



---

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**  
**ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»**  
**(БГТУ)**

---

Политехнический колледж (ПК БГТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФГБОУ ВО БГТУ  
О.Н. Федонин  
«20» апреля 2023 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по выполнению контрольной работы  
по учебной дисциплине  
**ОПЦ.03. Материаловедение**

Специальность:	<b>15.02.16 Технология машиностроения</b>
Уровень образования выпускника:	среднее профессиональное образование (СПО)
Программа подготовки специалиста среднего звена (ППССЗ):	базовая
Присваиваемая квалификация:	Техник-технолог
Форма обучения:	заочная
Срок получения СПО по ППССЗ:	4 года 10 месяцев
Уровень образования, необходимый для приема на обучение по ППССЗ:	основное общее образование
Год приема на обучение на 1-й курс:	2023

Брянск 2023

**Методические указания**  
**по выполнению контрольной работы**  
**по учебной дисциплине ОПЦ. 03. Материаловедение**  
**(далее — УМ)**  
**для специальности *15.02.16 Технология машиностроения***

Разработал(и):

— преподаватель ПК БГТУ

В.Е. Грибанов

МУ рассмотрены и одобрены на заседании  
предметной(цикловой) комиссии «Технология  
машиностроения» ПК БГТУ (далее — ПЦК)

от «20» апреля 2023 г., протокол № 9

Председатель ПЦК

Л.М.Курашова

Согласовано:

Заместитель директора ПК БГТУ  
по учебно-методической работе,

Т.Е.Балашова

© Грибанов В.Е.

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет»

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Введение

1 Методические указания по выполнению контрольной работы

2 Задание на контрольную работу №1

3 Перечень лабораторных занятий

Рекомендуемая литература

## ВВЕДЕНИЕ

Задания на контрольные работы составлены в соответствии с программой, утвержденной 25.05.2017 г. зам. директора колледжа по УМР.

Предусмотрено выполнение 1 контрольной работы.

На контрольную работу дано 10 вариантов.

Выбор варианта должен соответствовать последней цифре шифра.

Если номер шифра оканчивается нулем, следует выполнять десятый вариант.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- определять виды конструкционных материалов;
- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации;
- проводить исследования и испытания материалов;
- рассчитывать и назначать оптимальные режимы резания.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;
- классификацию и способы получения композиционных материалов;
- принципы выбора конструкционных материалов для применения в производстве;
- строение и свойства металлов, методы их исследования;
- классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения;
- методику расчета и назначения режима резания для различных видов работ.

## **1. Общие методические указания по выполнению контрольных работ**

1. Выполнение контрольной работы следует начинать с изучения методических указаний.

2. Выбор варианта задания на контрольную работу должен соответствовать последней цифре шифра учащегося.

3. Если в данном учебном году произошли изменения в содержании или количестве работ, то студенты, оставленные на второй год, все работы выполняют заново, согласно новой учебной документации.

4. Ответы на вопросы контрольной работы даются в объеме материала, изложенного в рекомендованной для выполнения контрольной работы литературе.

5. Рекомендуется сначала внимательно прочитать вопрос задания методические указания по его выполнению, а затем в рекомендованной литературе найти соответствующий материал, после чего следует повторно прочитать вопрос и убедиться в соответствии найденного материала.

6. Если возникнут затруднения в понимании какого-либо вопроса или ответе на него, следует обратиться за устной консультацией к преподавателю учебно-консультативного пункта (УПК) или написать в колледж с просьбой дать письменную консультацию.

7. Ответы на вопросы должны конспективно, то есть кратко, но полностью излагать материал, помещенный в рекомендованной методическими указаниями литературе

Может быть использована и другая литература, но ответы на вопросы задания должны охватить материал, по содержанию не меньший данного в рекомендованной литературе.

Вся расчетная часть работы выполняется полностью. Нельзя давать только ответы.

8. Ответы на вопросы рекомендуем сначала писать на черновике, и только после вдумчивого редактирования переписать в тетрадь,

9. Вопросы и задачи контрольной работы переписываются по-порядку, полностью и подчеркиваются.

10. На каждый переписанный вопрос сразу же дается ответ

11. После каждого ответа на вопрос оставляется незаполненное пространство, а в конце работы — 1-2 страницы для рецензии.

12. Контрольная работа должна быть написана разборчиво и выполнена аккуратно.

13. Чертежи, диаграммы, схемы, графики, рисунки выполняются карандашом или тушью на отдельном листе нелинованной бумаги (но не на кальке или миллиметровке) в соответствии с ЕСКД и с применением чертежных инструментов (циркуль, линейка и т.д.), а затем клеиваются или подшиваются в текст ответа, но не в конце тетради.

Надписи делаются чертежным шрифтом. Чертежи, выполненные на отдельных листах по размерам, превышающим формат тетради, складываются так, чтобы они не выходили за ее край.

14. В конце работы дается перечень использованной литературы с указанием года издания, ставятся подпись, дата выполнения.

15. После выполнения работы следует проверить: полностью ли она соответствует требованиям методических указаний.

16. Высланная из колледжа наклейка помещается на лицевой стороне обложки контрольной работы. Следует заполнить все ее графы, за исключением касающихся рецензирования (фамилии преподавателя, оценки, даты и подписи), Имя и отчество студента пишутся полностью.

17. В незачётной работе ответы дорабатываются на оставшихся чистых листах, после доработки контрольная работа высылается на рецензию.

Если, согласно рецензии, незачётная контрольная работа должна быть выполнена повторно или по другому варианту, то она высылается вместе с вновь выполненной на повторную рецензию.

18. Работы, выполненные не в соответствии с требованиями методических указаний или без учета указаний, данных в рецензиях по предыдущим работам, не зачитываются.

19. Ответы на вопросы контрольной работы даются в объеме материалов, изложенных в указаниях и в рекомендованной в пояснительной записке литературе.

## **2. Методические указания по выполнению контрольной работы**

Ответы на теоретические вопросы 1, 2, 3, 4, 5, 6, даются в соответствии с рекомендуемой литературой

Седьмой вопрос имеет десять вариантов. В ответе на каждый из вариантов требуется начертить диаграмму состояния железо-углерода и построить кривую охлаждения сплава с заданным содержанием углерода при его медленном охлаждении от 1600 до 0° С.

Описать превращения, происходящие в сплаве, и скорости его охлаждения на каждом участке кривой; после чего дать определение всем образующимся структурам.

Диаграмма должна быть начерчена в соответствии с пунктом 16 общих методических указаний на листе размером 204\*334 мм, равном формату развернутой тетради,

Диаграмма чертится полностью, как на рис 1., с указанием структур во всех ее зонах и в масштабе: по вертикали в 1 см — 100° С и по горизонтали в 2,5 см — 1% углерода.

Обозначения структур в зонах диаграмм должны быть выполнены так же, как это показано на рис. 1 методических указаний. Для кривой охлаждения масштаб по вертикали тот же, что и для диаграммы, а по горизонтали (время в секундах) выбирается с расчетом, чтобы кривая поместилась справа от диаграммы как это показано на рисунке 1. Температуры на кривой охлаждения покрываются в градусах, а не буквами или цифрами.

При ответе на вопрос 7 руководствуйтесь следующим планом:

1. Вычертить полностью диаграмму состояния железо-углерод, справа от нее систему координат (температура — время) для построения кривой охлаждения. По оси «время» цифры не ставятся, т. к. эта кривая схематическая.

2. На горизонтальной оси содержания компонентов отмечаем заданную концентрацию углерода и через нее проводим вертикальную линию, пересекающую все линии диаграммы, Точки пересечения отмечаем (например, точками). В каждой такой точке в структуре сплава по мере охлаждения происходит какое-либо превращение. Через каждую отмеченную точку ведем направо тонкую (или пунктирную) горизонтальную линию. Пресечение этой линии с вертикальной осью покажет температуру соответствующего превращения в сплаве. Поэтому на кривой охлаждения будет точка изменения наклона или горизонтальный участок.

3. Если линия заданного состава пересекает линию АСД диаграммы — ликвидус, где происходит первичная кристаллизация из жидкого состояния, то охлаждение замедляется, и кривая охлаждения ниже данной температуры становится более полой.

4. Если линия состава пересекает линию GSE (вторичная кристаллизация), где происходит выделение избыточной твердой фазы, то охлаждение замедляется, и кривая охлаждения ниже данной температуры становится все более полой.

5. Если линия заданного состава пересекает линию ECF (эвтектического ледебуритного превращения) при  $1477^{\circ}\text{C}$  или линию PSK (эвтектоидного перлитного превращения) при  $727^{\circ}\text{C}$ , то на кривой охлаждения при данных температурах обязательно будет горизонтальный участок.

6. На участке АЕ линия солидус при аустенитном превращении сплава дальнейшей кристаллизации не происходит, и поэтому кривая охлаждения ниже этих температур становится более крутой, т.к, охлаждение замедляется.

Рассмотрим пример охлаждения сплава (заэвтектоидной стали), содержащего 1,4% углерода.

В интервале температур от 1600 до  $1470^{\circ}\text{C}$  сплав жидкий и охлаждается быстро, т.к, превращений в нем не происходит, кривая охлаждения круто опускается вниз.

При  $1470^{\circ}\text{C}$  на линии ликвидус АС начинается первичная кристаллизация. Из жидкого сплава (в данном примере) выделяются избыточные по отношению к

эвтектике кристаллы аустенита. Поэтому скорость охлаждения замедляется, т.к. выделяется скрытая теплота кристаллизации.

Процесс кристаллизации до температуры 1300°C на линии АЕ. В интервале температур от 1300°C до 900°C кристаллизация не происходит, твердый сплав имеет структуру аустенита.

Сплав охлаждается быстрее, и кривая охлаждения (см. пункт 6) становится круче.

При температуре 900-727°C на линии SE начинается вторичная кристаллизация. В интервале температур 900 — 727°C из аустенита кристаллизуется цементит вторичный, выделяется теплота кристаллизации. Охлаждение замедляется, и кривая становится более пологой.

При 727°C линия состава пересекает линию PSK, и сплав приобретает эвтектоидную концентрацию. Аустенит превращается в перлит, происходит эвтектоидное — перлитное превращение. На кривой охлаждения (см. пункт 5) образуется горизонтальный участок. Ниже температуры 727 °C структурных превращений не происходит, и сплав начинает медленно охлаждаться.

Окончательная структура данного сплава — перлит и цементит вторичный. Далее даются описания полученных структур (в данном случае перлита и вторичного цементита).

По вопросу 8 включено десять вариантов, каждый из которых представляет задание на термическую обработку деталей, приведенных в таблице 3а задания. Например, на вопрос: «Укажите назначение, определите температуры нагрева, продолжительность нагрева и охлаждающие среды для отжига, нормализации, закалки и отпуска заданной детали». Ответ должен быть дан по форме табл. 1А, где приведен пример для марки стали У12 с толщиной детали 20 мм.

Виды термообработки — отжиг и нормализация заполнены для примера. По такому принципу должны заполняться все графы таблицы.

Назначение термообработки — отжиг и нормализация заполнены для примера. По такому принципу должны заполняться все графы таблиц.

Назначение различных видов термообработки, методы определения температуры нагрева, продолжительность нагрева, продолжительности нагрева,

скорости охлаждения и соответствующие охлаждающие среды даны в указаниях по изучению термической обработки.

Определение температур нагрева для отжига, нормализации и закалки заданной марки стали следует показать на диаграмме, как это рекомендовано в указанных по изучению термической обработки металлов для отжига, нормализации и закалки сталей, содержащих 0,4 и 1,6% углерода.

## **2.1 Указания по изучению термической обработки металлов**

Термической (тепловой) обработкой называют технологические процессы, состоящие из нагрева, выдержки и охлаждения металлических изделий с целью изменения их структуры и свойств при неизменном химическом составе.

Режим термической обработки характеризуют следующие основные параметры:

- температура нагрева;
- время выдержки сплава при температуре нагрева;
- скорость нагрева и скорость охлаждения.

### **Превращения в стали при нагреве**

При отжиге, нормализации и закалке сталь следует нагревать до состояния аустенита. Температура определяется по диаграмме (рис 2) в зависимости от состояния в стали углерода и вида термообработки.

Температуры нагрева для термической обработки могут задаваться не только линиями на диаграмме, но и критическими точками, так как линии диаграммы представляют собой геометрические места критических точек. Линия PSK на диаграмме есть геометрическое место точке  $A_{c1}$  при нагреве или  $A_{r1}$  при охлаждении. Таким образом, можно задать температуру нагрева линией PSK или точкой  $A_{c1}$ , лежащей на ней. Линия GS представляет геометрическое место точке  $A_{c3}$  или  $A_{r3}$ , т.е. Построена из точки  $A_{c3}$ , полученных при нагревании, или из

точек  $Ar_3$  — при охлаждении, а линия SE — геометрические места точек  $Ac_m$  и  $Ar_m$ . Температуры точек Ac и Ar несколько отличаются друг от друга.

После достижения нужной температуры нагрева деталь должна быть выдержана при этой температуре в течение времени, достаточного для ее прогрева по всему сечению.

Для отжига, нормализации и закалки время на нагрев в основном зависит от размеров и формы детали, от ее химического состава, от вида нагревательного устройства, от вида нагревательного устройства и определяется по справочнику, При отсутствии справочника для деталей из углеродистой стали время на нагрев в камерных печах ориентировочно может быть определено в зависимости от формы и размеров детали, Для отжига, нормализации и закалки время на нагрев и выдержку в печи при заданной температуре ориентировочно берется из расчета по 1,5 — 2 минуты на каждый миллиметр диаметра или толщины детали.

Для низкого отпуска время выдержки при  $200^{\circ}C$  принимается равным 30 минутам, для среднего отпуска при  $400^{\circ}C$  — равным 20 минутам и высокого отпуска при  $600^{\circ}C$  — равным 10 минутам. Кроме того, для всех видов отпуска прибавляется по 1 минуте на каждый миллиметр диаметра или толщины детали. Скорость охлаждения выбирается в зависимости от вида термообработки. Превращение при нагреве стали изучите по учебнику.

## **Отжиг**

Отжиг является первоначальной операцией термической обработки, цель которой — либо устранить некоторые дефекты предыдущих операций горячей обработки (литья,ковки и т.д.), либо подготовить структуру к последующим технологическим операциям (например, обработке резаньем, закалке).

Основные цели отжига:устранение внутренних напряжений и перекристаллизация стали.

Для отжига углеродистые стали нагревают на  $30...50^{\circ}C$  выше линии GSK. Охлаждение медленное (обычно вместе с печью) со скоростью  $20 + 100$  град/час. В большинстве случаев доэвтектоидные стали подвергают полному отжигу —

нагревают выше линии GS, а эвтектоидные и заэвтектоидные — неполному отжигу с нагревом выше линии SK.

Для нахождения этих температур на оси абсцисс диаграммы находят точку, соответствующую стали с заданным содержанием углерода, и из нее восстанавливают перпендикуляр до пересечения с линиями диаграммы, затем из полученных точек пересечений проводят линии, параллельные оси абсцисс, до пересечения с осью ординат и на ней находят температуры критических точек, соответствующих температурам нагрева, к которым добавляют еще 30... 50°C. Так, например, для отжига стали, содержащей 0,4 % углерода, потребуется нагрев на  $820 + (30...50)$ , а для стали, содержащей 1,6% углерода -  $727+(30...50)$ . Превращения при отжиге второго рода изучите по учебнику.

### **Нормализация**

Нормализация также является первоначальной операцией термической обработки, цель которой - полная фазовой перекристаллизация стали и устранение крупнозернистой структуры, полученной при литье или прокатке, ковке или штамповке, получение более высокой прочности стали.

Для нормализации сталь нагревают на 30...50 °C выше линии GSE (точка A<sub>с3</sub> для доэвтектоидных сталей и A<sub>см</sub> для заэвтектоидных, как это показано на диаграмме для стали, содержащей 1,6% углерода).

Охлаждают на спокойном воздухе со скоростью 50...100 °C град/час.

В результате сталь из крупнозернистой превращается в мелкозернистую, из хрупкой в более вязкую.

Превращение при нормализации стали изучите по учебнику.

### **Закалка**

Закалка способствует повышению прочности и твердости, понижению эластичности стали.

Для заковки сталь нагревают до состояния аустенита на 30...50 °C выше линии? GSK (точки  $A_{с3}$  для доэвтектоидной стали или  $A_{с1}$  для заэвтектоидной). Охлаждают быстро. Ориентировочно, при условии, что детали имеют обычные размеры и форму, охлаждающая среда имеет нормальную температуру цеха (18...20 °C), можно принять, что скорость охлаждения между металлическими плитами или обдувкой воздухом составляет 10...50 °C в сек, в масле 100 °C в сек и в воде 200 °C в сек. Более точно скорости охлаждения определяют по справочнику.

В зависимости от скорости охлаждения аустенит превращается в следующие основные структуры: перлит, сорбит, троостит и мартенсит.

Скоростью и временем распада аустенита (гамма  $\rightarrow$  альфа превращением) управляют два фактора. Первый - величина переохлаждения ниже  $A_1$  от которого зависит движущая энергия превращения. Второй - температура стали, от которой зависит скорость диффузии (подвижность) атомов, поэтому на распад аустенита необходимо время.

Слева от кривых распада лежит область первоохлажденного (нераспавшегося), несмотря на большое переохлаждение, аустенита.

Если кривая охлаждения ( $V_1$   $V_n$ ) пересечет кривую распада, то произойдет один из видов перлитового распада. Если кривая охлаждения пройдет левее кривых распада, то переохлажденный аустенит просуществует до 240 °C и превратится в мартенсит по бездиффузионному механизму, т.к. Температура уже слишком низкая, чтобы произошла перегруппировка атомов.

В эвтектоидной углеродистой стали при ее медленном охлаждении аустенит на линии перлитного превращения при 727 °C или при  $V_1$  и  $V_2$  при переохлаждении до 650 °C превращается в перлит.

При скорости охлаждения  $V_3$  около 10...50 °C в сек аустенит превращается в сорбит заковки, представляющих собой, так же как перлит, механическую смесь пластинчатых кристаллов цементита вторичного, равномерно распределенных в феррите, только в результате переохлаждения более тонких

Превращение аустенита в сорбит происходит при переохлаждении до 600 - 650 °C. Охлаждение для заковки на сорбит обычно производят между

металлическими плитами или обдувкой воздухом. Сорбитом называется структура дисперсной пластинчатой смеси цементита и феррита. Сорбит обладает высокой выносливостью, он хорошо сопротивляется ударным и переменным нагрузкам, его твердость  $HRC = 30$ . Структура сорбита должны иметь коленчатые валы, шатуны и другие детали, работающие при ударных и знакопеременных нагрузках.

При скорости охлаждения около  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  в сек аустенит превращается в троостит закали. Превращение аустенита в троостит происходит при переохлаждении до  $500 - 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Охлаждение для закали на троостит обычно производят в машинном масле.

Трооститом называется тонкодисперсная пластинчатая смесь цементита и феррита. Троостит обладает высокой упругостью, его твердость  $HCR = 40$ . Структуру троостита должны иметь рессоры, пружины и другие детали, от которых требуется высокая упругость.

При скорости охлаждения более  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  в сек аустенит превращается в мартенсит. В этом случае успевает произойти только перестройка решетки гамма-железа в несколько искаженную решетку альфа-железа без выделения углерода, которого в аустените содержится значительно больше, чем может раствориться при нормальных условиях в альфа-железе (феррите). Однако в мартенсите остается некоторое количество аустенита, не успевшего превратиться в мартенсит, так называемого остаточного аустенита. Остаточный аустенит в эвтектоидной стали превращается в мартенсит при его дальнейшем охлаждении до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ниже нуля. Таким образом, превращение аустенита в мартенсит начинается я при переохлаждении до  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а заканчивается при минус  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Охлаждение для закали на мартенсит производят' в воде.

Мартенситом называется пересыщенный твердый раствор углерода в альфа-железе. Мартенсит имеет игольчатую структуру, его тонкие вытянутые кристаллы похожи на иглы. Мартенсит очень тверд и хрупок, его твердость  $HCR = 60...65$ . Твердость мартенсита зависит от степени пересыщенности углеродом, поэтому, чем больше в стали углерода, тем выше ее твердость после закали.

Стали, содержащие углерода меньше 0,3%, закалку практически не принимают (не закаливаются).

Структуру мартенсита должны иметь металлорежущие инструменты, от которых требуется высокая твердость. Однако мартенсит обладает также и высокой хрупкостью, что недопустимо для инструмента, поэтому детали, закаленные на мартенсит, для уменьшения их хрупкости без заметного снижения твердости подвергаются отпуску. Превращения в стали при закалке изучите по учебнику.

## **Отпуск**

Отпуск производят для снижения или полного устранения внутренних напряжений, уменьшения хрупкости закаленной стали и получения требуемой структуры и механических свойств.

Отпуск - заключительная операция термической обработки, придающая стальному изделию окончательные свойства. Для отпуска нагрев закаленной стали осуществляют до температуры не выше  $A_{c1}$  ( $727\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

При нагреве до  $100...150\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит искусственное старение мартенсита, при этом остаточный аустенит превращается в мартенсит, что стабилизирует размеры деталей.

При нагреве до  $150...250\text{ }^{\circ}\text{C}$  (низкий отпуск) мартенсит превращается в отпущенный мартенсит, значительно уменьшает свою хрупкость при незначительном уменьшении твердости. При этом из мартенсита (пересыщенного раствора) начинает выделяться излишне растворенный в нем углерод в виде цементита. Однако цементит не успевает образовать обособленные кристаллы, оставаясь когерентно (через общий пограничный слой атомов) связанным с мартенситом.

При нагреве до  $350...450\text{ }^{\circ}\text{C}$  (средний отпуск) мартенсит превращается в троостит отпуска. При этом кристаллы цементита становятся уже обособленными, хотя и очень мелкими.

Сталь приобретает упругость.

При 450...650 °С (высокий отпуск или улучшение) образуется сорбит отпуска, у которого кристаллы цементита становятся еще больше. Сталь приобретает выносливость к переменным нагрузкам.

Дальнейший нагрев ведет за собой последовательные превращения в перлит и аустенит согласно диаграмме состояния сплавов.

Отпуск на отпущенный мартенсит называют также низким отпуском, отпуск на троостит - средним, а на сорбит - высоким отпуском или улучшением. Таким образом, структуры сорбита и троостита можно получить двояким путем - либо охлаждением из аустенита, либо нагреванием из мартенсита, однако структуры отпуска обладают лучшими механическими свойствами.

Охлаждение при отпуске углеродистой стали обычно производится на воздухе.

Теорию и практику отпуска изучите по учебнику.

При ответе на вопрос 8 рекомендуем следующий порядок:

- а) вычерчиваем таблицу 1
- б) вычерчиваем стальной угол диаграммы железо-углерод и на оси абсцисс находим содержание углерода в заданном составе (например, заэвтектоидная сталь, 1,6% С). Из точки заданного состава восстанавливаем перпендикуляр, пересекающий линии диаграммы. Так как для отжига любого вида заковки сталь нагревают на (30...50) °С выше линии GSK, то для заданной стали температура нагрева (а не точка превращения при охлаждении) равна  $A_{c1} + (30...50) ^\circ\text{C}$ . Записываем эти цифры:  $727 + (30...50) ^\circ\text{C}$  в графы таблицы.

Для нормализации стали нагревают на (30...50) °С выше линии GSE. Поэтому температура нагрева для заданной стали равна  $A_{cm}$  составляет в данном случае  $-960 ^\circ\text{C}$ , поэтому в таблицу вписываем  $960 ^\circ\text{C} + (30...50) ^\circ\text{C}$ .

Аналогично поступают, если, например, задан состав доэвтектоидной стали, содержащий 0,4% С

- в) назначение термообработки находим в учебнике или в Методических указаниях пункт 3 и вписываем в графу таблицы

- г) время нагрева до температуры Т.О. Вычисляем по данным учебника или Методических указаний "Г "

д) режим охлаждения (среда и примерная скорость охлаждения) находим в учебнике или в Методических указаниях ' . и вписываем в таблицу

е) после заполнения таблицы дается описание метода определения нагрева и режима охлаждения и полученных после термической обработки структур.

Девятый вопрос имеет 10 вариантов, включенных в табл. 4.а

По каждому из вариантов следует расшифровать марки заданных конструкционных и инструментальных материалов.

Затем привести примеры применения каждого материала.

Ниже приводится образец ответа на вопрос 9

15ХСНД - низколегированная строительная качественная сталь. Применяется для сварных строительных ферм, конструкций мостов, осей, тяг, корпусов аппаратов и сосудов. Стойкая к атмосферной коррозии.

СЧ15 - серый чугун, ферритный с графитом пластинчатой формы. Применяется для изделий неответственного назначения (крышки люков, шкивы, корпуса редукторов, насосов)

20 - машиностроительная углеродистая конструкционная качественная сталь, содержит 0,2% С, упрочняется в поверхностном слое. Применяется для изготовления цементуемых, нитроцементуемых, цианируемых деталей. Не требующих высокой прочности сердцевины (оси каретки велосипеда, сельскохозяйственные машины).

60С2ХФА - пружинная легированная высококачественная сталь с высокими механическими свойствами после термической обработки. Содержит 0,6% С, 2% Кремния (С), примерно по одному проценту хрома (Х) и ванадия (Ф). А - высококачественная. Применяется для особо ответственных толстых пружин, работающих при нагреве до 200 - 500 С, требует поверхностного упрочнения обдувкой дробью.

45Х14Н14В2М - легированная жаропрочная до 650 °С. Структура аустенита с карбидным упрочнением. Содержит 0,45% С, 16% хрома (Х14), 14% никеля (Н14), 2% вольфрама (В2) и 1% молибдена (М). Применяется для изготовления выпускных клапанов форсированных двигателей внутреннего сгорания, деталей

особо ответственных трубопроводов, жаропрочных болтов, лопаток и дисков газовых турбин, работающих при 650 °С.

12X18H9T - легированная, коррозионностойкая сталь аустенитной структуры. Содержит 0,12% С, 18% хрома (Х18), 9% никеля (Н9) и примерно 1% титана (Т). Применяется для изготовления баков, труб, деталей, сопротивляющихся коррозии в морской воде, лаках, органических и азотной кислотах, в слабых щелочах. Также жаропрочна до 600 °С. Хорошо сваривается аргонодуговой сваркой.

3Х2В8Ф - инструментальная легированная. Содержит 0,3% С, 2% хрома (Х2), 8% вольфрама (В8) и 1% ванадия (Ф), теплостойкая, штамповал. Применяется для изготовления штампов, форм для машин литься под давлением, стойкая к образованию поверхностных трещин. Необходимая термообработка состоит в закалке с 1050...1100 °С в масло + отпуск при 550...650 °С.

ТТ7К12 - твердый металллокерамический инструментальный сплав. Содержит 81% карбида вольфрама (WC), 4% карбида титана (Ti C) + 3% карбида тантала (Ta C), т.е. Вместе 7% - (ТТ7), 12 % связки - металлический кобальт К12. Применяется в качестве режущих элементов для черновой обточки в тяжелых условиях по корке с раковинами при наличии песка и неметаллических включений. ;

САП1 - алюминиевый деформируемый сплав - спеченный алюминиевый сплав?. Содержит алюминиевую основу и 6-9% окиси алюминия (А1203). Применяется в авиастроении для изготовления листов, трубок, профилей, поковок и фольги, работающих до 500 °С.

АЛ20 - алюминиевый литейный сплав. Содержит алюминиевую основу, легированную 4% меди (Си), 1% магния (Si), 1,5% железа (Fe) и по 0,2% Mn, Cr, Ti. Сплав жаропрочный. Из него изготавливают головки цилиндров, поршни и другие детали облегченных двигателей внутреннего сгорания, нагреваемых до 275 С, с хорошими литейными свойствами и повышенной герметичностью.

ЛК80-3 - литейная двухфазная кремнистая латунь. Содержит 80%) меди, 3% кремния (К-3), остальное цинк (Zn). Применяется для изготовления крупных коррозионностойких заготовок, судовых винтов.

БрАМц10-2 - литейная алюминиево-марганцевая бронза. Содержит 10% алюминия (А-10) и 2% марганца (Мц-2), остальное медь. Применяется для изготовления фасонных литых деталей методом литья в кокиль и в песчаные формы.

ИРМ2 - титановый сплав. Легирован 4% алюминия и 3% ниобия. Применяется для сварочной проволоки (электродов) для сварки титановых сплавов.

БКА - свинцовокальциевый баббит Содержит 98% свинца (Р), содержит 1% натрия (Na).. Применяется для заливки центробежным способом или литьем под давлением в прочный корпус подшипников скольжения в железнодорожных вагонах, коленчатых валах тепловозных двигателей. Эти бабиты дешевле оловянных.

Капрон-полиамид - Полярный термопласт. Диапазон рабочих температур от -30 до +70 °С. Основное применение - для технического высокопрочного волокна, автомобильного корда, шнуров, строп и тканей. Быстро стареет на свету. Ткань не гигроскопична и не гигиенична, разрушается даже в слабых кислотах и не склеивается. Литые детали из капрона ударопрочны (корпуса электроинструмента), хорошо сопротивляется износу, имеют, малый коэффициент трения (приборные шестерни, подшипники скольжения без смазки в автомобиле, веретена, подошва обуви)

Пример ответа на вопрос 10

- выберите материал для высокопрочной арматуры для железобетонной конструкции.

Для такой арматуры нужна низколегированная арматурная сталь. Выбираем более прочную сталь 35 ГС. Она содержит 0,35 % С и примерно по 1% марганца (Г) и кремния (С).

Она хорошо сваривается, не требует термообработки.

- выберите материал для сварного бака для хранения горячей 20% серной кислоты.

Для такого бака нужна коррозионностойкая сталь (табл. 6). Выбираем марку 06ХН28МТ. Она содержит 0,06% С, 1% хрома (Х), 28% никеля (Н28), 1% титана

(Т). Очень пластичная, хорошо сваривается, не упрочняется закалкой - для корпуса шариковой ручки.

Для корпуса ручки используют полистирол (АБС-пластик). Изготавливают детали методом литья под давлением

### **3. Задания на контрольную работу №1**

Прежде чем приступить к выполнению контрольной работы, внимательно прочтите Методические указания. Работы, выполненные не в полном соответствии с их требованиями, не засчитываются.

#### **ВОПРОС 1**

Вариант 1

Доменное производство. Выплавка чугуна.

Вариант 2

Производство стали. Конверторный способ передела чугуна

Вариант 3

Производство стали. Мартеновский способ

Вариант 4

Производство стали в электропечах, его преимущества и недостатки по сравнению с мартеновским и конверторным способами

Вариант 5

Способы разливки стали и получения слитков

Вариант 6

Производство стали из руд

Вариант 7

Производство алюминия из руд

Вариант 8

Производство титана из руд

Вариант 9

Способы повышения качества стали и сплавов.

Раскисление стали и обработки синтетическими шлаками.

Вариант 10

Способы подготовки руды для плавки чугуна и цветных сплавов

## **ВОПРОС 2**

Вариант 1

Кристаллическое строение металлов. Кристаллические решетки металлов.

Реальное строение металлов. Полиформизм металлов.

Вариант 2

Кристаллическое строение металлов. Реальное строение металлов. Структурные несовершенства кристаллической решетки. Полиформизм металлов.

Вариант 3

Строение веществ. Аморфные и кристаллические тела. Анизотропия и изотропия. Полиформизм металлов.

Вариант 4

Кристаллизация металлов. Температура кристаллизации. Степень переохлаждения.

Свободная энергия. Полиформизм металлов.

Вариант 5

Кристаллизация металлов. Кривые охлаждения при кристаллизации. Скорость роста кристаллов. Полиформизм металлов.

Вариант 6

Кристаллизация металлов. Аллотропия металлов и железа.

Вариант 7

Методы исследования строения металлов: микро- и макроанализ. Рентгеновский анализ. Полиформизм металлов

Вариант 8

Пластическая деформация металлов. Упругая и пластическая деформация. Полиформизм металлов

#### Вариант 9

Пластическая деформация металлов. Явление наклепа. Полиформизм металлов.

#### Вариант 10

Кристаллизация металлов. Зависимость скорости роста кристаллов от степени переохлаждения. Полиформизм металлов.

### ВОПРОС 3

#### Вариант 1

Испытания металлов на растяжение. Диаграмма растяжения. Определение предела прочности.

#### Вариант 2

Испытания металлов на твердость. Определение твердости по Бринеллю

#### Вариант 3

Испытание на растяжение. Диаграмма растяжения. Определение предела текучести

#### Вариант 4

Испытание материалов на твердость. Определение твердости по Роквеллу.

#### Вариант 5

Испытание материалов на растяжение. Диаграмма растяжения. Определение предела прочности

#### Вариант 6

Испытание материалов на твердость. Определение твердости по Виккерсу

#### Вариант 7

Испытание материалов на ударную вязкость

#### Вариант 8

Испытания материалов на твердость. Определение микротвердости образцов.

#### Вариант 9

Испытание материалов на усталость. Определение предела усталости.

#### Вариант 10

Испытание материалов на растяжение. Диаграмма растяжения. Определение относительного удлинения

## **ВОПРОС 4**

### **Вариант 1**

Основы термообработки стали. Превращения в стали при нагреве

### **Вариант 2**

Основы термообработки стали. Превращения стали при охлаждении

### **Вариант 3**

Основы термообработки стали. Превращения аустенита при неправильном охлаждении с разными скоростями

### **Вариант 4**

Основы термообработки стали. Превращения мартенсита при нагреве (отпуск стали)

### **Вариант 5**

Технология термообработки стали. Отжиг стали

### **Вариант 6**

Технология термообработки стали. Отжиг стали

### **Вариант 7**

Термомеханическая обработка стали. Дефекты закалки стали

### **Вариант 8**

Поверхностная закалка стали

### **Вариант 9**

Химико-термическая обработка стали. Цементация стали

### **Вариант 10**

Химико-термическая обработка стали

## **ВОПРОС 5**

### **Вариант 1**

Технический титан и его сплавы. Табл. 13

### **Вариант 2**

Алюминиевые сплавы, их маркировка, применение

### Вариант 3

Медные сплавы, их маркировка, применение

### Вариант 4

Конструкционные углеродистые и легированные стали общего назначения, их состав, - маркировка, применение

### Вариант 5

Инструментальные стали и твердые сплавы для режущего инструмента. Состав, маркировка, применение

### Вариант 6

Инструментальные стали и твердые сплавы для измерительного инструмента, штамповые стали и сплавы. Состав, маркировка, применение

### Вариант 7

Антифрикционные материалы. Магнитные стали и сплавы. Состав, маркировка, применение.

### Вариант 8

Жаростойкость и жаропрочность. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы. Состав, маркировка, применение.

### Вариант 9

Коррозия сталей. Коррозионно-стойкие нержавеющие стали. Легирующие элементы и маркировка стали.

### Вариант 10

Чугуны, их состав, маркировка, применение

## ВОПРОС 6

### Вариант 1

Пластические массы. Форма молекул полимеров

### Вариант 2

Пластические массы. Их агрегатные состояния. Термопластичность и термореактивность.

### Вариант 3 '

Пластические массы. Термомеханические кривые для термоактивных полимеров.

#### Вариант 4

Пластические массы. Деструкция и старение полимеров

#### Вариант 5

Пластические массы. Слоистые армированные термореактивные пластики

#### Вариант 6

Пластические массы. Композиционные материалы на полимерной основе

#### Вариант 7

Термопластичные неполярные пластмассы, полиэтилен, полистирол, фторлон-4

#### Вариант 8

Термопластичные полярные пластмассы: поливинилхлорид, полиамиды

#### Вариант 9

Полимерные клеи и склеивание

#### Вариант 10

Резиновые материалы

### ВОПРОС 7

Начертите диаграмму состояния сплавов железа с углеродом. Покажите на ней структуры по всем ее зонам, а также характерные линии (ликвидус, солидус, А], Аз, Аст)

Справа от диаграммы постройте схематическую кривую медленного охлаждения от 1600 до 600 °С сплава с заданным содержанием углерода.

Опишите превращения, происходящие в заданном сплаве, и охарактеризуйте скорости его охлаждения на каждом участке кривой.

Дайте определение все образующимся по ходу охлаждения структурам. Составы заданных сплавов указаны в таблице 2а согласно Вашему варианту

Задание к вопросу 7 Таблица 2а

№ варианта	Содержание углерода	№ варианта	Содержание углерода
1	6,5	6	2,5
2	5,5	7	1,7
3	4,3	8	1,2
4	3,5	9	0,8
5	3,0	10	0,5

### ВОПРОС 8

Укажите назначение, определите температуры нагрева, время прогрева, скорость охлаждения и охлаждающие среды для:

- а) отжига
- б) нормализации
- в) закали
- г) отпуска детали из углеродистой стали, указанной в таблице 3а согласно

Вашему варианту задания

Задания к вопросу 8 Таблица 3а

Г° варианта	Марка углеродистой стали	Толщина детали в мм
1	У13	20
2	У11	60
3	У10	40
4	У 9	20
5	У8	60
6	У7	40
7	60	20
8	50	60
9	45	40
10	35	20

### ВОПРОС 9

Расшифруйте марки и укажите назначение конструкционных материалов, приведенных в таблице 4а, согласно Вашему варианту задания

## ВОПРОС 10

Подберите марки сплавов и материалов для изготовления следующих деталей машин и инструментов.

### Вариант 1

Для изготовления вытяжкой радиаторных трубок.

Для хирургического инструмента.

Для изготовления облегченных металлических оконных рам и дверей общественных зданий

Пресс-формы для литья под давлением.

Для крышки водопроводного люка.

Для стальной фермы моста с применением сварки.

Для изготовления штамповкой вкладышей подшипников двигателя автомобиля ЗИЛ-130. Для заднего фонаря легкового автомобиля.

### Вариант 2

Для клапана вентиля, работающего в сточных водах.

Для диска и лопаток авиационных газовых турбин.

Для лезвия безопасной бритвы.

Для резания сталей с твердостью до 45 HRC.

Для часовой пружины.

Для высокопрочной арматуры для железобетонной конструкции.

Для заливки вкладышей подшипников скольжения (для замены бронзы).

Для прокладки, стойкой во всех агрессивных средах.

### **Вариант 3**

Для корпусов наручных часов, изготавливаемых на металлорежущих автоматах.

Для изделий домашнего обихода с клеймом "нержавеющая".

Для лонжеронов крыла самолета.

Для напильников.

Для корпуса редуктора лифта.

Для рычага сельскохозяйственной машины, изготовленного холодной штамповкой.

Режущий элемент для черновой обточки в тяжелых условиях по корке с раковинами при наличии песка и металлических включений.

Коленчатый вал двигателя легкового автомобиля.

### **Вариант 4**

Для заготовки шестерни для мощного крана, работающей при высоких скоростях, нагрузках и нагреве.

Для выпускного клапана автомобильного двигателя.

Облегченный кузов вагона метро.

Для плашек и сверл с красностойкостью до 280 °С.

Для рессоры легкового автомобиля.

Для цементируемой шестерни коробки передач автомобиля.

Режущий элемент для черновой и чистовой обработки труднообрабатываемых сплавов (жаропрочных и титановых).

Для облицовки и трубопроводов гальванических ванн

### **Вариант 5**

Для паровой арматуры давлением до 25 атмосфер.

Для диска крупной мешалки, работающей в среде фосфорного удобрения.  
Алюминиевый сплав для поршня, нагревающегося до 250-350 °С.  
Для длинных и тонких метчиков.  
Для пружины амортизатора железнодорожного вагона.  
Шатун автомобильного двигателя.  
Для заливки ответственных подшипников скольжения в эскалаторе метро.  
Слоистый материал для печатных плат, несоответствующих электронных приборов.

## **Вариант 6**

Для коррозионностойкого гребного винта.  
Для труб пароперегревателей и арматуры паровых котлов.  
Отливка для легкой конструкции.  
Для прошивки в производстве труб, работающих при 700 °С.  
Для особо ответственных пружин, работающих при нагреве до 200 °С.  
Для упрочняемого азотированием шпинделя быстроходного станка.  
Твердосплавный инструмент для штамповки, высадки, обрезки углеродистых сталей при  
ударных нагрузках большой интенсивности.  
Эластичный и пластичный материал для нанесения изоляции на электропровод.

## **Вариант 7**

Для изготовления монет.  
Для высокопрочных коррозионностойких корпусов ракет.  
Для легкой детали (рулевого рычага катера), работающей во влажной атмосфере.  
Для сверла с красностойкостью до 650 °С.  
Для небольшой пружины для детской игрушки.  
Для сварной рамы шасси в автомобиле.

Режущий элемент на сверле, развертке, фрезе, для обработки стали, чугуна и труднообрабатываемых сплавов

Для подшипника скольжения, работающего без смазки в системе рулевого управления. автомобиля

## **Вариант 8**

Для высокопрочной коррозионностойкой и токоведущей пружины авиационных приборов. Для жаропрочного до 650 °С болта.

Для картера водоохлаждаемого легкого (спортивного) двигателя.

Для крупного молотового штампа.

Для заднего моста автомобиля.

Для распределительного вала автомобиля с закалкой шеек и кулачков ТВЧ.

Для заливки коренных подшипников скольжения коленвала (коленчатого вала) для автотракторного двигателя.

Для основы печатной платы ЭВМ.

## **Вариант 9**

Для гайки зажимного винта, работающего в тяжелых условиях Для лопаток паровой турбины.

Для изготовления литьем под давлением карбюратора автомобиля Для крупного ответственного вырубного штампа Для шабота ковочного прессы.

Для крыши кузова легкового автомобиля, изготовленной холодной штамповкой с глубокой.

Вытяжкой.

Для заливки под давлением подшипников скольжения в железнодорожных вагонах

Для легкой, прочной и жесткой антенны космической техники.

## **Вариант 10**

Проволока для газовой пайки металлов.

Для сварного листа бака (без термообработки), устойчивого в агрессивных средах, Пищевых.

продуктах и допускающего нагрев до 500-600 С Для станины настольной швейной машины

Для наконечника пневмозубила.

Чугун для поршневых колец автомобильных двигателей.

Для изготовления на токарном автомате крепежных элементов (винтов).

Режущий элемент на резец для чистовой обработки отбеленного чугуна, закаленной стали,

стекла, вызывающих абразивный износ инструмента.

Для изготовления методом контактного формования корпуса спортивного автомобиля.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

### **Лабораторная работа №1**

**Тема :«Испытание на твёрдость по Бринеллю**

**Цель работы**

**Обучение :**

- зучение схемы испытания металлов (сплавов) на твердость по Бринеллю ;
- изучение устройства автоматического рычажного прессы;
- ознакомление с методикой определения твердости металлов (сплавов) по Бринеллю.

**Воспитательная :**

- воспитание у студентов значимости профессиональных практических навыков ;

- воспитание положительного к процессу приобретения знаний ;

- воспитание дисциплинированности .

Развитие :

- умение учебного труда

### **Задание**

1.Изучить схему испытания металлов (сплавов) на твердость по Бринеллю.

2.Изучить устройство автоматического рычажного пресса.

3.Изучить методику определения твердости металлов (сплавов) по Бринеллю.

4.Составить отчет.

### **Материальное обеспечение**

1 Автоматический рычажный пресс типа Бринелля ТШ-2

2 Образцы для испытания .

3 Лупа для измерения диаметра отпечатка .

4 Напильник ,шлифовальный станок , шлифовальная бумага.

### **Краткие теоретические сведения**

#### **Схема испытания и величина твердости по Бринеллю**

Испытание на твердость по Бринеллю производится вдавливанием в испытуемый образец стального закаленного шарика определенного диаметра по действием заданной нагрузки в течении некоторого времени.

Схема испытания дана на рисунке 1 .

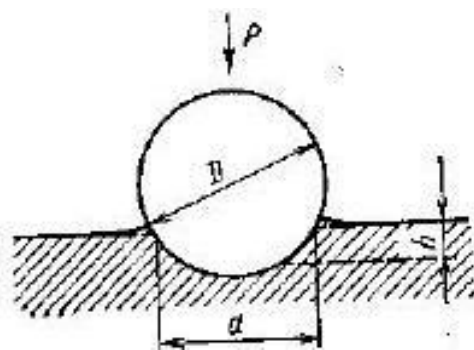


Рисунок 1 Схема испытания на твердость по способу Бринелля

В результате вдавливания шарика на поверхности образца получается отпечаток (лунка). Число твердости по Бринеллю, обозначаемое

$$HB = \frac{P}{F} \text{ МПа, кг / мм}^2 /$$

Где  $P$  – нагрузка, Н;

$F$  – площадь отпечатка,  $\text{мм}^2$

Площадь  $F$  шарового сегмента

$$F = \pi D \cdot h,$$

Где  $D$  – диаметр вдавливаемого шарика, мм ;

$h$  – глубина отпечатка, мм .

Так как глубину отпечатка  $h$  измерить трудно, а гораздо проще измерить диаметр отпечатка  $d$ , то целесообразно  $h$  выразить через диаметр шарика  $D$  и отпечатка  $d$  :

$$h = (D - \sqrt{D^2 - d^2}) / 2$$

Тогда  $F = \pi D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2}) / 2$ , а число твердости по Бринеллю будет характеризоваться формулой  $HB = 2P / \pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})$ .

## 6.2 Выбор диаметра шарика и нагрузка .

Шарики различного диаметра ( $D = 10; 5$  и  $2.5$  мм) применяют в зависимости от толщины испытуемого материала ( 5, с. 50)

Нагрузку  $P$  выбирают в зависимости от качества испытуемого материала по формуле :

$$P = K \cdot D^2 ,$$

Где  $P$  - нагрузка , Н ;

$D$  - диаметр шарика , мм ;

$K$ - постоянная для данного материала величина ,равная 300;100

Например при толщине испытуемого образца 10 мм из черного металла  $K=100$  , диаметр шарика  $D= 10$  мм ,нагрузка

$$P = 100 \cdot D^2 = 100 \cdot 10^2 = 10\,000 \text{ Н.}$$

### Прибор для испытания на твердость по Бринеллю

Наиболее распространенным прибором для испытания на твердость по Бринеллю является автоматический рычажный пресс (рисунок 2).

В зависимости от грузов , установленных на подвеске ,создается различная нагрузка ( 5, с. 50) .

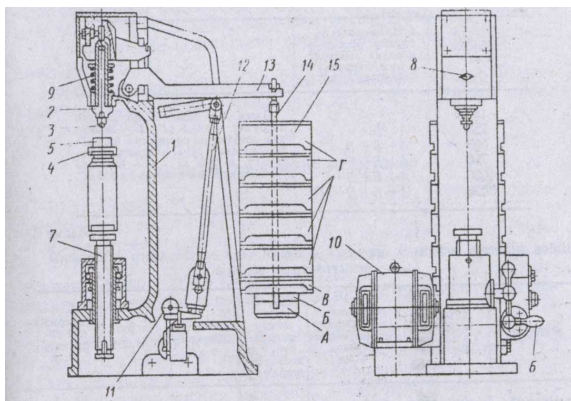


Рисунок 2 - Схема автоматического рычажного пресса для определения твердости :

1-станина ; 2-эксцентрик ; 3-винт ; 4-столик ; 5-испытуемый образец ; 6-наконечник с шариком ; 7-шпиндель ; 8-пружина ; 9-шатун ; 10-рычаг ; 11-подвеска ; 12-грузы ; 13-электродвигатель ; 14- указатель (контрольная лампочка) ; 15-рукоятка .

### **Подготовка пресса и проведение испытаний**

1. Установить на подвеску 14 грузы 15 , соответствующие выбранной для испытаний нагрузке .
2. Наконечник с шариками вставить в шпиндель 2 и укрепить .
3. На столик 4 поставить испытуемый образец 5. Образец должен плотно лежать на столике . Центр отпечатка должен находиться от края образца на расстоянии не менее диаметра шарика .
4. Вращаем маховик подъема шпинделя 7 по часовой стрелке поднимем столик 4 и прижимаем образец 5 к шарiku 3 ,продолжаем вращать маховик до упора .
5. Нажимаем кнопки пуска включаем электродвигатель .
6. Когда рычаг с грузами достигает исходного положения , опустить столик 4 и снять с него образец 5 с полученным отпечатком .

### **Методика измерения отпечатка и определение твердости по Бринеллю**

Измерения отпечатка осуществляется с помощью лупы , на окуляр которой нанесена измерительная шкала с точностью до 0.05 мм (5,с.52...53).

Величина твердости по Бринеллю HB определяется на практике с использованием таблицы (5,с.172) . Так , например , при диаметре отпечатка  $d=4.00$  мм ,нагрузке  $P=300 D^2$  ,где  $D$  – диаметр шарика ,мм, твердость  $HB=2290$  Н.

## Порядок выполнения работы

- 1 Изучить схему испытания металлов (сплавов) на твердость по Бринеллю, расчетные формулы .
- 2 Ознакомится с прибором для испытания на твердость по Бринеллю .
- 3 произвести подготовку образца .
- 4 Произвести подготовку прибора для испытания на твердость к работе .
- 5 Провести испытания , определить твердость образца .
- 6 Полученные данные занести в протокол испытаний .

№	Материал; Толщина образца, мм	Условия испытания (диаметр шарика , мм)	Диаметр опечатка , мм			Твердость НВ			
			отпечаток			отпечаток			среднее
			1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Вопросы для самопроверки

- 1 Что такое твердость ?
- 2 Какими способностями определяется твердость ?
- 3 Как проводится испытание на твердость по Бринеллю?
- 4 От чего зависит диаметр шарика и величина нагрузки при испытании методом Бринелля ?

### **Рекомендуемая литература**

- 1 Адашкин А.М ,Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов .- М.:ИД «ФОРУМ-ИНФРА-М»,2015.
- 2 Овчинников В.В. Металловеденье –М.:ИД «ФОРУМ – ИНФРА-М» , 2015.
- 3 Лахтин Ю.М , Леонтьева В.П. Материаловеденье. – М.: Машиностроение, 1990.
- 4 Кузьмин В.А. и.др. Технология металлов и конструкционные материалы –М.: Машиностроение ,1981.
- 5 Самохоцкий А.И ,Кунявский М.Н. Лабораторные работы по металловеденью и термические обработки металлов .-М.:Машиностроение, 1981.

### **Лабораторная работа №2 «Испытание на твёрдость по Роквеллу»**

#### **Цель работы**

#### **Обучение :**

- изучение схемы испытания металлов (сплавов) на твердость по Роквеллу;
- ознакомление с устройством прибора типа Роквелла ТК-2
- ознакомление с методикой определения твердости металлов (сплавов) по Роквеллу .

#### **Воспитательная :**

- воспитание у студентов значимости профессиональных практических навыков ;
- воспитание положительного к процессу приобретения знаний ;
- воспитание дисциплинированности .

#### **Развитие :**

- умение учебного труда

#### **Задание**

1. Изучить схему испытания металлов (сплавов) на твердость по Роквеллу.
2. Ознакомиться с устройством прибора ТК-2.

3. Изучить методику определения твердости металлов (сплавов) по Роквеллу.

4 .Составить отчет.

### **Материальное обеспечение**

1 Автоматический рычажный пресс типа Бринелля ТШ-2

2 Образцы для испытания .

3 Лупа для измерения диаметра отпечатка .

4 Напильник ,шлифовальный станок , шлифовальная бумага.

### **Краткие теоретические сведения**

Твердостью называется свойство поверхностного слоя материала сопротивляться деформированию или разрушению при местном контактом воздействии со стороны более твердого, не получающего остаточной деформации тела (индентора) определенной формы и размеров.

Для многих сплавов установлена четкая зависимость между твердостью, механическими ,эксплуатационными и технологическими характеристиками . Поэтому измерение твердости является наиболее распространённым методом механических испытаний . К остальным методам испытаний на твердость относятся три стандартных метода : Бринелля , Роквелла и Виккерса.

**Сущность, схема испытания ,расчетные формулы ,определение твердости по Роквеллу .**

Испытание на твердость по Роквеллу производят вдавливанием в испытуемый образец алмазного конуса с углом  $120^\circ$  при вершине или стального закаленного шарика диаметром 1,588 мм . Шарик и конус вдавливают в испытуемый образец под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок – предварительной  $P_0$  и основной  $P_1$  . Общая нагрузка будет равна сумме предварительной  $P_0$  нагрузок и основной

$P_1$  ;  $P = P_0 + P_1$  (рисунок 1)

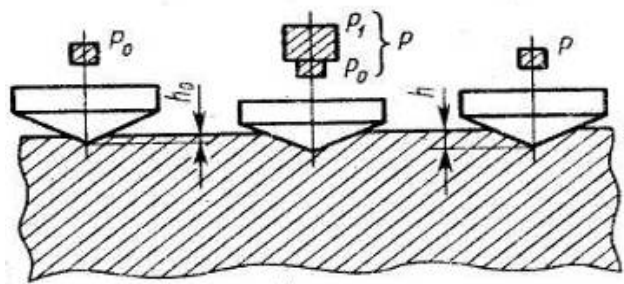


Рисунок 1- схема испытаний на твердость вдавливанием алмазного конуса (на приборе Роквелла)

Предварительная нагрузка  $P_0$  во всех случаях равна 100 Н, основная  $P_1$  и общая  $P$  нагрузки при вдавливании стального шарика (шкала В) составляют  $P_1=900\text{Н}$ ,  $P=100+900=1000\text{Н}$ , а при вдавливании алмазного конуса (шкала С)  $P_1=1400\text{Н}$ ,  $P=100+1400=1500\text{Н}$ , при вдавливании алмазного конуса (шкала А)  $P_1=500\text{Н}$ ,  $P=100+500=600\text{Н}$ .

Число твердости по Роквеллу величина отвлеченная и выражается в условных единицах.

За единицу твердости принята величина, соответствующая осевому перемещению наконечника на 0,002мм.

Число твердости по Роквеллу HR определяется по формулам при измерении по шкале В  $\text{HRB}=130\text{-е}$ , при измерении по шкале С и А  $\text{HRC}=100\text{-е}$ ,  $\text{HRA-е}$ .

Величина  $e$  определяется по следующей формуле:

$$e = \frac{h-h_0}{0,002},$$

где  $h$ - глубина наконечника в испытуемый материал под действием нагрузки

$P$ , измеренная после снятия основной нагрузки  $P$ , с оставлением

предварительной нагрузки  $P$ ,  $h_0$  - глубина внедрения наконечника в

испытуемый материал под действием предварительной нагрузки  $P_0$ .

В зависимости от того, применяют шарик или алмазный конус, и от нагрузки, при которой проводят их испытание (т.е. по какой шкале: В, С или А), число твердости обозначают HRB, HRC, HRA.

Величина твердости читается по шкале прибора, при испытании алмазным конусом – по черной шкале, при испытании шариком – по красной.

### **Выбор нагрузки и наконечника**

Нагрузку и наконечник выбирают в зависимости от твердости испытуемого образца (5, с.59). Например, при измерении твердости HRC, нагрузка 1500Н, пределы измерений 20...67 единиц. На практике стальные закаленные образцы испытывают алмазным конусом, серые – стальным закаленным шариком.

### **Подготовка прибора типа Роквелла, проведение испытания и определение твердости**

1. Установить необходимую нагрузку (схема прибора 5, с.56).
2. Установить испытываемый образец 6 на стол 7 прибора.
3. Вращением маховика 8 по часовой стрелке стол осторожно поднимать, при этом стрелка индикатора должна стать против красной точки, а большая, с погрешностью  $\pm 5$  делений, на нуль шкалы индикатора, если большая стрелка будет отклонена больше, чем  $\pm 5$  делений относительно нулевого штриха шкалы, необходимо вращением маховика 8 против часовой стрелки опустить стол (снять предварительную нагрузку) и испытание провести вновь в другом месте образца.
4. Вращением барабана 9 установить нуль шкалы С (черного цвета) против конца большой стрелки индикатора.
5. Плавным нажатием руки на клавишу 10 включить привод механизма нагружения.

6. После окончания цикла нагружения произвести отчет по шкале индикатора. Полученный результат твердости записать в графу 4 протокола испытания.

7. Вращение маховика 8 против часовой стрелки опустить стол (снять предварительную нагрузку), образец передвинуть и повторить испытание в другом месте образца. На каждом образце должно быть проведено не менее трех испытаний. Расстояние центра отпечатка от края образца или от центра другого должно быть не менее 3 мм. Результаты последующих испытаний твердости записать в графу 5 и 6 протокола испытания, а среднее – в графу 7.

8. Числа твердости по Роквеллу перенести в числа твердости по Бринеллю и записать в графу 8 протокола испытания.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить схему испытания металлов (сплавов) на твердость по Роквеллу, расчетные формулы.
2. Ознакомиться с прибором типа Роквелла ТК-2.
3. Произвести подготовку образца.
4. Подготовить прибор типа Роквелла, провести испытание, определить твердость образца.
5. Полученные данные занести в протокол испытаний.

#### *Протокол испытания на твердость*

№ п/ п	Материал образца	Шкала	Твердость HR				Твердость по Бринеллю (перевод)
			Первое измерение	Второе измерение	Третье измерение	среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8

## **Вопросы для самопроверки**

- 1 . Что такое твердость металлов? Каким способом она определяется?
2. Как проводится испытание на твердость по Роквеллу?
3. В каком случае используется алмазный конус, а когда стальной закаленный шарик?
- 4 . Для каких металлов (сплавов) применяют испытания на твердость по Роквеллу?
5. Сравнить способы измерения твердости по Бринеллю и Роквеллу.

## **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

- краткое описание сущности, схемы испытания, расчетные формулы;
- протокол испытания на твердость;
- выводы.

## **Рекомендуемая литература**

1. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология металлов.-М.:И.Д. «ФОРУМ» ИНФРА-М,2017.
2. Кузьмин В.А. и др. Технология Металлов и конструкционные материалы.- М.: Машиностроение,1981.
3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение.-М.: Машиностроение,1990.
4. Овчинников В.В. Металловедение.-М.:ИД «ФОРУМ» ИНФРА-М,2015.
5. Самохоцкий А.И., Кунявский М.Н. Лабораторные работы по материаловедению и термической обработке металлов.-М.: Машиностроение,1981.

## **Лабораторная работа №4 «Микроанализ сталей и белых чугунов в равновесном состоянии»**

### **Цель работы**

#### **Обучения:**

- изучение микроанализа стали и белых чугунов с различным содержанием углерода
- установление связи между структурами и диаграммой состояния «железо-цементит»

#### **Воспитания :**

- воспитание у студентов значимости профессиональных практических навыков ;
- чувство ответственности за качество выполняемой работы .

#### **Развития :**

- умения работать в коллективе исполнителей.

### **Задание**

- 1 Изучить микроструктуру углеродистых сталей и белых чугунов с различным содержанием углерода
- 2 Зарисовать исследованные микроструктуры и схемы микроструктур
- 3 Установить связь между структурами и диаграммой состояния «железо-цементит»
- 4 Оформить отчет.

### **Материальное обеспечение**

- 1 Металлографический микроскоп
- 2 Набор микрошлифов технического железа , углеродистых сталей и белых чугунов ( с различным содержанием углерода )
- 3 Диаграмма состояния железо – цементит

## Краткие теоретические сведения

Микроструктура технического железа и углеродистых сталей для равновесных условий характеризуется нижней левой частью диаграммы состояния железо—цементит (рисунок 1.1)

Сплавы с содержанием до 0.02% С называются техническим железом, от 0.02 до 0.3 % С – доэвтектоидными сталями и от 0.8 до 2.14 % С – эвтектоидными. Сплав с содержанием 0.8 % С называется эвтектоидной сталью.

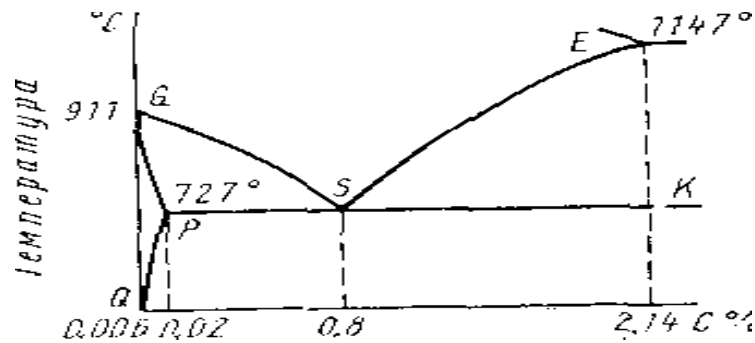
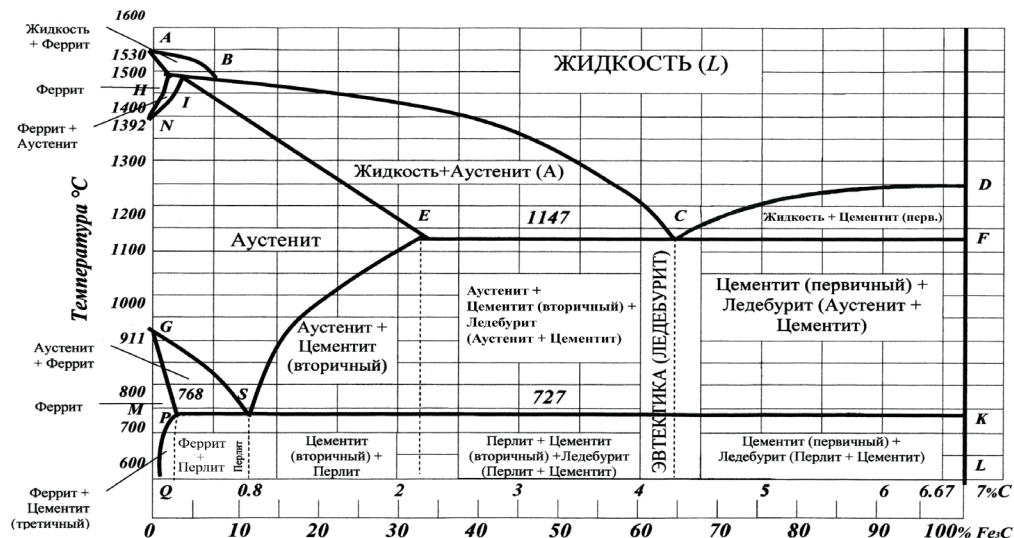


Рис.1- Нижняя левая часть диаграммы состояния железо – цементит

В белых чугунах (рис.2) весь углерод находится в связанном состоянии, т.е в виде цементита. Белый чугун в зависимости от содержания углерода разделяется на доэвтектический (от 2.14 до 4.3 %), эвтектический (4.3 % С) и заэвтектический (от 4.3 до 6.6 %)



**Растворимость углерода в L - железе переменная** (см.линию РО на рис.1) С понижением температуры растворимость в L-железе понижается .При 727С в L-железе растворяется 0.02 % С , а при комнатной температуре 0.006% С . В связи с этим сплавы железа с содержанием до 0.006 % С имеют структуру только твердого раствора углерода в L – железе , т.е феррита , (см. рис.3 ) В сплавах с содержанием от 0.006 до 0.02 % С в с понижением растворимости углерода в L – железе при понижении температуры из феррита выделяется цементит ,называемый третичным . Третичный цементит выделяется по границам зерен феррита ( рис.4)а

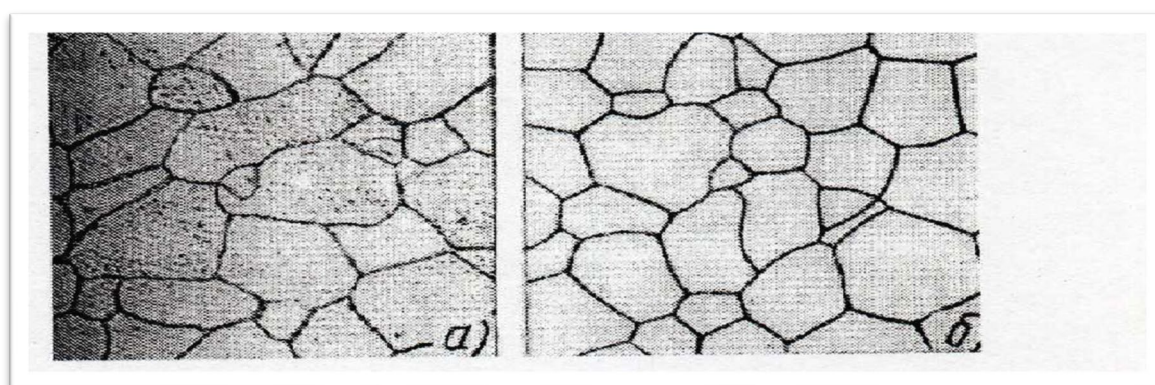


Рис.3- Техническое железо – феррит:

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры .

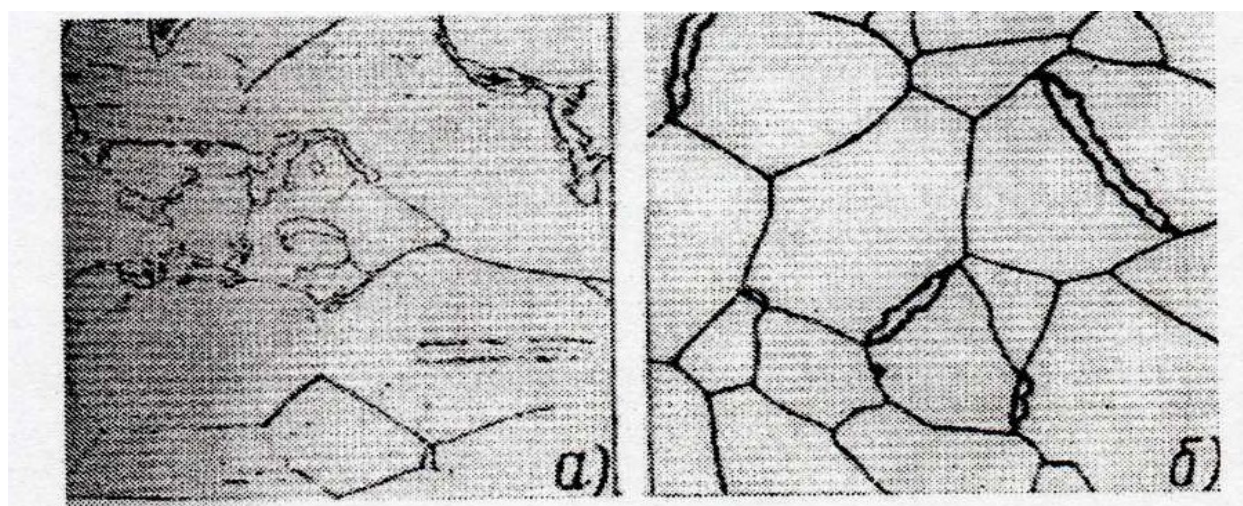


Рис.4- Сталь с 0.015 % С – феррит + цементит (третичный ):

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры.

### Микроструктура доэвтектоидной и эвтектоидной стали.

Микроструктура доэвтектоидной стали (до 0.8 % С )состоит из феррита и перлита, эвтектоидной стали (0.8 % С ) – из одного перлита . Микроструктура феррита дана на рис.3. На рис.5 дана микроструктура перлита . Прелит – это эвтектоид-механическая смесь феррита и цементита ,получающаяся в результате распада аустенита с 0.8 % С.

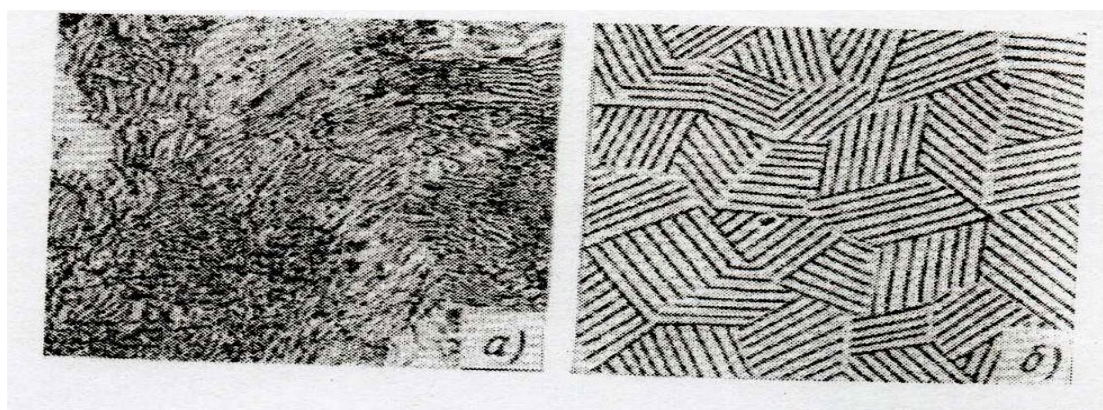


Рис.5- Эвтектоидная сталь с 0.8 % С-перлит:

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры .

На микроструктуре перлита общий фон – феррит , выступающие пластины – цементит ,темные места – тени .

В доэвтектоидной стали после травления феррит выявляется в виде светлых полей , а перлит – в виде полей полосчатого строения (рис.6 ) .



Рис.6. Доэвтектоидная сталь с 0.3% С -феррит + перлит :

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры

### **Содержание углерода в доэвтектоидной стали по микроструктуре .**

По микроструктуре доэвтектоидной стали можно приблизительно определить содержание в ней углерода, для чего нужно ориентировочно определить площадь (в процентах), занимаемую ферритом и перлитом. В связи с тем, что в феррите растворено очень незначительное количество углерода, практически можно считать, что в доэвтектоидной стали весь углерод находится в перлите. Тогда содержание углерода в стали можно определить по формуле:

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

где

$F_n$  - площадь, занимаемая перлитом %.

Предположим, например, что половина площади (30 %) занято перлитом, половина ферритом. Содержание углерода в такой стали будет равно

$$C = \frac{70 \cdot 0.8}{100} = 0.56 \%$$

### **Микроструктура заэвтектоидной стали.**

Микроструктура заэвтектоидной стали ( $C = 0,8 - 2,14 \%$ ) имеет структуру, состоящую из перлита и цементита вторичного. Вторичный цементит выделяется из аустенита при охлаждении от температуры  $A_{ct}$  (линия SE) до температуры  $A_{r1}$  (линия SK ) (см.рис. 1)

При медленном охлаждении цементит вторичный выделяется в виде сетки по границам зерен аустенита. При достижении температуры  $A_{r1}$  аустенит превращается в перлит. В результате медленного охлаждения заэвтектоидная сталь имеет структуру перлита и сетки цементита, белая сетка - вторичный цементит, а внутри сетки зерна пластинчатого строения - перлит (рис. 7.)

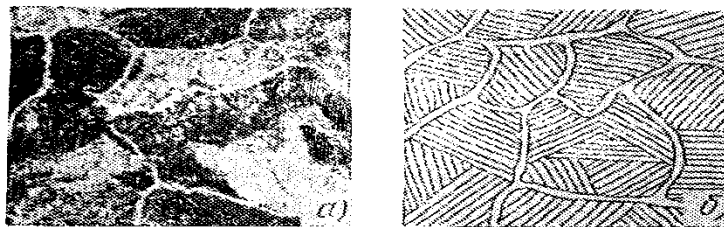


Рис.7- Заэвтектоидная сталь с 1,2 % С- перлит + цементит ( II ):

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры.

## Микроструктура эвтектического белого чугуна

Микроструктура эвтектического белого чугуна состоит только из одного ледебурита (цементитной эвтектики), образующегося при  $1147^{\circ}\text{C}$  при эвтектической кристаллизации жидкого сплава с содержанием 4,3% С и состоящего (при  $1147^{\circ}\text{C}$ ) из эвтектического цементита и аустенита, содержащего 2,14% С (точка Е на диаграмме железо—цементит) и первичного цементита. При последующем охлаждении вследствие уменьшения растворимости углерода в аустените (линия Е на диаграмме железо—цементит, рис. 2) из аустенита выделяется (как и в заэвтектоидных сталях) вторичный цементит. Вторичный цементит сливается с цементитом эвтектическим, поэтому в структуре эвтектики невозможно указать, где находится в отдельности эвтектический цементит и вторичный цементит. При  $727^{\circ}\text{C}$  эвтектика состоит из цементита и аустенита с содержанием 0,8% С. При этой температуре аустенит превращается в перлит. Таким образом, после полного охлаждения- ледебурит (рис.8)

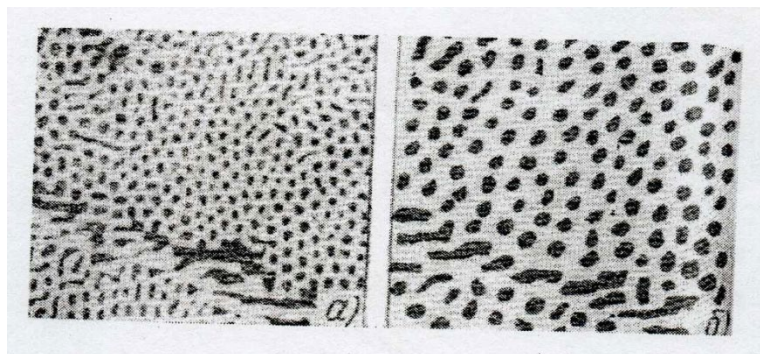


Рис.8- Эвтектический белый чугун с 4,3 % С – ледебурит:

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры .

### **Микроструктура доэвтектического белого чугуна.**

Доэвтектический белый чугун после полного охлаждения имеет следующую структуру: ледебурит (цементитная эвтектика) + перлит + вторичный цементит. С увеличением содержания углерода, когда ледебурита становится относительно много, вторичный цементит в структуре сливается с цементитом ледебурита (эвтектическим). Можно считать, что структура таких доэвтектических белых чугунов состоит из ледебурита (цементитной эвтектики) и перлита (рис.9.)

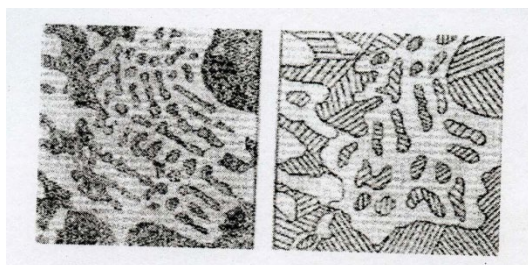


Рис.9 - Доэвтектический белый чугун с 3% С- перлит + ледебурит:

а) микроструктура,

б) схема микроструктуры.

### **Микроструктура заэвтектического белого чугуна.**

Микроструктура заэвтектического белого чугуна состоит из ледебурита (цементитной эвтектики) и первичного цементита (рис. 10).

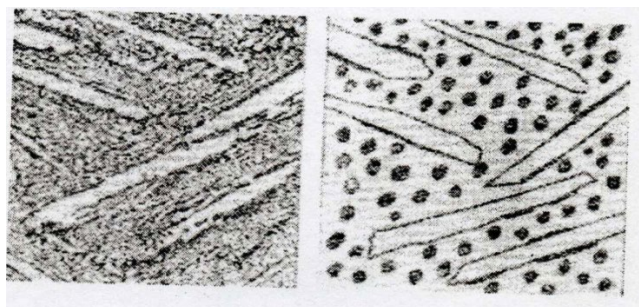


Рис.10- Заэвтектический белый чугун с 5% С- цементит ( первичный) + ледебурит:

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры.

### **Порядок выполнения работы**

- 1 Изучить основные теоретические положения о микроструктурах углеродистых сталей и белых чугунов.
- 2 Подготовить к работе металлографический микроскоп.
- 3 подготовить образцы сталей и белых чугунов к проведению микроанализа
- 4 Исследовать микрошлифы технического железа ,углеродистых сталей и белых чугунов и определить микроструктуры .Сравнить выявленные микроструктуры с обозначенными на диаграмме железо-цементит .

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что такое феррит ? Каковы его механические свойства ?
2. Что такое перлит ? Каковы его механические свойства?
3. Что такое цементит ? Каковы его механические свойства ?
4. Как меняется структура стали в зависимости от содержания углерода ?
5. Что входит в состав ледебурита белых чугунов при температуре 1147 С и при комнатной температуре ?

### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать эскиз диаграммы состояния железо – цементит и краткую характеристику структур согласно диаграммы в зависимости от содержания углерода в сплавах ;

- эскизы исследованных структур и их схемы
- состав исследованных структур ;
- выводы .

## Рекомендуемая литература

1. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов. – М.: ИД «ФОРУМ-ИНФРА-М», 2017.
2. Овчинников В.В. Металловедение – М.: ИД «ФОРУМ – ИНФРА-М», 2017.
3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990.
4. Кузьмин В.А. и др. Технология металлов и конструкционные материалы – М.: Машиностроение, 1981.
5. Самохоцкий А.И., Кунявский М.Н. Лабораторные работы по материаловедению и термические обработки металлов. – М.: Машиностроение, 1981.

## Интернет – ресурс :

rutor.info>torrent...adaskin...materialovedenie.books.academic.ru>book.nst...

Рекомендуемые учебные издания и электронные ресурсы, интернет - ресурсы

- Л1. Адашкин А.М. Материаловедение. – М.: Академия, 2015, 2016, – 239 с.
- Л2. Овчинников В.В. Металловедение. – М.: ИД «ФОРУМ»; ИНФРА-М, 2015-320с.
- ЭР1. Богодухов, С.И. Курс материаловедения в вопросах и ответах [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С.И. Богодухов, А.В. Синюхин, Е.С. Козик. — Электрон. дан. — Москва : Машиностроение, 2014. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63212>. — Загл. с экрана.
- ЭР2. Гарифуллин, Ф.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Ф.А. Гарифуллин, Р.Ш. Аюпов, В.В. Жиликов. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2013. — 248 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73296>. — Загл. с экрана.

Интернет- ресурсы.

ИР1. Единое окно доступа к информационным ресурсам

<http://window.edu.ru/>

ИР2 Национальная электронная библиотека

<http://www.elibrary.ru/>.

## **Лабораторная работа № 4.**

**Тема работы: «Закалка стали»**

### **Цель работы**

Обучения :

- ознакомиться с технологическим процессом термической обработки ;
- практических навыков проведения закалки углеродистой стали .

Воспитания :

- воспитания у студентов ответственного отношения к достижению поставленной цели .

Развития :

- логики мышления и умения принимать обоснованные решения .

### **Задание**

1 подготовить образцы из углеродистой стали для проведения термической обработки .

2 Определить режимы проведения закалки и отпуска углеродистой стали

3 Произвести закалку и отпуск образцов из углеродистой стали .

4 Определить твердость образцов после закалки и после отпуска .

5 Произвести сравнение изменяющихся механических свойств (твердости) образцов из углеродистой стали до и после термической обработки .

## **5 Материальное обеспечение**

- 1 Образцы из углеродистой стали .
- 2 Электрическая муфельная печь .
- 3 Термоэлектрический пирометр.
- 4 Закалочный бак с водой .
- 5 Масляная ванна .
- 6 Прибор ТК-2 для определения твердости по Роквеллу.
- 7 Вспомогательные принадлежности и индивидуальные средства защиты

### **Краткие теоретические сведения**

#### **Сущность и назначение закалки**

Закалка – термообработка ,заключающаяся в нагреве стали выше критических точек на 30...50 С , выдержке и последующем охлаждении со скоростью критической или больше критической с целью достижения высокой твердости за счет образования мартенсита .

#### **Определение температуры закалки**

Температура нагрева под закалку определяется по нижней левой части диаграммы состояния «железо-цементит» в зависимости от содержания углерода в стали . Доэвтектоидные стали нагревают на 30...50 С выше критической точки АСз ( линия рис.1 ) заэвтектоидные – на 30...50 С выше критической точки АС1 ( линия SK , рис.1 )

#### **Определение времени выдержки образцов в печи**

Время нагрева определяется из расчета 1.5 мин на 1 мм диаметра для цилиндрических заготовок .

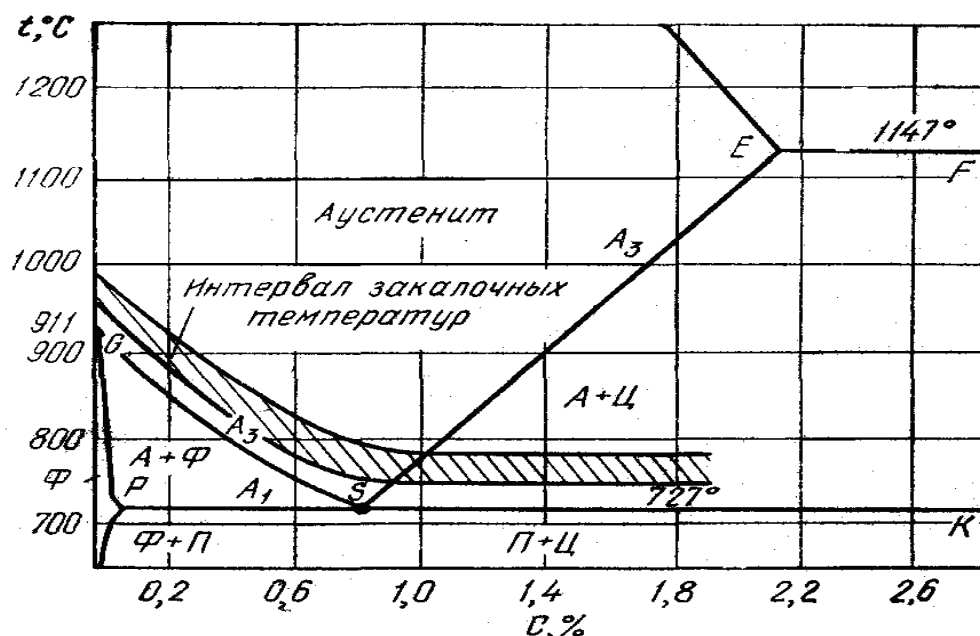


Рис.1- Оптимальный интервал закалки углеродистой стали .

### Охлаждение среды

Используется вода и машинное масло марки «Индустриальное 30»

### Структурные превращения при закалке

В результате нагрева доэвтектоидной стали до закалочной температуры и выдержки исходная структура : феррит + перлит превращается в аустенит . При охлаждении в воде происходит превращение аустенита в мартенсит , а при охлаждении в масле образуется смешанная мартенситотрооститная структура . В заэвтектоидной стали в результате нагрева до закалочной температуры , выдержки в аустенит превращается перлит ,структура при этом состоит из аустенита и вторичного цементита ,поэтому структура закаленной стали состоит из мартенсита ( при закалке в воде ) и мартенситно-трооститной структуры ( при закалке в масле ) , а также вторичного цементита , который повышает твердость и износостойкость стали .

## Порядок выполнения работы

1. Определить твердость 3-х образцов (HRB) в исходном (отожженном) состоянии, используя прибор Роквелла.

2. Полученные значения твердости в соответствии с таблицей (1.с.173) «Соотношение чисел твердости по Бринеллю и Роквеллу» преобразовать в величины твердости по Бринеллю и Роквеллу (HRC).

Например, при  $HRB = 93$ ,  $HB = 1970 \text{ Н/мм}^2$ , а  $HRC = 12$ .

3. Используя таблицу 1, определить марку стали и содержание в ней углерода, например, сталь 45 содержит 0.45 % C, ее твердость  $HB = 2070 \text{ Н/мм}^2$ . Такая же твердость у стали У12, содержание углерода в ней 1.2 %.

### НОРМЫ ТВЕРДОСТИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В ОТОЖЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Марка стали	Твердость отожженной стали HB (не более)	Марка стали	Твердость отожженной стали HB (не более)
40	1970	У9	1920
45	2070	У10	1970
50	2170	У12	2070

4. Учитывая содержание углерода в стали определить температуру заковки.

Например, для стали У9:  $AC1 + (30...50 \text{ } ^\circ\text{C}) = 727 + (30...50 \text{ } ^\circ\text{C}) = 760...780 \text{ } ^\circ\text{C}$ , см. п. 4.2.

5. Определить время выдержки образцов в печи при принятой температуре, (см. п. 4.3). Диаметр образцов 10 мм.

6. Произвести закалку, помещая образцы в печь, нагретую до температуры заковки и выдерживая в течение заданного времени. Охлаждение 2-х образцов произвести в воде, одного в масле.

7. Зачистить торцы образцов от окалины, определите их твердость по Роквеллу (HRC)

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое закалка? Как выбирается температура нагрева под закалку?
2. Какие структурные превращения происходят в стали при закалке?
3. Произведенная закалка образцов из стали 45 и У12 с температуры 760 °С. Объяснить, почему образцы из стали 45 получают более низкую твердость, чем образцы из стали У12?
4. Произведенная закалка образцов из стали У7 и У12 с температуры на 50 °С выше критических точек. Образцы из какой стали будут иметь более высокую твердость и почему?

### Содержание отчета

- 1 Сформулировать сущность и назначение закалки и отпуска.
- 2 Зарисовать диаграмму состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C и обозначить температуры нагрева при закалке и отпуске.
- 3 Определить время выдержки образцов в печи при закалке и отпуске.
- 4 Составить протокол термической обработки углеродистой стали.

## ПРОТОКОЛ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

№ п/п	Марка стали	Диаметр образца мм	Температура закалки °С	Время выдержки, мин.
				При закалке
1	2	3	4	5

ТВЕРДОСТЬ				
В исходном состоянии			HRC после закалки	
HRB	HB	HRC	В воде	В масле

**На основании протокола сделать следующие выводы :**

в результате закалки на твердость ;

при закалке в масле;

чем выше температура отпуска , тем твердость ...

### **Рекомендуемая литература**

- 1 Адаскин А.М ,Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов .- М.:ИД «ФОРУМ-ИНФРА-М»,2017.
- 2 Овчинников В.В. Металловеденье –М.:ИД «ФОРУМ – ИНФРА-М» , 2017.
3. Лактин Ю.М , Леонтьева В.П. Материаловеденье. – М.: Машиностроение, 1990.
- 4 Кузьмин В.А. и.др. Технология металлов и конструкционные материалы –М.: Машиностроение ,1981.
- 5 Самохоцкий А.И ,Кунявский М.Н. Лабораторные работы по металловеденью и термические обработки металлов .-М.:Машиностроение, 1981.

### **Лабораторная работа № 6**

**Продолжительность работы– 2 часа .**

**Тема работы: «Отпуск стали»**

#### **Цель работы**

Обучения :

- ознакомиться с технологическим процессом термической обработки ;
- практических навыков проведения отпуска углеродистой стали .

Воспитания :

- воспитания у студентов ответственного отношения к достижению поставленной цели .

Развития :

- логики мышления и умения принимать обоснованные решения .

## **Задание**

- 1 подготовить образцы из углеродистой стали для проведения термической обработки .
- 2 Определить режимы проведения отпуска углеродистой стали .
- 3 Произвести отпуск образцов из углеродистой стали .
- 4 Определить твердость образцов после после отпуска .
- 5 Произвести сравнение изменяющихся механических свойств (твердости) образцов из углеродистой стали до и после термической обработки .

## **5 Материальное обеспечение**

- 1 Образцы из углеродистой стали .
- 2 Электрическая муфельная печь .
- 3 Термоэлектрический пирометр.
- 4 Закалочный бак с водой .
- 5 Масляная ванна .
- 6 Прибор ТК-2 для определения твердости по Роквеллу.
- 7 Вспомогательные принадлежности и индивидуальные средства защиты .

## **Краткие теоретические сведения**

### **Сущность и назначение отпуска**

Отпуск – вид термообработки , заключающийся в нагреве закаленной стали до температур , не превышающих критическую точку AC1 ( линия РК , рис.1), выдержке и медленном охлаждении . проводится с целью снятия внутренних напряжений .

## **Виды отпуска**

При температуре нагрева различают низкий до 250 С , средний 350...450 С и высокий 500...680 С отпуск.

## **Определение времени выдержки образцов в печи при отпуске .**

Время выдержки определяется из расчета 2-3 мин . на 1 мм диаметра образца .

## **Структурные превращения при отпуске**

При низком отпуске мартенсит заковки превращается в мартенсит отпуска , менее перенасыщенный углеродом ; при среднем отпуске образуется очень мелкая ферритно – цементитная смесь-тростит отпуска , при высоком отпуске – ферритно – цементитная смесь – сорбит отпуска , несколько более крупная , чем тростит .

## **Порядок выполнения работы**

1. Определить твердость 3-х образцов (HRB) в исходном (отожженном ) состоянии , используя прибор Роквелла .

2. Полученные знания твердости в соответствии с таблицей ( 1.с.173 ) «Соотношение чисел твердости по Бринеллю и Роквеллу» преобразовать в величины твердости по Бринеллю и Роквеллу ( HRC) .

Например , при  $HRB = 93$  ,  $HB = 1970 \text{ Н/мм}^2$  , а  $HRC = 12$ .

3. Используя таблицу 1 , определить марку стали и содержание в ней углерода , например , сталь 45 содержит 0.45 % С , ее твердость  $HB = 2070 \text{ Н/мм}^2$ . Такая же твердость у стали У12 , содержание углерода в ней 1.2 %.

## НОРМЫ ТВЕРДОСТИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В ОТОЖЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Марка стали	Твердость отожженной стали HB ( не более)	Марка стали	Твердость отожженной стали HB ( не более)
40	1970	У9	1920
45	2070	У10	1970
50	2170	У12	2070

4. Учитывая содержание углерода в стали определить температуру заковки .

Например , для стали У9 :  $AC1 + (30...50\text{ C}) = 727 + (30...50\text{ C}) = 760...780\text{ C}$  , см.п.4.2 .

5. Определить время выдержки образцов в печи при принятой температуре , (см.п.4.3) . Диаметр образцов 10мм.

6. Произвести закалку , помещая образцы в печь , нагретую до температуры заковки и выдерживая в течении заданного времени. Охлаждение 2-х образцов произвести в воде ,одного в масле .

7. Зачистить торцы образцов от окалины , определите их твердость по Роквеллу (HRC)

### Вопросы для самопроверки

1. Что такое закалка ? Как выбирается температура нагрева под закалку ?
2. Какие структурные превращения происходят в стали при закалке ?
3. Произведенная закалка образцов из стали 45 и У12 с температуры 760 C . Объяснить , почему образцы из стали 45 получают более низкую твердость , чем образцы из стали У12 ?
4. Произведенная закалка образцов из стали У7 и У12 с температуры на 50 C выше критических точек . Образцы из какой стали будут иметь более высокую твердость и почему ?

### Содержание отчета

- 1 Сформулировать сущность и назначение заковки и отпуска.

- 2 Зарисовать диаграмму состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C и обозначить температуры нагрева при закалке и отпуске .
- 3 Определить время выдержки образцов в печи при закалке и отпуске .
- 4 Составить протокол термической обработки углеродистой стали .

## ПРОТОКОЛ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

№ п/п	Марка стали	Диаметр образца мм	Температура закалки С	Время выдержки , мин .
				При отпуске
1	2	3	4	5

ТВЕРДОСТЬ				
В исходном состоянии			HRC после отпуска	
HRB	HB	HRC	В воде	В масле

**На основании протокола сделать следующие выводы :**

в результате закалки на твердость ;

при закалке в масле;

чем выше температура отпуска , тем твердость ...

### Рекомендуемая литература

- 1 Адашкин А.М ,Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов .- М.:ИД «ФОРУМ-ИНФРА-М»,2017.
- 2 Овчинников В.В. Металловеденье –М.:ИД «ФОРУМ – ИНФРА-М» , 2017.
3. Лактин Ю.М , Леонтьева В.П. Материаловеденье. – М.: Машиностроение, 1990.

4 Кузьмин В.А. и др. Технология металлов и конструкционные материалы –М.: Машиностроение ,1981.

5 Самохоцкий А.И ,Кунявский М.Н. Лабораторные работы по металловедению и термические обработки металлов .-М.:Машиностроение, 1981.

## **Лабораторная работа №7 «Микроанализ сталей после термообработки»**

### **Цель работы**

Обучения:

- изучение микроструктур сталей после термообработки;
- закреплений знаний по дисциплине;
- привитие навыков исследовательской работы.

Воспитания:

- воспитание у студентов интересов к выбранной профессии;
- ответственного отношения к выполнению поставленной задачи.

Развития:

- развитие логики мышления.

### **Задание**

1. Изучить микроструктуру сталей после термообработки.
2. Зарисовать микроструктуры и схемы микроструктур.
3. Дать краткую характеристику исследованных структур.
4. Оформить отчёт.

### **Продолжительность работы**

Продолжительность работы - 2 часа.

## Материальное обеспечение

- 1 Металлографический микроскоп.
- 2 Набор микрошлифов сталей после термообработки.
- 3 Диаграмма состояния железо-цементита.

## Краткие теоритические сведения

### Микроструктура отожжённой стали

Микроструктура отожжённой стали в доэвтектоидной стали после полного отжига, т.е. нагрева до температуры  $A+(20-30^{\circ}\text{C})$  и последующего медленного охлаждения вместе с печью, образуется мелкая равномерная структура, состоящая из светлых зёрен феррита и темных -перлита (рис. 1).

В заэвтектоидной стали после неполного отжига, т.е. нагрева до температуры до  $A+(20-30^{\circ}\text{C})$  и последующего медленного охлаждения вместе с печью образуется структура, состоящая из цементита и перлита. Если цементит находится в виде зерен, такая структура называется зернистым перлитом (рис. 2).



Рис. 1- Микроструктура пластинчатого перлита

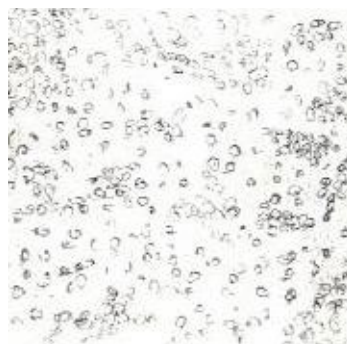


Рис. 2- Микроструктура зернистого перлита

При нормализации нагрев происходит до температуры выше точки  $A$  для доэвтектоидных сталей или точки  $A$  для заэвтектоидных сталей с

последующим охлаждением на воздухе. При этом структура получается более мелкой, а механические свойства более высокими (рис.3).

При нагреве стали при отжиге до температуры намного выше критической получается перегрев, что приводит к крупнозернистому строению стали (рис. 4).



Рис. 3- Отжиг – феррит + перлит:

а) микроструктура,

б) схема микроструктуры.

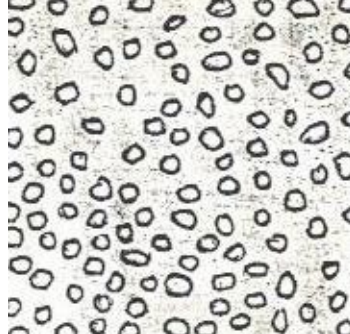


Рис .4 -Закалка и высокий отпуск – сорбит:

а) микроструктура,

б)схема микроструктуры.

### **Микроструктура закаленной стали**

В доэвтектоидной стали после закалки, т.е. нагрева до температуры  $A_1$  ( $20-30^{\circ}\text{C}$ ) и последующего быстрого охлаждения в воде образуется структура мартенсита.

Мартенсит - перенасыщенный твердый раствор углерода в железе. Мартенсит имеет характерное игольчатое строение, очень твердый (рис. 5).

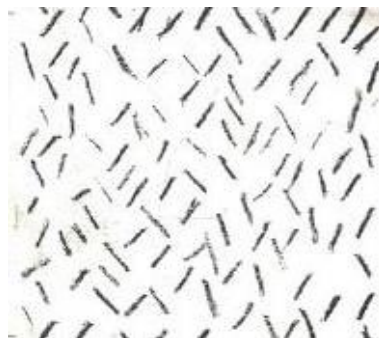


Рис. 5- Отпуск

В заэвтектоидной стали после закалки, т. е. нагрева до температуры  $A_1$  ( $20-30^\circ\text{C}$ ) и последующего быстрого охлаждения в воде образуется структура мартенсита и вторичного цементита (рис.6). Наличие вторичного цементита полезно, т.к. в связи с его высокой твердостью увеличивается износостойкость стали.



Рис. 6

### Микроструктура отпущенной стали

При низкотемпературном отпуске (до  $200^\circ\text{C}$ ) мартенсит закалки превращается в мартенсит отпуска. В мартенсите закалки игла светлые, а в мартенсите отпуска они темные. Это объясняется выделением из мартенсита мельчайших частиц цементита (рис. 7).

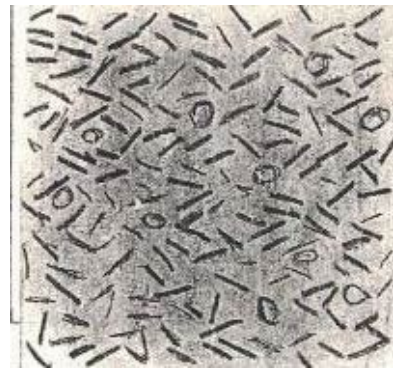


Рис. 7- Сталь У10. Закалка и низкий отпуск – мартенсит + цементит:  
а)микроструктура, б)схема микроструктуры .

При среднем отпуске (350-450°C) мартенсит закалки распадается на высокодисперсную смесь феррита и цементита троостит.

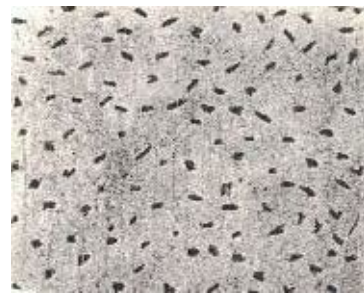


Рис. 8- Сталь 60C2. Закалка и средний отпуск – троостит:  
а) микроструктура, б) схема микроструктуры.

При высоком отпуске (500-800°C) образуется ферритно - цементитная смесь - сорбит отпуска.

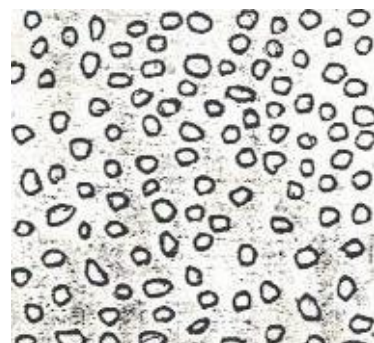
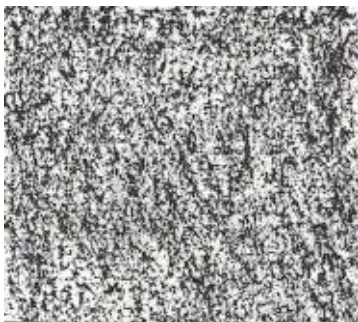


Рис. 9- Сталь 30ХГСА. Закалка и высокий отпуск – сорбит:  
а) микроструктура, б) схема микроструктуры.

## **Микроструктура цементованной стали**

В этой стали содержание углерода уменьшается от поверхности к сердцевине. В соответствии с таким изменением химического состава получается и распределение структурных составляющих: от поверхности образуется структура перлита и цементита (заэвктоидная зона), далее располагается перлит (эвтектоидная зона), а затем при переходе к сердцевине - перлит и феррит (переходная доэвтектоидная зона). В переходной зоне чем ближе к сердцевине, тем меньше перлита и больше феррита (рис. 10).



Рис. 10

## **Порядок выполнения работы**

- 1 Изучить основные теоретические положения о микроструктурах сталей после термообработки.
- 2 Подготовить к работе металлографический микроскоп.
- 3 Подготовить образцы сталей.
- 4 Исследовать микроструктуры сталей. Дать краткую характеристику исследованных структур.

## **Вопросы для самопроверки**

- 1 Сущность химико-термической обработки, в чем она?
- 2 Назначение и режимы цементации.
- 3 Назначение и режимы отжига, закали, отпуска?

4 Назвать разновидности отпуска.

5 Рассказать о дефектах термообработки.

### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

- эскизы исследованных структур и их схемы;
- краткую характеристику исследованных структур;
- выводы.

### **Рекомендуемая литература**

1 Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология металлов.-М.:И.Д. «ФОРУМ» ИНФРА-М,2017.

2 Овчинников В.В. Металловедение.-М.:ИД «ФОРУМ» ИНФРА-М,2017.

3 Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение.-М.: Машиностроение,1990.

4 Кузьмин В.А. и др. Технология Металлов и конструкционные материалы.- М.: Машиностроение,1981.

5 Самохоцкий А.И., Кунявский М.Н. Лабораторные работы по материаловедению и термической обработке металлов.-М.: Машиностроение,1981.

6 Интернет-ресурс: [rutor.info>torrent...adaskin...materialovedenie](http://rutor.info>torrent...adaskin...materialovedenie)  
[books.academic.ru>book.nsf...](http://books.academic.ru>book.nsf...)

### **Лабораторное занятие №7**

**Тема «Микроанализ конструкционных и инструментальных сталей, сталей с особыми свойствами**

#### **Цель работы**

Обучения :

- изучение микроструктур конструкционных и инструментальных сталей , сталей и сплавов с особыми свойствами ;

– научиться самостоятельно проводить микроанализ сталей и сплавов .\

– приобретение навыков исследовательской работы .

Воспитания :

- воспитания у студентов интереса к избранной профессии ;
- ответственного отношения к выполнению поставленных задач .

Развития :

- умение работать в коллективе исполнителей .

### **Задание**

1. Изучить микроструктуры конструкционных и инструментальных сталей , сталей с особыми свойствами .
2. Зарисовать микроструктуры и схемы микроструктур .
3. Дать краткую характеристику исследованных структур .
4. Оформить отчет.

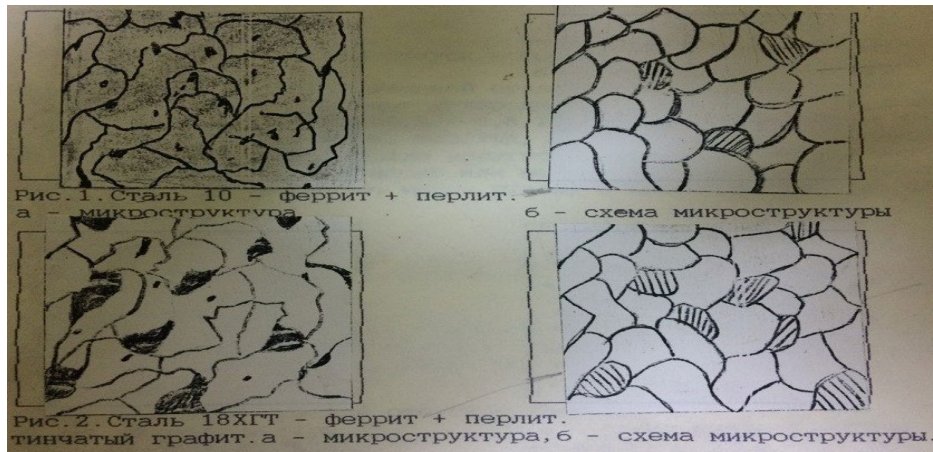
### **Материальное обеспечение**

1. Металлографический микроскоп .
2. Набор микрошлифов в конструкционных и инструментальных сталей , сталей с особыми свойствами .
3. Диаграмма состояния железо-цементит .

### **Краткие теоретические сведения**

К низкоуглеродистым (цементуемым) сталям ,относятся стали с содержанием углерода до 0.25 % - стали 10 , 15 , 20 , а также легированные например 15Г , 20Х , 18ХГТ , 20Х2НЧА , 20ХН3А и др .

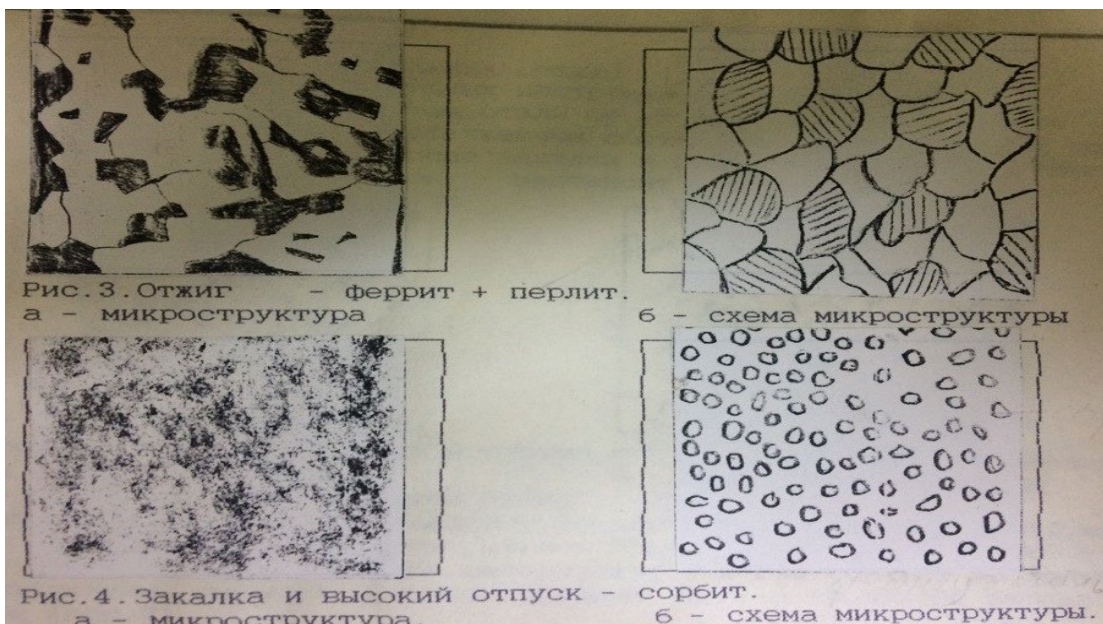
Структура их в отожженном состоянии феррит + перлит (рис . 1,2)



## Микроструктура среднеуглеродистых сталей

К среднеуглеродистым сталям относятся стали с содержанием углерода от 0.25 % до 0.6 % - стали 35 , 40 , 45 , 50 , а также легированные , например 40Х , 40ХГ , 40ХГР , 30ХГСА , 45ХНМА и др .Наиболее распространённой среднеуглеродистой сталью является сталь 45 ( 0,42 – 0,50 % ) .

Микроструктура среднеуглеродистой стали после отжига : феррит + перлит ( рис .3) , после улучшения ( закалки и высокого отпуска ) – сорбит (рис.4 )



## Микроструктура рессорно- пружинной стали после термообработки

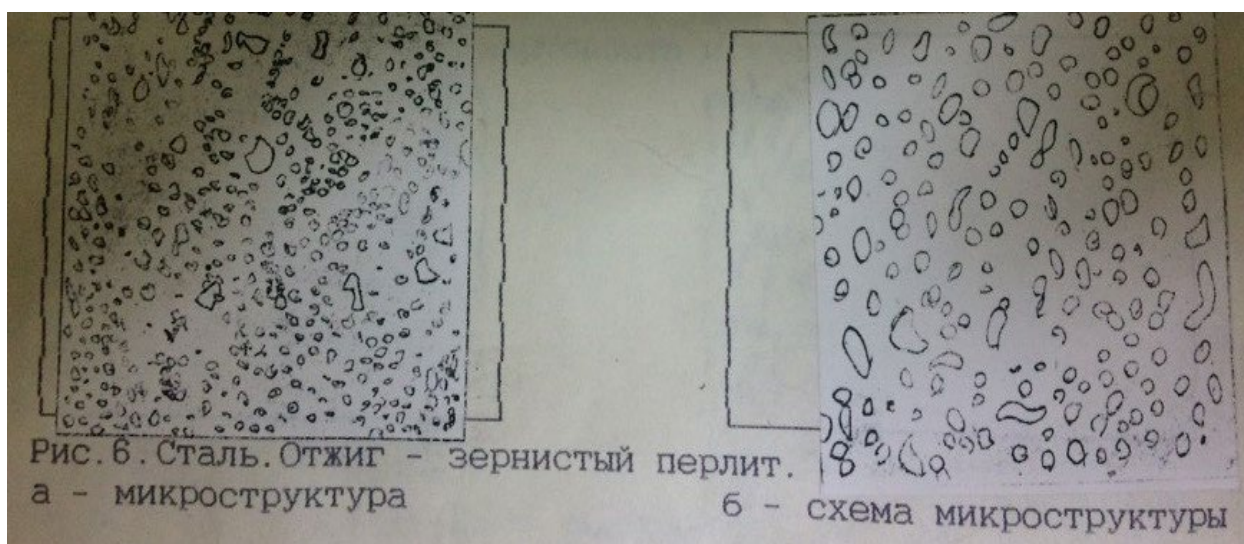
Повышенным содержанием марганца ( 0.5 – 0.8 % ) , а чаще легированные стали например 65Г , 60С2 , 50ХГ , 50ХФА , 60С2ХФА , 60С2Н2А и др . Для получения наиболее высокого значения предела упругости пружины и рессоры подвергают закалке с 800 – 500 С ( в зависимости от марки стали ) с целью образования структуры троостита.



## Микроструктура инструментальных сталей

### Микроструктура заэвтектоидных инструментальных сталей

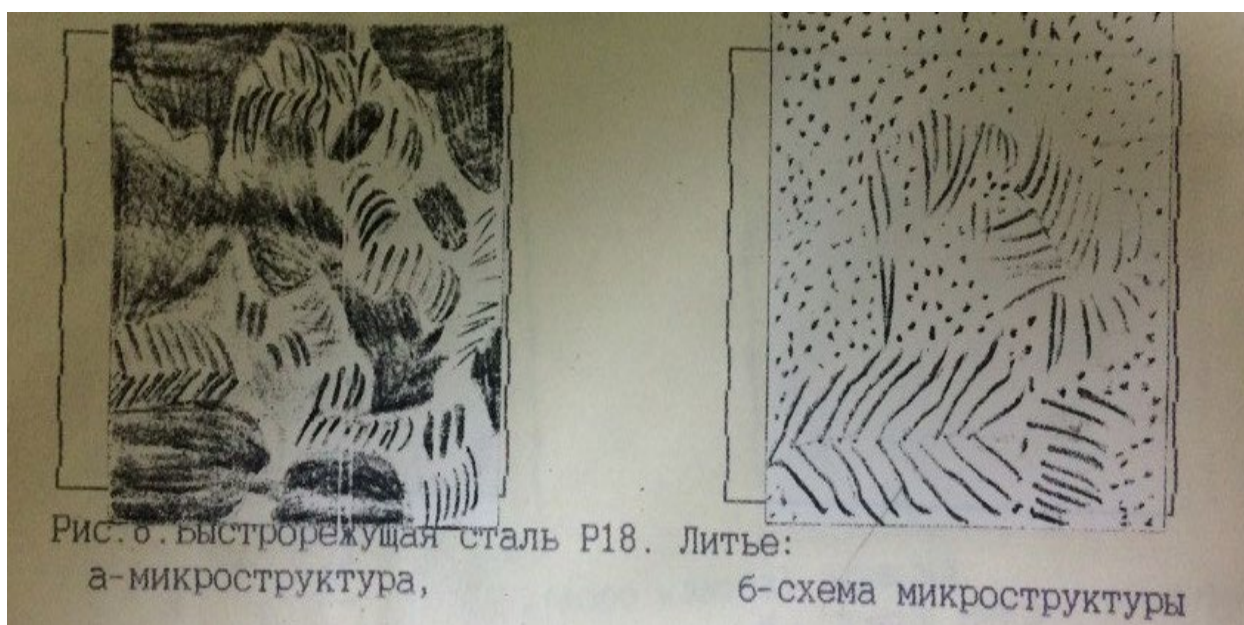
Заэвтектоидные углеродистые стали от У9 до У13 и легированные : например Х , ХВГ , 9ХС и др , в отожженном состоянии имеют структуру зернистого перлита (рис . 6 ) , а после закалки в воде ( углеродистых сталей ) и в масле ( легированных сталей ) – мартенсит + карбиды (рис.7).



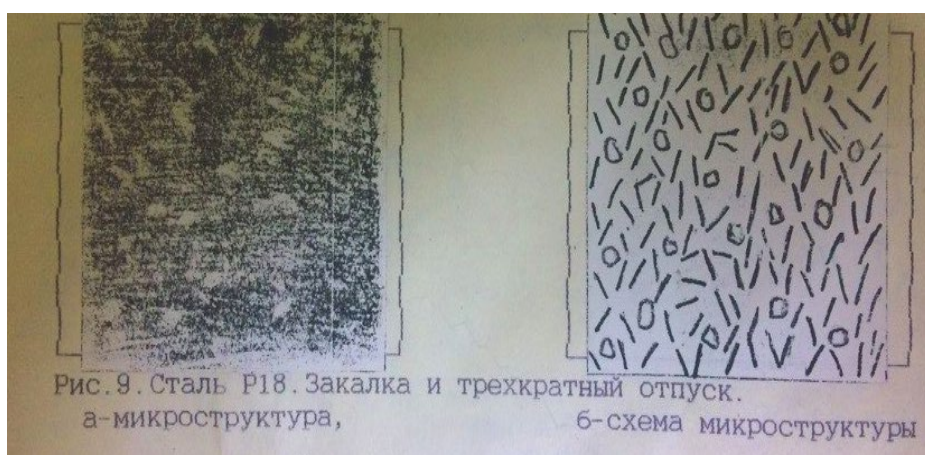
### Микроструктура быстрорежущей стали

Наиболее характерным и распространенными легированными инструментальными сталями являются быстрорежущие стали, например Р18, Р6М5 и др.

В литом состоянии структура быстрорежущей стали состоит из ледебуритной эвтектики, имеющей «скелетообразный» вид, и продуктов распада аустенита (рис 8).



Наличие в литой быстрорежущей стали ледебуритной эвтектики придает стали хрупкость. Для разрушения ледебуритной эвтектики литейную быстрорежущую сталь подвергают обработке давлением ( прокатке, ковке ) и отжигу . Ковка изменяет строение быстрорежущей стали после трехкратного отпуска при 550 С состоит из мартенсита и карбидов ( рис . 9 ) .



### Микроструктура сталей и сплавов с особыми свойствами

К сталям и сплавам с особыми свойствами относятся стали коррозионно – стойкие , жаропрочные , магнитные и др . По структуре стали разделяют на следующие классы : перлитный , мартенситный , аустенитный , ферритный .

## Стали перлитного класса

Эти стали ( 15ХМ ,12Х1МФ и др ) являются жаропрочными при температуре 400 – 550 С . После нормализации при 950 -1050 С получается структура феррит – бейнит (рис 10 ).



## Стали мартенситного класса

Стали этого класса (15Х11МФ ,40Х9С2 и др . ) жаропрочные при температуре 500 – 600 С и коррозионно – стойкие ( 20Х13 ,30Х13 и др . ). После закалки в масле ( или охлаждения в воздухе ) от 1000 – 1050 С структура – мартенсит ( рис 11 . ).



## Стали аустенитного класса

К сталям аустенитного класса принадлежит износостойкая сталь Г13Л . Структура этой стали после литья аустенит + избыточные карбиды (Н е/3С )

, выделяющиеся по границам зерен аустенита . Эти стали являются жаропрочными при температуре 600 – 760 С (45Х14Н14В2М , 40Х15Н7Г7Ф2МС и др .) и коррозионно- стойкие ( 12Ч18Н9 , 10Х14Г14Н3 и др . ) . Поэтому литые изделия закалывают в воде с 1100 С. При таком нагреве карбиды растворяются и сталь имеет аустенитную структуру (рис12 )



а – микроструктура

б – схема микроструктуры

#### Стали ферритного класса

Эти стали являются коррозионно – стойкими (12Х17 , 08Х17Т , 15Х26 и др. ) высококремнистыми ( 3-4 % ) трансформаторными ( Э3,Э4) . Они не претерпевают при нагреве ( охлаждении ) и имеют структуру ( рис.13 ) крупнозернистого феррита или феррита с небольшим количеством карбидов хрома ( в коррозионно – стойких сталях ) .



Рис. 13. Сталь (ферритного класса):

а – микроструктура

б – схема микроструктуры

#### Порядок выполнения работы

1. Изучить основные теоретические положения о микроструктурах конструкционных и инструментальных сталей , сталей с особыми свойствами.

2. Подготовить к работе металлографический микроскоп .
3. Подготовить образцы сталей.
4. Исследовать микроструктуры сталей . Дать краткую характеристику исследованных структур.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Как классифицируются стали по назначению и структуре ?
2. Какие требования предъявляются к конструкционным и инструментальным сталям ?
3. Где применяются цементуемые стали ? Улучшаемые? Рессорно-пружинные ?
4. Где применяются инструментальные стали ?Как маркируются инструментальные (углеродистые ,легированные ,быстрорежущие ) стали?
5. Какие стали относятся к сталям с особыми свойствами ?
6. Где применяются стали с особыми свойствами ?
7. Как обрабатываются цементуемые ,улучшаемые , рессорно –пружинные стали ?

### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать :

- Эскизы исследованных структур и их схемы ;
- краткую характеристику исследованных структур ;
- выводы .

### **Рекомендуемая литература**

- 1 Адашкин А.М ,Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов .- М.:ИД «ФОРУМ-ИНФРА-М»,2017.
- 2 Овчинников В.В. Металловеденье –М.:ИД «ФОРУМ – ИНФРА-М», 2017.

3 Лахтин Ю.М , Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990.

4 Кузьмин В.А. и др. Технология металлов и конструкционные материалы –М.: Машиностроение ,1981.

5 Самохоцкий А.И ,Кунявский М.Н. Лабораторные работы по материаловедению и термические обработки металлов .-М.:Машиностроение, 1981.

6 Интернет – ресурс :  
rutor.info>torrent...adaskin...materialovedenie.books.academic.ru>book.nst...

### **Лабораторная работа №8«Микроанализ чугунов»**

**Продолжительность работы- 2 часа**

#### **Цель работы**

Обучения:

- изучить структуру серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов;
- установить связь между составом сплава, условиями его получения и структурой.

Воспитания:

- воспитание у студентов значимости профессиональных практических навыков;
- чувство ответственности за качество выполнения работ.

Развития:

- умения работать в коллективе исполнителей.

#### **Задание**

1. Изучить структуру серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов.
2. Зарисовать исследованные микроструктуры и схемы микроструктур.

3. Установить связь между составом сплава, условиями его получения и структурой.

4. Оформить отчет

### **Материальное обеспечение**

1 Металлургический микроскоп.

2 Набор микрошлифов серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов.

3 Диаграмма состояния железо-цементит.

### **Краткие теоритические сведения**

В серых чугунах углерод присутствует в виде графита пластинчатой формы. На величину и расположение включений графита влияют скорость охлаждения, температура и время выдержки расплавленного чугуна перед отливкой, химический состав чугуна, введение в чугун некоторых примесей (модификаторов). Например, графит образуется тем крупнее чем, медленнее охлаждение и чем меньше перегрев жидкого чугуна и меньше время выдержки при этом.

#### **Микроструктура серых чугунов.**

Металлическая основа в серых чугунах очень сходна с микроструктурой сталей в зависимости от количества связанного углерода может быть ферритной, ферритно-перлитной и перлитной.

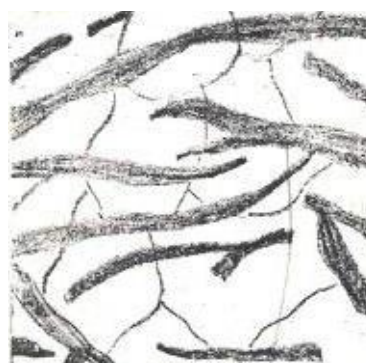


Рис. 1- Ферритный серый чугун – феррит + пластинчатый графит:

а - микроструктура ,

б – схема микроструктуры.



Рис. 2- Ферритно-перлитный чугун – феррит + перлит + пластинчатый графит:

а - микроструктура,

б – схема микроструктуры.

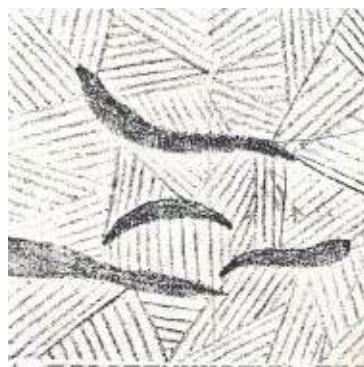


Рис.3- Перлитный серый чугун – перлит + пластинчатый графит:

а – микроструктура

б – схема микроструктуры.

Таким образом, возможны следующие типы структур серых чугунов: феррит + пластинчатый графит - ферритный серый чугун (рис. 1), феррит + перлит + пластинчатый графит – ферритно- перлитный серый чугун (рис.2, соотношение количества феррита и перлита в структуре чугуна может быть различным в зависимости от химического состава и условий охлаждения); перлит + пластинчатый графит – перлитный серый чугун (рис.3).



Рис.4- Серый чугун с фосфидной эвтектикой - перлит + пластинчатый графит + эвтектика, располагающаяся полностью или частично по границам зерен.

### **Микроструктура половинчатых чугунов.**

В половинчатых чугунах углерод содержится как в виде перлитной структуры металлической основы, так и в свободном виде графита. Если количество связанного углерода незначительно превышает эвтектоидную концентрацию, то металлическая основа состоит из перлита и вторичного цементита (рис. 5), т.е. аналогична структуре заэвтектоидной стали.

Если количество связанного углерода значительно превышает эвтектоидную концентрацию, то в процессе первичной кристаллизации чугуна после выделения некоторого количества графита частично образовался ледебурит (цементитная эвтектика) и структура металлической основы будет ледебурит + перлит (рис. 6.)



Рис. 5- Половинчатый чугун – перлит + цементит (вторичный) + пластинчатый графит: а – микроструктура, б – схема микроструктуры.



Рис. 7- Ферритный высокопрочный чугун - феррит + шаровидный графит: а – микроструктура, б - схема микроструктуры.

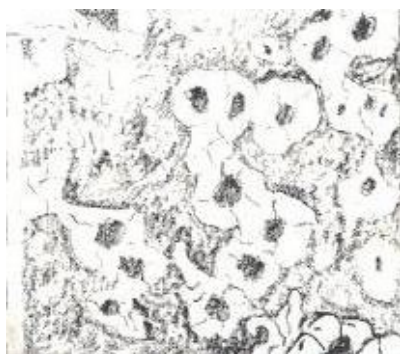


Рис. 8- Ферритно - перлитный высокопрочный чугун - феррит + перлит+ шаровидный графит:

а – микроструктура,

б - схема микроструктуры.

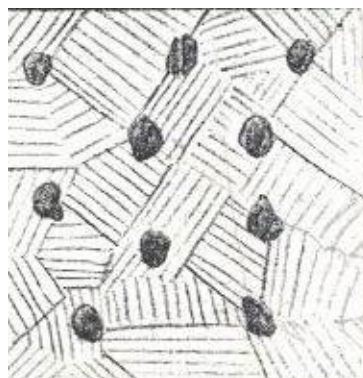


Рис. 9 -Перлитный высокопрочный чугун – перлит + шаровидный графит: а - микроструктура, б- схема микроструктуры.

### **Микроструктура ковких чугунов.**

В ковком чугуне углерод содержится в виде графита хлопьевидной формы. Металлическая основа ковкого чугуна может быть ферритной, ферритно-перлитной и перлитной. В соответствии с этим различают ковкий чугун ферритный (рис. 10), ферритно- перлитный (рис. 11) и перлитный (рис. 12).

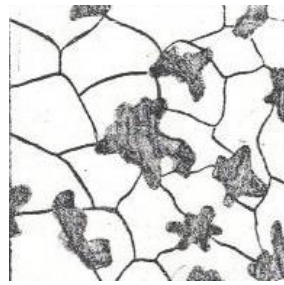


Рис. 10 -Ферритный ковкий чугун - феррит + хлопьевидный графит:

а - микроструктура,

б - схема микроструктуры.

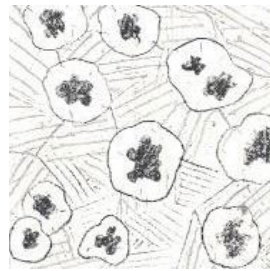
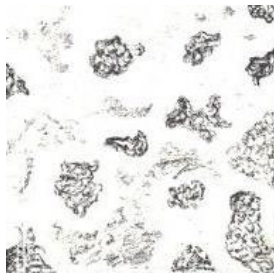


Рис. 11 -Ферритно-перлитный ковкий чугун - феррит + перлит + хлопьевидный графит:

а - микроструктура,

б - схема микроструктуры.

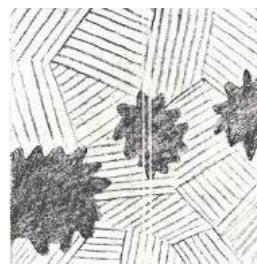


Рис. 12- Перлитный ковкий чугун - перлит и хлопьевидный графит:

а- микроструктура,

б - схема микроструктуры.

### Порядок выполнения работы

1. Изучить основные теоретические положения о микроструктурах серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов.
2. Подготовить к работе металлический микроскоп.

3. Подготовить образцы серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов к проведению микроанализа.
4. Исследовать микроструктуры серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов.
5. Установить связь между составом чугунов, условиями их получения и структурой.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какой чугун называется серым?
- 2 Какой чугун называется ковким?
- 3 Какой чугун называется высокопрочным?
- 4 Как маркируется серый, ковкий и высокопрочный чугуны?
- 5 Чем отличаются механические свойства серого, ковкого и высокопрочного чугуна?
- 6 Каково влияние металлической основы и размера графитовых включений на свойства чугуна?

### **Содержание отчета**

- 9.1 Краткие теоретические сведения о структурообразовании чугунов.
- 9.2 Эскизы исследованных структур и их схемы.
- 9.3 Состав исследованных структур.
- 9.4 Вывод.

### **Рекомендуемая литература**

- 1 Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология металлов.-М.:И.Д. «ФОРУМ» ИНФРА-М,2017.
- 2 Овчинников В.В. Металловедение.-М.:ИД «ФОРУМ» ИНФРА-М,2015.

3     Лахтин    Ю.М.,    Леонтьева    В.П.    Материаловедение.-М.:  
Машиностроение,1990.

4     Кузьмин В.А. и др. Технология Металлов и конструкционные  
материалы.- М.: Машиностроение,1981.

5     Самохоцкий А.И., Кунявский М.Н. Лабораторные работы по  
металловедению и термической обработке металлов.-М.:  
Машиностроение,1981.

6     Интернет-ресурс:        rutor.info>torrent...adaskin...materialovedenie  
books.academic.ru>book.nsf...