наиболее распространены дуралюмины (или дюралюмины) – сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем (для повышения коррозионной стойкости сплава). Также распространены сплавы алюминия с медью, магнием, марганцем и цинком (сплавы высокой прочности).

Дюралюмины маркируют буквой Д, после которой стоит цифра, обозначающая условный номер сплава. Дюралюмины выпускают в виде листов, прессованных и катаных профилей, прутков, труб. Особенно широко применяют дуралюмины в авиационной промышленности и строительстве.

Д1 – деформируемый алюминиевый сплав, упрочняемый термообработкой (дюралюмин), содержит 4% меди, примерно по 0,5% магния, марганца, кремния.

Литейные алюминиевые сплавы содержат почти те же легирующие компоненты, что и деформируемые сплавы, но в значительно большем количестве (до 9-13% по отдельным компонентам). Литейные сплавы предназначены для изготовления фасонных отливок. Эти сплавы маркируются буквами АЛ с последующим порядковым номером: АЛ2, АЛ9 и т.п. По химическому составу их можно разделить на несколько групп, например, алюминий с кремнием или алюминий с магнием. Иногда их маркируют по химическому составу, например АК7М2. Буква М означает медь.

Сплавы на основе алюминия и кремния называют **силуминами**. Силумин обладает высокими механическими и литейными свойствами: высокой жидкотекучестью, небольшой усадкой, достаточно высокой прочностью, удовлетворительной пластичностью.

Сплавы на основе алюминия и магния имеют высокую удельную прочность, хорошо обрабатываются резанием и имеют высокую коррозионную стойкость.

Титановые сплавы применяются в авиационной (самолетостроении, ракетостроении, при производстве реактивных двигателей) и химической промышленности. Также титан широко применяют в судостроении благодаря его устойчивости против воздействия морской воды. Из сплавов на основе титана изготавливаются лопатки паровых и газовых турбин, выпускных клапанов дизельных двигателей, лопаток и дисков компрессоров, поршневых пальцев, шатунов и других деталей.

Титан и его сплавы маркируют буквами ВТ и порядковым номером, например ВТ8.

Магниевые сплавы широко применяют в транспортном машиностроении, особенно в авиации и ракетостроении. В зависимости от способа получения магниевые сплавы подразделяют на:

- литейные – эти сплавы используют в виде отливок, маркируются буквами МЛ и порядковым номером.
- деформируемые – сплавы используют в виде проката (листов, ленты, труб) и поковок, маркируются буквами МА и порядковым номером.

3 Задание на практическую работу

Задание 1. Расшифровать марки сплавов цветных металлов

№	1	2	3	4	5	6	7	8
1	АМц	Л63	МА8	ВТ1	Б83С	ЛК80-3	БрО10Ф1	БрН3Ц3С20Ф
2	Л90	АМг	Б16	МЛ1	ВТ5Л	БрКН1-3	БрОФ8-0,3	ЛА-ЖМц66-6-3-2
3	Д1	Л96	МА7	Б83	ВТ3	ЛА67-2,5	БрБНТ1,7	БрОЦС4-4-4
4	АМг3	МЛ2	Л60	ВТ4	БрБ2,5	Б92	ЛКС80-3-3	БрОФ7-0,2
5	МА6	АК2	БТ	Л85	ВТ14Л	БрА5	ЛС59-1	БрОЦС4-4-2,5
6	Л80	АЛ4	МЛ3	БН	БрС30	ВТ5	БрОЦ4-3	ЛАЖ60-1-1
7	ВТ6	Л70	Д16	МА5	БК2	ЛМц58-2	БрКМц3-1	БрО3Ц8С4Н1
8	МЛ4	АК4	Л68	БС2	ВТ5Л	БрА5	БрКН1-3	ЛМцНЖ60-2-1-1
9	АЛ3	МА4	Б92	Л60	БрБНТ1,7	ВТ14	БрО3Ц13С4	ЛА85-0,6
10	Л63	АМг5	МЛ5	ВТ15	Б83	БрО10Ц2	ЛМцЖ55-3-1	БрАМц9-2
11	МА3	Б6	Д18	Л65	ВТ14Л	ЛА77-2	БрО4Ц7С5	БрАЖН10-4-4
12	Б16	МЛ6	Л68	АК6	БрБ2	ВТ1	БрО10Ц2	ЛАНК75-2-2-1
13	ВТ3	Л70	МА2	АЛ4	БТ	БрКМц3-1	БрБНТ1,7	ЛК80-3
14	Л72	БС6	АЛ9	МЛ1	ВТ5Л	БрА7	ЛКС65-1,5-3	БрО3Ц7С5Н
15	Л96	АМг6	МА1	Б83С	БрО10Ф1	ВТ4	БрБНТ1,9	ЛН65-5
16	Д20	Л93	ВТ5	МЛ2	Б16	БрС60Н2,5	ЛМцА57-3-1	БрКМц3-1
17	МА2	АК8	Л90	Б83	ВТ14Л	ЛО90-1	БрО5Ц6С5	БрКМц3-1
18	Б92	МЛ3	АЛ7	Л85	БрС30	ВТ6	БрОФ4-0,5	ЛМцОС58-2-2-2
19	АЛ13	ВТ14	МА3	Л83	БТ	БрБ2,5	ЛС63-3	БрОЦСН3-7-5-1

20	БН	АМц	Л80	МЛ4	ВТ5Л	БрС30	ЛМцЖ55-3-1	БрОЗЦ12С5
21	МА4	Л75	Д1	БК2	БрКН1-3	ВТ15	ЛО70-1	БрАЖН11-6-6
22	Л70	МЛ5	ВТ1	АК2	БрБНТ1,9	БС2	ЛМцС58-2-2	БрОФ7-0,2
23	Б92	Л68	АЛ8	МА5	ВТ14	Л БрС30	ЛС74-3	БрАЖН10-4-4
24	МЛ6	АЛ27	Л65	Б16	БрО10Ц2	ВТ3	ЛАЖ60-1-1	БрКМц3-1
25	АМг	МА6	ВТ4	Л63	Б83	БрКМц3-1	БрОЦС4-4-4	ЛО62-1

Задание 2. Для каждой марки выписать свойства и применение. Результат оформить в виде таблицы (Таблица 1)

Марка	Свойства	Применение
1.		
2.		
3.....		

4. Контрольные вопросы

1. На какие группы делятся алюминиевые сплавы?
2. На какие группы делятся медные сплавы?
3. Как называются литейные алюминиевые сплавы?
4. Как называются деформируемые алюминиевые сплавы?
5. Особенности и применение титановых сплавов.
6. Какие химические элементы входят в состав бронз?
7. Какие химические элементы входят в состав латуней ?

Практическая работа №5

Тема: Технологические свойства пластических масс

Цель работы: Изучить основные виды неметаллических материалов конструкционного назначения, их свойства, состав и уметь различать их по предложенным образцам.

Приборы и методы: набор неметаллических материалов, увеличительное стекло, таблица с описанием материалов.

Ход работы

1. Изучить теоретическое обоснование
2. Ознакомиться с неметаллическими материалами, представленными в наборе.
3. Практическое задание №1. Заполнить таблицу данных о неметаллических материалах (не менее 5 материалов)
4. Практическое задание №2. Заполнить таблицу пластмасс.
5. Отчёт.

Теоретическое обоснование

Качественные характеристики пластмасс

Полиэтилен и поливинилхлорид относятся к конструкционным полимерным материалам. Это термопластичные пластмассы.

Полиэтилен (ПЭ) — плотный и прочный материал, стойкий к действию органических растворителей, хорошо окрашивается в различные цвета.

ПЭ обладает довольно высокой химической стойкостью, при комнатной температуре нерастворим ни в одном известном растворителе, высокими диэлектрическими

свойствами, применение ПЭ ограничено температурой 60...100°C, морозостойкость до –70°C. Из полиэтилена изготавливают крышки, кнопки, осветительные плафоны, трубки, прокладки и другие детали, а, также пленку, на основе которой получают драпировочные и обивочные ткани для сидений и спинок, трубы, стержни, а в порошкообразном виде его используют для газопламенного напыления.

Поливинилхлорид (ПВХ) - производятся два вида пластмасс — винипласт и пластикат, в состав которых, в отличие от винипласта, входят пластификаторы. Поливинилхлорид — один из наиболее распространенных синтетических материалов. Он негорюч, обладает высокой химической стойкостью, большой механической прочностью, почти не набухает, устойчив к старению, не имеет запаха, безвреден, легко окрашивается. Он наиболее дешевый и наименее дефицитный, поэтому получил широкое применение при производстве ящиков из погонажных профилейных элементов, раскладок, емкостей и т.д.

Пластифицированный поливинилхлорид используется для получения обивочных материалов (текстовинита и павинола) путем нанесения пленки на хлопчатобумажную ткань, изготовления трубок масло- и топливопроводов, профилей и других деталей.

Пластикат — полярный пластик, он обладает высокими диэлектрическими свойствами в области низких частот. Основное применение пластиката — изоляция проводов, кабелей.

Полистирол (ПС) является производной этилена. Это твердый, жесткий, прозрачный материал, хорошо окрашивается. Полистирол наиболее стоек к воздействию ионизирующего излучения по сравнению с другими термопластами. Полистирол растворим в бензоле, но стоек к кислотам, щелочам, маслам. Недостатки полистирола — низкая теплостойкость, склонность к старению и образованию трещин. Полистирол недостаточно теплостоек и при температуре около 80 °С детали из него начинают деформироваться, а при обычной температуре обладают хрупкостью, горюч, недостаточно стоек к действию бензина. Полистирол применяют при изготовлении деталей радиотехники, приборов. Ударопрочный полистирол — один из основных конструкционных материалов. Он обладает высокой твердостью, прочностью к ударным нагрузкам, эластичностью, сопротивлением на разрыв; стоек к действию температуры от +65 до –40°C. Применяются при изготовлении каркасов кресел, стульев, мебели, стекла приборов освещения, сигнальные стекла, кнопки, детали электроарматуры и др

Полиамиды при обычных температурах твердые и эластичные, а при температуре 160—240 °С переходят в жидкое состояние. Обладают высокой ударной прочностью, высокими антифрикционными свойствами (могут работать без смазки), химической стойкостью к нефтепродуктам и некоторым агрессивным жидкостям и газам, в нагретом состоянии легко заполняют формы. Из полиамидов, и в том числе капрона (поликапролактама), можно изготавливать большое количество разнообразных автомобильных деталей; втулки (педалей, дверных петель, рессор и др.), вкладыши, корпуса сальников, шестерни (привода спидометра и др.), манжеты, стеклодержатели, патроны ламп, выключатели, корпуса и крышки карбюратора, детали сливного крана (пробка, корпус), корпуса габаритных фонарей, оконные рамы автобусов и др. Недостатком деталей из полиамидных смол является некоторая нестабильность первоначальных размеров и физико-механических свойств, а также склонность к влагопоглощению и влагоотдаче. Полиамиды используются также в качестве сырья для получения пленок и волокон.

Акрилопласты широкое применение находят в виде листов органического стекла (плексиглас). Из этих пластмасс изготавливают пылезащитные линзы, внутренние плафоны, стекла габаритных фонарей, стекла верхних окон автобусов и задних окон кабин и другие детали.

Винилпласты применяют для изготовления банок аккумуляторных батарей, прокладок, уплотнителей, внутренней обшивки кузова. Пластифицированный поливинилхлорид используется для получения обивочных материалов (текстовинита и павинола) путем нанесения пленки на хлопчатобумажную ткань, изготовления трубок масло- и топливопроводов, профилей и других деталей.

Фенопласты (фенольные пластики, ФП) — реактопласты на основе фенолоформальдегидных смол. Обладает свойствами малый удельный вес, высокая антикоррозионная стойкость, влагостойкость, масло- и бензостойкость, стойкостью к действию кислот и других химических реагентов, недостаточно стойки к действию щелочей и концентрированных кислот, повышенная механическая прочность, высококачественные диэлектрики, окрашиваются в любые цвета, обладают высокими антифрикционными свойствами, не всегда могут быть использованы, так как они неработоспособны при значительных удельных давлениях и линейных скоростях в подшипнике.

Применяют в качестве материалов конструкционных, электротехнических, фрикционного и антифрикционного назначения, деталей технического назначения, работающих в условиях высоких температур и повышенной влажности, радиотехнической аппаратуры, водо- и кислотостойких изделий, футеровочной плитки, изделий, обладающих высокими фрикционными свойствами (тормозные колодки), химической аппаратуры, в машиностроении для изготовления колес, шестерен, в электротехнике, автомобиле- и судостроении, тепло-, гидро- и звукоизоляционных материалов. При изготовлении автомобильных деталей из фенопластов наиболее часто применяют так называемые слоистые пластики — асботекстолит, текстолит, гетинакс. Тормозные накладки изготавливают из фенопластов и гетинакса, у которых одним из наполнителей служит тот же асбест. Из текстолита, кроме изоляционных деталей приборов электрооборудования, изготавливают шестерни и упорные шайбы распределительного вала.

Практическое задание

Вам предлагаются образцы пластмасс. Пользуясь таблицей, определите, какие именно пластмассы Вам выданы. Обоснуйте свой выбор, заполнив таблицу.

Таблица данных о пластмассах

Название пластмасс	Качественные характеристики	Применение