



---

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

«28» мая 2024 г.

**Методические рекомендации**  
по изучению учебной дисциплины  
**ОП.02. Материаловедение**

Специальность:	<b>15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание, эксплуатация и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)</b>
Уровень образования выпускника:	среднее профессиональное образование (СПО)
Присваиваемая квалификация:	Техник-механик
Форма обучения:	очная
Срок получения СПО по ППССЗ:	3 года 10 месяцев
Уровень образования, необходимый для приема на обучение по ППССЗ:	основное общее образование

Брянск 2024

**Методические рекомендации**  
по изучению учебной дисциплины  
**ОП.02. Материаловедение** (далее – МР)  
для специальности *15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание,  
эксплуатация и ремонт промышленного оборудования (по отраслям)*

Разработал преподаватель ПК БГТУ

В.Е. Грибанов

МР рассмотрены и одобрены на заседании  
предметно-цикловой комиссии «Монтаж и  
техническая эксплуатация промышленного  
оборудования» ПК БГТУ (далее — ПЦК)

от «28» мая 2024 г., протокол №7

Председатель ПЦК

П.П. Антропов

Согласовано:

Заместитель директора ПК  
БГТУ по учебной работе,

Л.А. Лазарева

© Грибанов В.Е.

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет»

# **Содержание**

## **Введение**

### **1 Охрана труда и техника безопасности**

### **2 Оформление отчета и требования к нему**

### **3 Лабораторные работы**

#### **3.1 Микроскопический анализ .**

#### **3.2 Испытание на твердость по Бринеллю .**

#### **3.3 Испытание на твердость по Раквеллу .**

#### **3.4 Исследование диаграммы состояния железо - цементит**

#### **3.5 Микроанализ сталей и белых чугунов .**

#### **3.6 Закалка стали .**

#### **3.7 Отпуск стали .**

#### **3.8 Микроанализ конструкционных и инструментальных сталей .**

#### **3.9 Микроанализ серых , половинчатых , высокопрочных и ковких чугунов**

### **4 Практическая работа**

#### **4.1 Выбор материалов для конструкций .**

## **Введение**

В современных условиях развития общественных отношений одним из значительных факторов научно – технологического процесса является совершенствование технологии производства .Преобразование производства возможно в результате создания более совершенных средств труда , разработки новых технологий .

Важным направлением научно – технического процесса является создание и широкое использование новых конструкционных материалов. В производстве всё шире используются сверхчистые , сверхтвердые , жаропрочные , композиционные , порошковые и другие материалы , позволяющие резко повысить технологический уровень и надежность оборудования .

Закономерности ,связывающие состав и структуру материалов с их служебными характеристиками , а так же изменение свойств материалов в условиях их эксплуатации изучаются прикладной наукой – материаловедением .

Для большинства технических материалов как металлических , так и неметаллических характерно кристаллическое строение. Это позволяет с единичных позиций рассматривать закономерности деформирования кристаллической структуры и свойств , определенных природной связи между атомами .

Рациональный подбор материала и совершенствование технологических процессов их обработки обеспечивает надежность конструкций ,снижает себестоимость и повышает производительность труда .

**Изучая дисциплину «Материаловеденье»** в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом ,студенты должны 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 , рассматривать и назначать оптимальные решения задания ;

Знать;

- закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов ,основы их термообработки способы защиты металлов от коррозии ;

- классификацию и способы получения композиционных материалов ;
- причины выбора конструкционных материалов для применения в производстве ;
- строения и свойства металлов , методы их исследования ;
- классификацию материалов ,металлов и сплавов ,их области применения ;
- методику расчета и назначения режимов резанья для различных видов работ.

**Выполнение лабораторных и практических работ по дисциплине «Материаловедение»** позволяет закрепить теоретические знания студентов и привить им навыки самостоятельной работы по исследованию структур и свойств металлов и сплавов , неразрушающим методом контроля и использованию данных микроанализа , освоению необходимой для этого аппаратуры , проведению основных операций теоретической обработки сплавов .

Перед началом выполнения лабораторных и практических работ студент должен изучать настоящие методические указания и выполнить предложенные рекомендации .

## **1 Охрана труда и техника безопасности**

Для обеспечения безопасных условий проведения лабораторной работы необходима четкая организация и поддержание дисциплины в процессе проведения учебных занятий ,а так же значение и строгое соблюдение правил техники безопасности

1.1 Перед началом работы студент должен :

1.1.1 Изучить теоретический материал по теме работы ,устройство и принцип работы приборов и оборудования .

1.1.2 Подготовку приборов и оборудования производить только при выключенном рубильнике .

1.1.3 Доложить преподавателю об окончании подготовки к выполнению работы и присоединить к ней только с разрешения преподавателя или зав.лабораторией

**1.2 Во время работы студент должен :**

1.2.1 Соблюдать правила пользования средствами индивидуальной защиты , правила личной гигиены и содержать в чистоте рабочее место .

1.2.2 Выполнять только ту работу , которая поручена преподавателем (зав.лабораторией).

1.2.3 При нарушении и неполадках в работе приборов ,аппаратуры и оборудования немедленно доложить преподавателю ( зав.лабораторией )

1.2.4 При выполнении лабораторной работы используются приборы и оборудование работающие под напряжением 220 и 380В.Электрический ток представляют смертельную опасность для человека , поэтому запрещается прикасаться к токоведущим частям так , как нарушение их изоляции может привести к несчастному случаю .

1.2.5 При работе на приборах и оборудовании , имеющих вращательное или ударное действие , необходимо обеспечить надежное закрепление образцов.

1.2.6 Не производить остановку движущихся частей приборов вручную .

1.2.7 Съем образцов производить только после отключения приборов от сети до полной их остановки .

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		







**Лабораторная работа №1**  
**«Микроскопический анализ»**

## Содержание

1. Тема работы.....
2. Цель работы.....
3. Задание.....
4. Продолжительность работы.....



5. Материальное обеспечение.....	
6. Краткие теоретические сведения.....	
7. Порядок выполнения работы.....	
8. Содержание отчёта.....	
9. Вопросы для самопроверки.....	
Рекомендуемая литература.....	



**1**

## **Тема работы**

### **Микроскопический анализ**

**2**

## **Цель работы**

### Обучения

- ознакомление с методикой приготовления шлифов;
- изучение устройства микроскопа;
- ознакомление с основными правилами пользования микроскопом и обращения с ними.

### Воспитательная

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

### Развития

- умения учебного труда.

**3**

## **Задание**

- 3.1. Ознакомиться с методикой приготовления шлифов.
- 3.2. Изучить устройство микроскопа МИМ-6(МИМ-7).
- 3.3. Ознакомиться с основными правилами пользования микроскопом и обращения с ним.
- 3.4. Составлять отчёт.

#### 4 **Продолжительность работы**

Продолжительность – 2 часа

#### 5 **Материальное обеспечение**

- 5.1. Микроскоп МИМ -6(МИМ-7).
- 5.2. Шлифовальный станок.
- 5.3. Полированный станок.
- 5.4. Набор образцов металла для приготовления микрошлифов.
- 5.5. Реактивы для приготовления микрошлифов.
- 5.6. Жидкости для промывки микрошлифов.
- 5.7. Стекланные или фарфоровые емкости для жидкостей.
- 5.8. Фильтровальная бумага.

#### 6 **Краткие теоретические сведения**

					ПКТУ.МВ ОП04.001 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6.1 Назначение микроанализа

Под микроанализом понимают изучение строения металлов и сплавов с помощью металлографического микроскопа при увеличении в 50-2000 раз/

При помощи микроанализа определяют:

1) форму и размер кристаллических зерен, из которых состоит металл или сплав;

2) изменение внутреннего строения сплава, происходящее под влиянием различных режимов термической и химико-термической обработки, а также после внешнего механического воздействия на сплав;

3) микропороки металла раковины и т. п.;

4) неметаллические включения сульфиды, окислы и др. Микроскопический анализ включает приготовление микрошлифов и исследование их с помощью металлографического микроскопа.

## 6.2 Приготовление микрошлифов

*Микрошлифом* называется образец металла, поверхность которого подготовлена для микроанализа.

В зависимости от цели исследования и формы исследуемой детали выбирают место вырезки образца.

**Размеры и форма образца.** Удобной является цилиндрическая форма образца диаметром 10-12 мм и высотой 0,7-0,8 например диаметром 12 мм и высотой 10 мм (рис. 1, а). Удобны также прямоугольные образцы, например, с площадью основания 12 x 12 мм и высотой 10 мм (рис. 1, б)

					ПКТУ.МВ ОП04.001 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



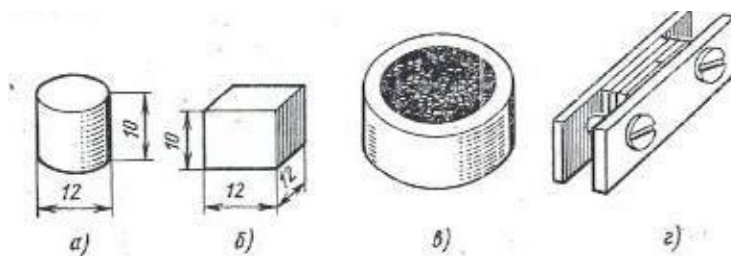


Рис. 1. Нормальные размеры металлографических образцов (а и б) и приспособления для монтирования образцов малого размера (в и г)

**Получение плоской поверхности образца.** На вырезанном образце выравнивают поверхность, которая предназначена для микроанализа. Получение плоской поверхности достигается опиливанием напильником (если материал мягкий) или заточкой на абразивном круге (если материал твердый).

Шлифование начинают на шкурке с более крупным абразивным зерном, затем постепенно переходят на шкурку с более мелким абразивным зерном.

Шлифуют вручную на шкурке, положенной на толстое стекло, или на специальных шлифовальных станках. При шлифовании вручную образец подготовленной плоскостью прижимают рукой к шлифовальной шкурке и водят им по бумаге в направлении, перпендикулярном к рискам, полученным после опиливании напильником.

Можно шлифовать также специальными пастами, нанесенными на небольшие листы чертежной бумаги.

Механическое шлифование осуществляется на специальных шлифовальных машинах.

**Полирование поверхности образца.** После окончания шлифования на шлифовальной шкурке самой мелкой зернистости полированием удаляют риски и обрабатываемая поверхность образца получается блестяще

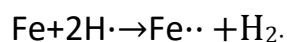
зеркальной. Полировать можно механическим и электролитическим способами.

Механическое полирование производят на специальном полировальном станке (рис. 2) с кругом 1 диаметром 200-250 мм, обтянутым сукном или фетром.

Полировальными составами являются взвешенные в воде мелкие порошки окиси алюминия (глинозем), окись хрома, окись железа (крокус) и окись магния (магнезия). После полирования образец промывают водой; полированную поверхность протирают ватой, смоченной спиртом, а затем просушивают прикладыванием фильтровальной бумаги или легким протиранием сухой ватой.

**Травление.** По зеркальной поверхности образца, полученной после полирования, нельзя судить о строении сплава. Только неметаллические включения (сульфиды оксиды, графит в сером чугуна) вследствие их окрашенности в различные цвета резко выделяются на светлом фоне полированного микрошлифа.

Для выявления структуры металла шлиф нужно после полирования подвергнуть травлению, например, какой-либо кислотой, растворенной в этиловом спирте или воде. Действие кислот основывается на реакции типа



Поверхность шлифа сплава, погруженного в реактив (электролит), представляет собой многоэлектродный гальванический элемент, состоящий из большого числа микроскопических электродов.

Структурные элементы сплава, которые имеют наиболее электроотрицательный электродный потенциал, играют роль микроскопических анодов и растворяются, образуя впадины на поверхности

					ПКТУ. МВ ОП04. 001 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

шлифа, а участки, являющиеся катодами, остаются неизменными. Таким образом, в результате травления на поверхности шлифа образуются выступы и впадины, характеризующие микроструктуру сплава. Для травления микрошлифов применяют весьма много реактивов. Приведем наиболее употребительные из них.

#### **Для сталей и чугунов**

- а) 5%-ный раствор HN в этиловом спирте;
- б) 4%-ный раствор пикриновой кислоты в спирте;
- в) пикрат натрия (пикриновая кислота и едкий натр) – стандартный реактив, применяется для того, чтобы отличить цемент от феррита;
- д) реактив для травления нержавеющей сталей: 3 части HCl и 1 часть HN реактивом пользуются через 24 часа после приготовления.

#### **Для алюминиевых сплавов**

- е) 0,5%-ный раствор фтористой кислоты в воде;
- ж) смесь кислот 1% HF, 2,5% HN, 1,5% HCl, 95% H<sub>2</sub>O.

#### **Для медных сплавов**

- з) 8%-ный аммиачный раствор CuSO<sub>4</sub>;
- и) 3%-ный раствор FeCl<sub>3</sub> в 10%-ном растворе HCl.

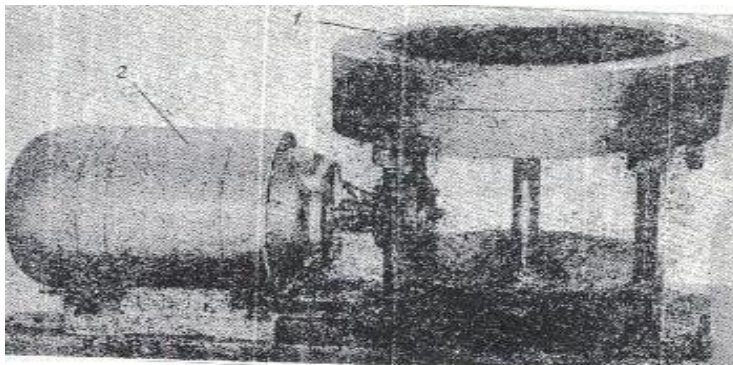


рис. 2. Полировальный станок

Указанные реактивы при пользовании наливают в небольшую фарфоровую или стеклянную чашку. Перед травлением полированную поверхность шлифа с целью обезжиривания промывают спиртом, а затем шлиф погружают на непродолжительное время (чаще на несколько секунд) в реактив. Иногда целесообразно реактив наносить на поверхность шлифа при помощи капельницы, пипетки или ватки на стеклянной палочке. Время травления различно для разных

сплавов и структур. После травления шлиф промывают сначала водой, а затем спиртом и сушат прикладыванием к фильтровальной бумаге.

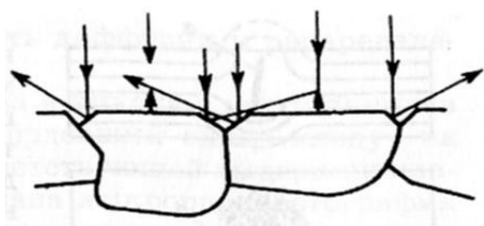
Рассматривая протравленный шлиф под микроскопом, определяют структуры. Например, отоженную доэвтектоидную сталь, структура которой состоит из перлита и феррита, протравить 4%-ным раствором пикриновой кислоты в спирте, то под микроскопом перлит будет иметь вид темных зерен, а феррит-светлых. Оптически неодинаковую окрашиваемость зерен перлита и феррита можно объяснить тем, что от феррита лучей света отразилось в объектив значительно больше, чем от перлита, т.е. зерна перлита имеют менее ровную поверхность, и много лучей вследствие их рассеивания не попало в объектив.

Следовательно, действие реактива на различные структурные составляющие неодинаково. Перлит будучи двухфазной структурой, подвергается большему электрохимическому растворению чем феррит. На этой разнице в состоянии поверхности и количестве отраженных лучей и основано выявление структуры сплава.

В результате травления шлифа 4%-ным раствором HN в спирте границы зерен феррита вытравляются сильнее и дают углубления. Эти углубления, соответствующие границам зерен, вследствие рассеивания света кажутся нам под микроскопом в виде темных линий. Различная

					ПКТУ. МВ ОП04. 001 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

окрашиваемость зерен феррита объясняется их анизотропией. В сечении шлифа зерна феррита перерезаны по различным кристаллографическим плоскостям, а так как свойства зерен в различных сечениях неодинаковы, то и растворение каждого зерна под действием реактива различно. То зерно, которое протратилось сильнее, кажется темнее при рассматривании под микроскопом, так как оно после отражения от него света дает большее рассеивание лучей. В результате под микроскопом видят зерна различных оттенков: от ярко- светлых до совершенно темных.



Схема, поясняющая видимость границ зерен феррита под микроскопом



Техническое железо; зерна феррита с ясным очертанием их границ. Травление 4%-ным раствором HN в спирте

### 6.3 Общее устройство металломикроскопа и практика пользования им

Существуют два способа микроскопического исследования: исследование в проходящем свете и в отраженном свете.

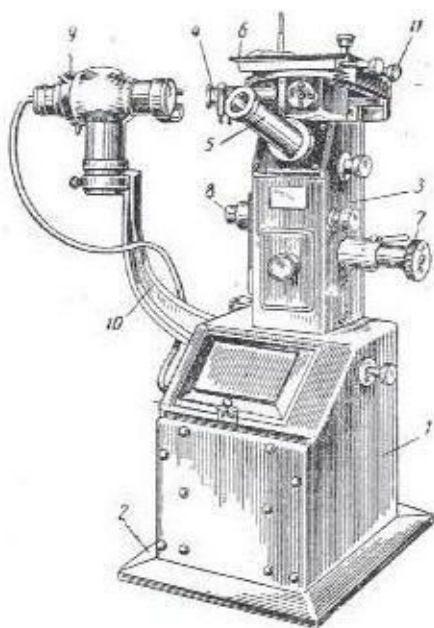
Микроскопы, рассматривающие предметы в проходящем свете, называются биологическими. Биологические микроскопы применяются в таких областях науки, как медицина, биология, где исследуемые предметы прозрачны.

Микроскопы, рассматривающие предметы в отраженном свете, называются *металлографическими* или *металломикроскопами*.

Металломикроскопы применяются при изучении структуры металлов и сплавов, т. е. непрозрачных предметов.

### Вертикальные металлографические микроскопы МИМ-6 и МИМ-7

Вертикальный металлографический микроскоп МИМ-6 имеет в настоящее время широкое применение. С его помощью можно рассматривать микрошлифы не только в светлом поле, но и в поляризованном свете, а также производить фотографирование микроструктуры. Он дает при непосредственном (визуальном) наблюдении увеличение до 950 раз при фотографировании до 1416 раз.



Общий вид микроскопа МИМ-6

Микроскоп состоит из трех основных частей:

- а) нижнего корпуса 1 и основания 2;
- б) собственно микроскопа 3 с иллюминаторным тубусом 4, визуальным тубусом и окуляром 5, предметным столиком 6, механизмом грубой наводки на фокус 7 и микрометрическим винтом 8;
- в) осветительного устройства 9, закрепленного на кронштейне 10.

В таблице 1 приведены увеличения микроскопа при непосредственном наблюдении при фотографировании, а также оптические данные объективов и окуляров.

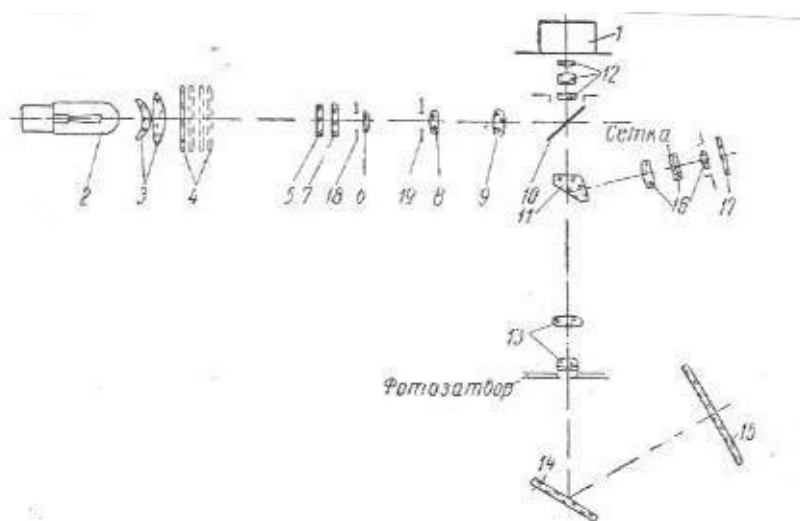
Исследуемый шлиф помещается на предметный столик полированной протравленной поверхностью вниз. Грубую наводку (фокусирование) объектива на резкое изображение предмета производят подниманием или опусканием предметного столика посредством винта 7, наблюдая при этом в окуляр за четкостью изображения. Закрепив с помощью винта положение предметного столика, точную наводку на фокус осуществляют посредством вращения микрометрического винта 8. Предметный столик со шлифом передвигается при помощи винтов 11. Увеличение микроскопа подбирают путем комбинации объективов и окуляров, перемножая их собственные увеличения или пользуясь таблицей 1.

В последнее время отечественной промышленностью выпущен более совершенный вертикальный микроскоп МИМ – 7.

Таблица 1

Система	Объективы		Простые окуляры для визуального наблюдения			Окуляры для фотографирования	
	Собственное увеличение	Числовая апертура	АМ-11. Х7	М-10. Х10	М-11. Х 15	АМ-32. Х6.5	АМ-33. Х10
Сухая	9	0,20	63	90	135	86	134
»	21	0,40	147	210	315	201	313
»	40	0,65	280	400	600	383	596
Иммерсионная	95	1,25	665	950	-	909	1416

### Оптическая схема хода лучей в микроскопе МИМ-6.



1-микрошлиф; 2- источник света (лампа 20 вт при 8 в); 3- коллектор; 4- откидные светофильтры (зеленый, желтый, синий, оранжевый); 5- поляризатор для наблюдения в поляризованном свете неметаллических включений в шлифах; 6- линза иллюминатора; 7- полуматовая пластинка; 8 и 9 – линзы; 10- прозрачная пластинка; 11- отражательная призма;

12-объектив; 13-фотоокуляр; 14- зеркало; 15- матовое стекло фотокамеры; 16-окуляр; 17- анализатор; 18- апертурная диафрагма; 19- полевая диафрагма.

### Общее руководство к обращению с микроскопами

Микроскоп является точным прибором, требующим самого аккуратного и осторожного обращения с ним. Прежде чем приступить к работе с микроскопом, нужно сначала ознакомиться с его устройством, т.е. с его схемой, с отдельными основными частями, с их взаимным расположением и назначением.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



1. Работая с микроскопом, нельзя допускать быстрых и резких движений (рывков) при наводке объектива на фокус, при установке и перемене оптики (объективов и окуляров). Если вращение макро- и микровинтов почему-либо затруднено, то нельзя применять силу и стремиться во что бы то ни стало повернуть винт, так как это может повлечь за собой смятие резьбы, т.е. порчу микроскопа.

2. Если конструкция микроскопа такова, что предметный столик микроскопа находится под объективом, то при наводке на фокус во избежание удара фронтальной линзой объектива о поверхность микрошлифа следует сначала при помощи макровинта приблизить объектив как можно ближе к поверхности микрошлифа (смотря при этом на объективи шлиф), а затем медленным подниманием объектива вверх с помощью того же макровинта произвести наводку на фокус. При небрежном обращении с микроскопом удар о фронтальную линзу объектива при наводке на фокус возможен также (правда, с меньшей силой) и в том случае, если предметный столик микроскопа находится над объективом.

3. Нельзя на предметный столик микроскопа ставить шлиф, не просушенный после травления, так как травящий реактив (раствор кислоты и т. п.), стекая со шлифа на объектив, может попортить фронтальную линзу и оправу объектив, а также предметный столик микроскопа.

4. Плоскость рассматриваемого шлифа должна быть установлена перпендикулярно оси микроскопа, иначе изображение исследуемой структуры не будет равномерно четким, а будет искаженным.

5. Ни в коем случае нельзя водить шлифом по столику и трогать его поверхность пальцами.

6. Без руководителя нельзя трогать ответственные части микроскопа, кроме макро- и микрометрических винтов и винтов предметного столика, так

					ПКТУ. МВ ОП04. 001 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

как микроскоп отрегулирован и смещение частей приводит к трудно выполняемой работе по новой регулировке.

## **7 Порядок выполнения работы**

7.1. Изучить устройство и работу микроскопа.

7.2. Приготовить микрошлиф.

7.3. Исследовать микрошлиф с помощью металлографического микроскопа

## **8 Вопросы для самопроверки**

8.1. Какие методы и способы исследования структур металлов и сплавов применяют на практике?

8.2. Что такое « микрошлиф»? В чем сущность его изготовления?

8.3. Какие реактивы применяют для травления микрошлифа ?

8.4. Какие приборы применяют для микроскопического анализа? Какие микроскопы называют металлографическими?

8.5 В чем принцип работы металлографического микроскопа?

## **9 Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

-краткое описание устройства микроскопа;

-оптическую схему хода лучей в микроскопе;

- краткое описание обращения с микроскопом;

-эскиз микрошлифа и краткое описание его изготовления;

-последовательность проведения исследования микроструктуры;

					ПКТУ. МВ ОП04. 001 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

-ВЫВОДЫ.

### Рекомендуемая литература

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

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

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

4 Овчинников В.В. Металловедение.-М.:ИД «ФОРУМ» ИНФРА-М,2015.

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## **Лабораторная работа №2**

### **«Испытание на твёрдость по Бринеллю»**

## Содержание :

1. Тема работы .....	3
2. Цель работы .....	3
3. Задание .....	3
4. Продолжительность выполнения.....	
5. Материальное обеспечение.....	
6. Краткие теоретические сведения.....	
7. Порядок выполнения работы.....	
8. Вопросы для самопроверки.....	
9. Содержание отчета.....	
Рекомендуемая литература.....	

					ПКТУ.МВ ОП04.002ЛР				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лабораторная работа №2		Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Грибанов В.Е							
Провер.									
							ПК БГТУ		

## **1 Тема работы**

Испытание на твердость по Бринеллю.

## **2 Цель работы**

Обучение :

- изучение 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

## **3 Задание**

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

**3.2** . Изучить устройство автоматического рычажного прессы.

**3.3** Изучить методику определения твердости металлов (сплавов) по Бринеллю.

**3.4** Составить отчет.

## **4 Продолжительность работы**

Продолжительность – 2 часа

## **5 Материальное обеспечение**

**5.1** Автоматический рычажный пресс типа Бринелля ТШ-2

**5.2** Образцы для испытания .

**5.3** Лупа для измерения диаметра отпечатка .

**5.4** Напильник ,шлифовальный станок , шлифовальная бумага.

## **6 Краткие теоретические сведения**

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

Изм..	Лист	№ докум..	Подпись	Дата

ПКТУ.МВ ОП04.002ЛР

Лист

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 .

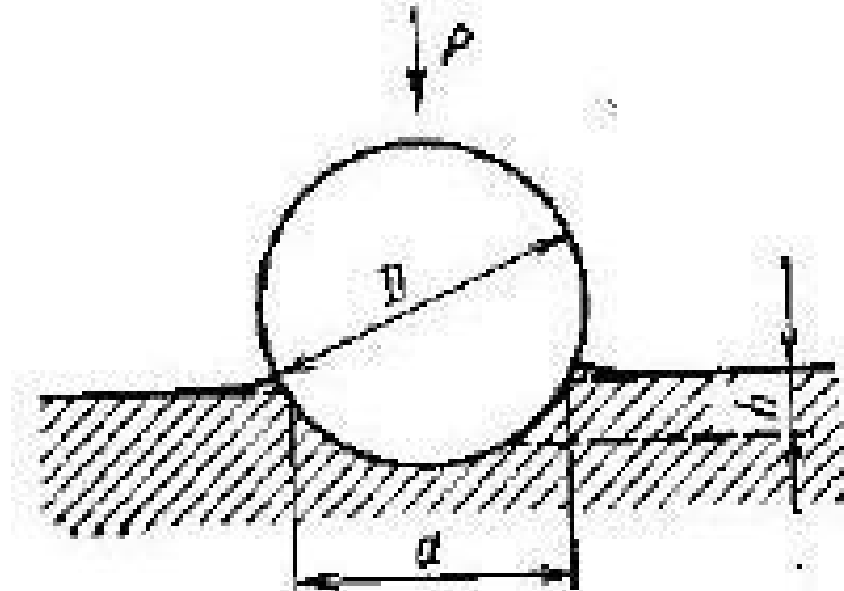


Рисунок 1 Схема испытания на твердость по способу Бринелля

В результате вдавливания шарика на поверхности образца получается отпечаток (лунка) . Число твердости по Бринеллю , обозначаемое  $HB = \frac{P}{F}$  Мпа , кг / мм<sup>2</sup> /

Где P –нагрузка, Н;

F – площадь отпечатка , мм<sup>2</sup>

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

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

## 6.3 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) .

					ПКТУ.МВ ОП04.002ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



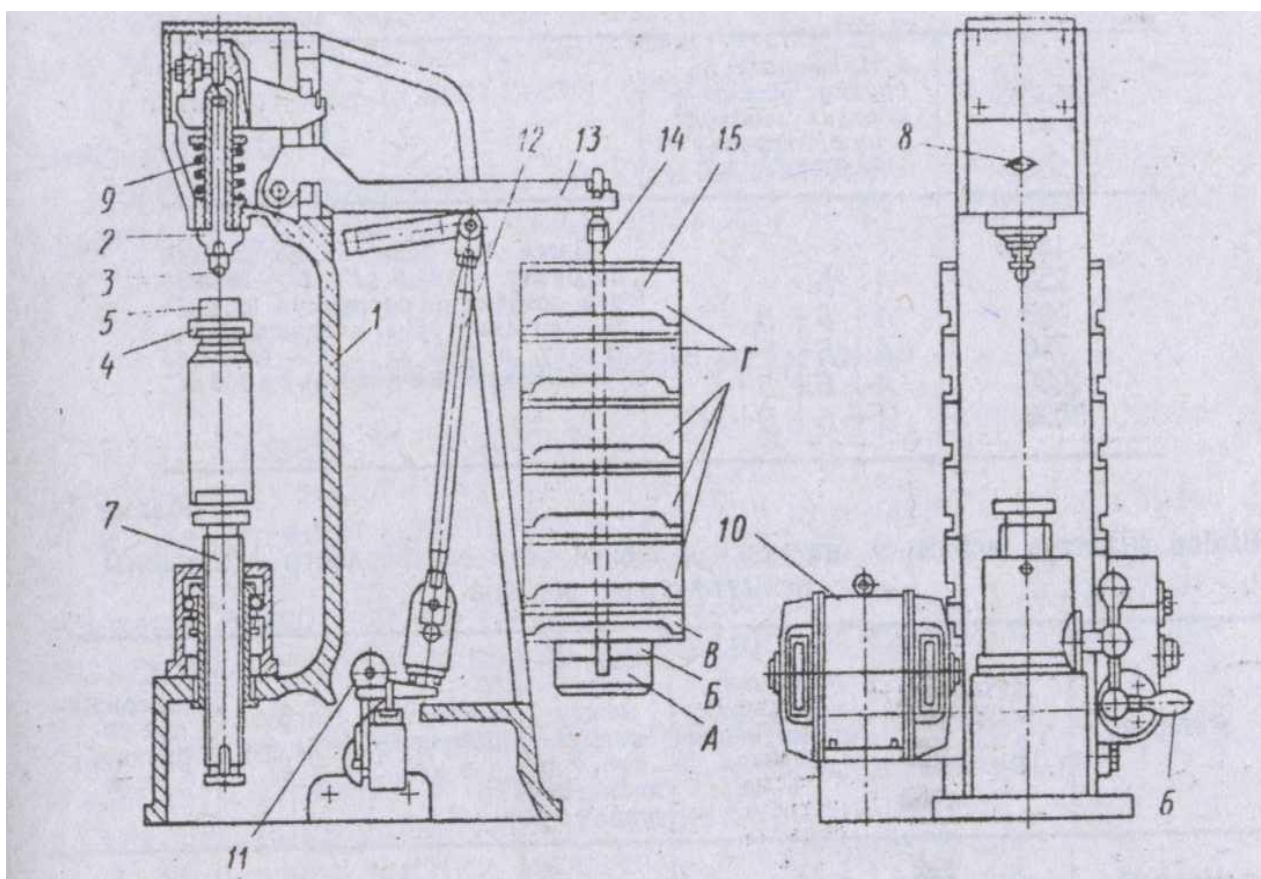


Рисунок 2 - Схема автоматического рычажного пресса для определения твердости :

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 .

### 6.3 Подготовка пресса и проведение испытаний

6.3.1 Установить на подвеску 14 грузы 15 , соответствующие выбранной для испытаний нагрузке .

6.3.2 Наконечник с шариками вставить в шпиндель 2 и укрепить .

6.3.3 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 .

6.3.4 Вращаем маховик подъема шпинделя 7 по часовой стрелке поднимем столик 4 и прижимаем образец 5 к шарiku 3 ,продолжаем вращать маховик до упора .

6.3.5 Нажимаем кнопки пуска включаем электродвигатель .

6.3.6 Когда рычаг с грузами достигает исходного положения , опустить столик 4 и снять с него образец 5 с полученным отпечатком .

### 6.4 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  $P = 3000$  ,где  $D$  – диаметр шарика ,мм, твердость  $HB = 2290$  Н.

## 7 Порядок выполнения работы

7.1 Изучить схему испытания металлов (сплавов) на твердость по Бринеллю ,расчетные формулы .

7.2 Ознакомиться с прибором для испытания на твердость по Бринеллю .

7.3 произвести подготовку образца .

7.4 Произвести подготовку прибора для испытания на твердость к работе .

7.5 Провести испытания , определить твердость образца .

7.6 Полученные данные занести в протокол испытаний .

					ПКТУ.МВ ОП04.002ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

№	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

## 8 Вопросы для самопроверки

8.1 Что такое твердость ?

8.2 Какими способностями определяется твердость ?

8.3 Как проводится испытание на твёрдость по Бринеллю?

8.4 От чего зависит диаметр шарика и величина нагрузки при испытании методом Бринелля ?

## Рекомендуемая литература

- 1 Адаскин 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 материаловеденью и термические обработки металлов .-М.:Машиностроение, 1981.

**Лабораторная работа №3**  
**«Испытание на твёрдость по Роквеллу»**

					ПКТУ.МВ ОП04.003ЛР							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Содержание Лабораторная работа				Лит.		Лист	Листов
Разраб.	Грибанов В.Е											
Провер.												
					ПК БГТУ							

1. Тема работы .....	3
2. Цель работы .....	3
4. Продолжительность выполнения .....	3
5. Материальное обеспечение.....	
6. Краткие теоретические сведения.....	
7. Порядок выполнения работы.....	
8. Вопросы для самопроверки.....	
9. Содержание отчета.....	
Рекомендуемая литература.....	

## 1 Тема работы

Испытание на твердость по Роквеллу .

## 2 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

## 3 Задание

3.1 Изучить схему испытания металлов (сплавов) на твердость по Роквеллу.

3.2 Ознакомиться с устройством прибора ТК-2.

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

3.4 Составить отчет.

## 4 Продолжительность работы

Продолжительность – 2 часа

## 5 Материальное обеспечение

5.1 Автоматический рычажный пресс типа Бринелля ТШ-2

5.2 Образцы для испытания .

5.3 Лупа для измерения диаметра отпечатка .

5.4 Напильник ,шлифовальный станок , шлифовальная бумага.

					ПКТУ.МВ ОП04.003ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 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.

**6.1** 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)

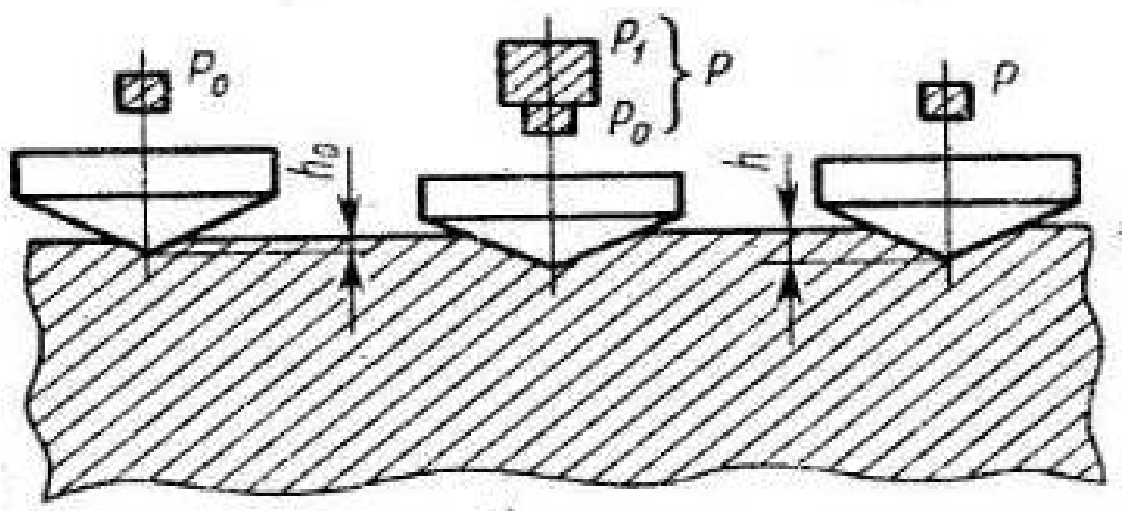


Рисунок 1- схема испытаний на твердость вдавливанием алмазного конуса (на приборе Роквелла)

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

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 HRB=130-е, при измерении по шкале С и А HRC=100-е, HRA-е.

Величина е определяется по следующей формуле:

$$e = \frac{h - h_0}{2},$$

где h- глубина наконечника в испытуемый материал под действием нагрузки

Р, измеренная после снятия основной нагрузки Р, с оставлением

предварительной нагрузки Р, - глубина внедрения наконечника в

испытуемый материал под действием предварительной нагрузки .

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.

## 6.2 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.

					ПКТУ. МВ ОП04. 003 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



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

6.3.1 Установить необходимую нагрузку (схема прибора 5, с.56).

6.3.2 Установить испытываемый образец 6 на стол 7 прибора.

6.3.3 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.

6.3.4 Вращением барабана 9 установить нуль шкалы С (черного цвета) против конца большой стрелки индикатора.

6.3.5 Плавным нажатием руки на клавишу 10 включить привод механизма нагружения.

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

6.3.7 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.

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

## 7 Порядок выполнения работы

7.1 Изучить схему испытания металлов (сплавов) на твердость по Роквеллу, расчетные формулы.

					ПКТУ. МВ ОП04. 003 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7.2 Ознакомиться с прибором типа Роквелла ТК-2.

7.3 Произвести подготовку образца.

7.4 Подготовить прибор типа Роквелла, провести испытание, определить твердость образца.

7.5 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

### **8 Вопросы для самопроверки**

8.1 Что такое твердость металлов?

Каким способом она определяется?

8.2 Как проводится испытание на твердость по Роквеллу?

8.3 В каком случае используется алмазный конус, а когда стальной закаленный шарик?

8.4 Для каких металлов (сплавов) применяют испытания на твердость по Роквеллу?

8.5 Сравнить способы измерения твердости по Бринеллю и Роквеллу.

### **9 Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

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

					ПКТУ. МВ ОП04. 003 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### Рекомендуемая литература

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

					ПКТУ. МВ ОП04. 003 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Лабораторная работа №4**  
**«Исследование диаграммы состояния**  
**железо-цементит»**

## Содержание :

1.	Тема работы .....	3
2.	Цель работы .....	3
4.	Продолжительность выполнения .....	3
5.	Материальное обеспечение.....	
6.	Краткие теоретические сведения.....	
7.	Порядок выполнения работы.....	
8.	Вопросы для самопроверки.....	
9.	Содержание отчета.....	
	Рекомендуемая литература.....	

					ПКТУ.МВ ОП04. 004 ЛР					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лабораторная работа №4			Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Грибанов В.Е								
Провер.										
								ПК БГТУ		

## 1 Тема работы

Исследование диаграммы состояния железо-цементит

## 2 Цель работы

Обучения:

- изучение диаграммы состояния железо-цементит;
- установление связи между структурами диаграммы состояния «железо-цементит»

Воспитания :

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

Развития :

- умения работать в коллективе исполнителей.

## 3 Задание

3.1 Изучить диаграмму состояния железо-цементит.

3.2 Зарисовать диаграмму состояния железо-цементит.

3.3 Установить связь между структурами и диаграммой состояния железо-цементит.

3.4 Дать описание диаграммы состояния железо-цементит.

3.4 Оформить отчет.

## 4 Продолжительность работы

Продолжительность работы – 2 часа .

## 5 Материальное обеспечение

5.1 Диаграмма состояния железо-углерод.

5.2 Методические указания.

					ПКТУ.МВ ОП04.004 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 Краткие теоретические сведения

Диаграмма состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C (в упрощенном виде) изображена на рис.1...2 на диаграмме точка А (1539 °С) соответствует температуре плавления (затвердевания) железа. Точка D (~1600 °С) соответствует температуре плавления (затвердевания) цементита. Линия ACD – линия ликвидуса, показывающая температуры конца затвердевания (конца плавления) сталей и чугунов. Линия AECF – линия солидуса, показывающая температуры конца затвердевания (начала плавления).

По линии ликвидуса AC (при температуре, соответствующих линии AC) из жидкого сплава кристаллизуется аустенит, а по линии ликвидуса CD – цементит, называемый первичным цементитом.

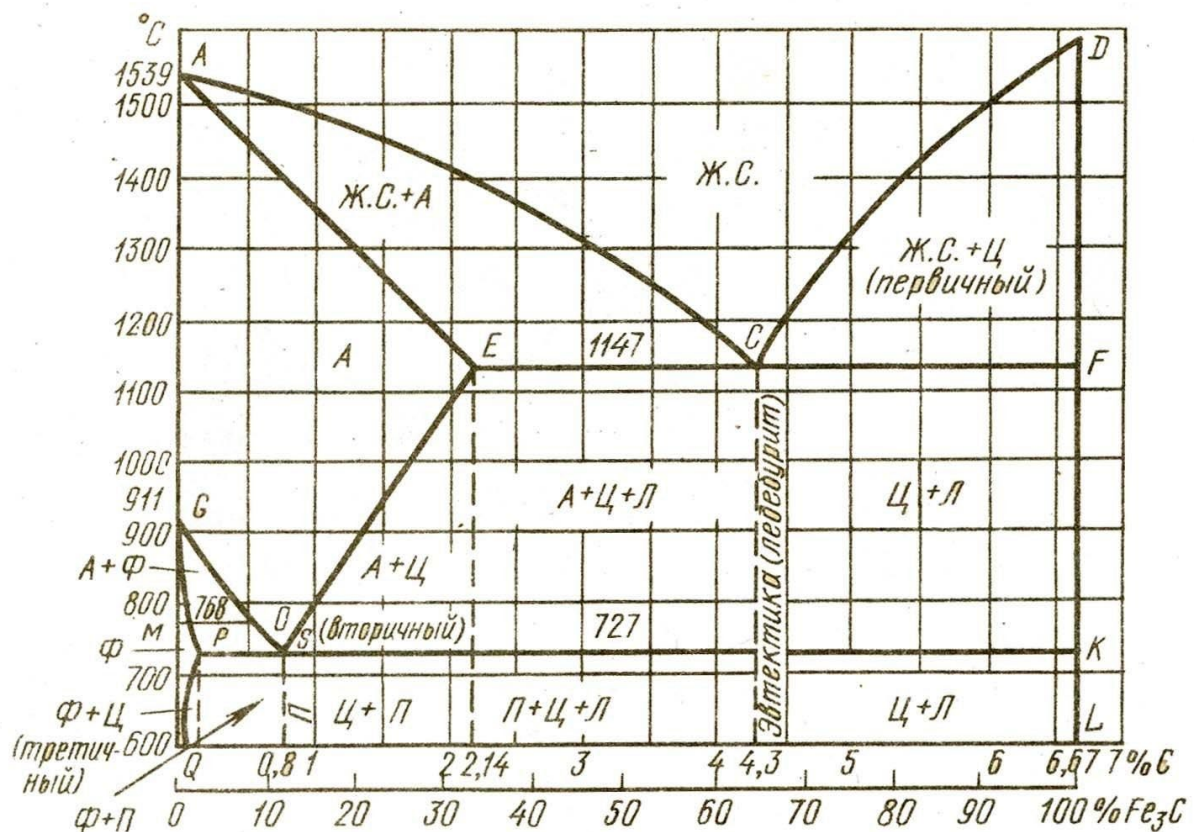


Диаграмма состояния железо - цементит (в упрощённом виде)

А- аустенит, П - перлит, Л - ледеburит, Ф - феррит, Ц - цементит

swarKa.net.ru

Рисунок 1- диаграмма состояния железо-цементит (Fe – Fe<sub>3</sub>C)

В точке  $1147^{\circ}\text{C}$  и содержании  $4,3\% \text{ C}$  из жидкого сплава одновременно кристаллизуется аустенит и цементит первичный, образуя эвтектику, называемую *ледебуритом*. По линии солидуса AE, сплавы с содержанием до  $2,14\% \text{ C}$  окончательно затвердевают с образованием аустенита. По линии солидуса ES ( $1147^{\circ}\text{C}$ ) сплавы с содержанием  $2,14-4,3\% \text{ C}$  окончательно затвердевают с образованием эвтектики ледебурита. Так как при более высоких температурах из жидкого сплава выделяется аустенит, следовательно, такие сплавы после затвердевания имеют структуру аустенит+ледебурит. По линии солидуса CF ( $1147^{\circ}\text{C}$ ) сплавы с содержанием  $4,3-6,67\% \text{ C}$  окончательно затвердевают также с образованием эвтектики ледебурита. Так как при более высоких температурах из жидкого сплава выделяется цементит (первичный), следовательно, такие сплавы после затвердевания имеют структуру – первичный цементит + ледебурит.

В результате первичной кристаллизации во всех сплавах с содержанием до  $2,14\% \text{ C}$  образуется однофазная структура – аустенит. Сплавы железа с углеродом, в которых в результате первичной кристаллизации в равновесных условиях получается аустенитная структура, называемая сталями. Следовательно сталь – это железоуглеродистые сплавы с содержанием до  $2,14\% \text{ C}$ . Сплавы с содержанием более  $2,14\% \text{ C}$ , в которых при кристаллизации образуется ледебурит, называют чугунами. Следовательно, чугун – это железоуглеродистые сплавы с содержанием более  $2,14\% \text{ C}$ . Излом таких чугунов светлый, блестящий (белый излом), поэтому такие чугуны называют белыми.

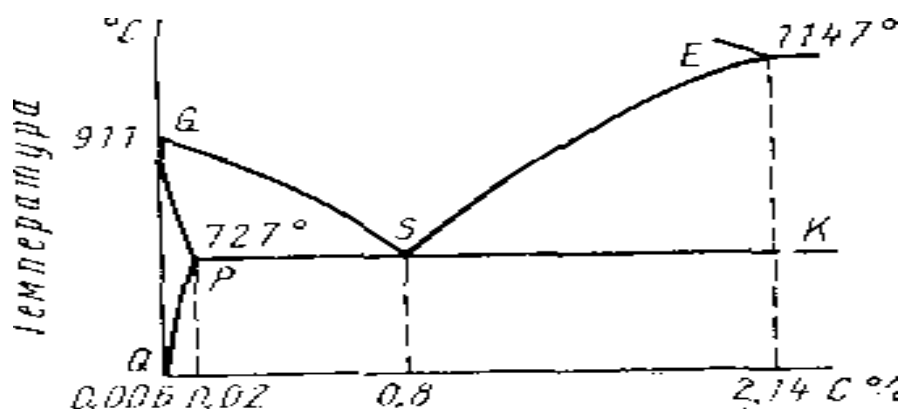


Рисунок 2 – Нижняя левая часть диаграммы состояния железо-цементит.

В железоуглеродистых сплавах превращения в твердом состоянии характеризуют линии GSE, PSK, PQ. Линия GS показывает начало превращения аустенит в феррит (при охлаждении). Критические точки, лежащие на линии GS, обозначают  $A_3$ , (при нагреве  $A_{c3}$ , при охлаждении  $A_{r3}$ )



Линия SE показывает, что с понижением температуры растворимость углерода в аустените уменьшается. Так, при 1147 °С в аустените может раствориться 2,14 % С, а при 727 °С – 0,8 % С. С понижением температуры из аустенита выделяется избыточный углерод в виде цементита, называемого вторичным. Критические точки, лежащие на линии SE, обозначают  $A_{ст}$ . В чугунах с содержанием 2,14 – 4,3 % С при 1147 °С, кроме ледебурита, есть аустенит, из которого при понижении температуры тоже выделяется вторичный цементит.

Линия PSK (727 °С) – линия эвтектоидного превращения. На этой линии во всех железоуглеродистых сплавах аустенит распадается, образуя структуру, представляющая собой механическую смесь феррита и цементита и называется *перлитом* (~ HB 200). Критические точки, лежащие на линии PSK, обозначается  $A_1$  (при нагреве  $A_{с1}$ , а при охлаждении  $A_{r1}$ ).

Линия PQ показывает, что с понижением температуры растворимость углерода в феррите уменьшается от 0,002 % при 727 °С до 0,006 % при комнатной температуре. При охлаждении ниже 727 °С из феррита выделяется избыточный углерод в виде цементита, называемого третичным.

Ниже 727 °С железоуглеродистые сплавы имеют определенные структуры.

Стали, содержащие менее 0,8 % С – феррит + перлит, называют доэвтектоидными сталями.

Стали с содержанием 0,8 % С – перлит, называют эвтектоидными сталями.

Стали с содержанием 0,8 – 2,14 % С – перлит + цементит (вторичный), называют заэвтектоидными сталями.

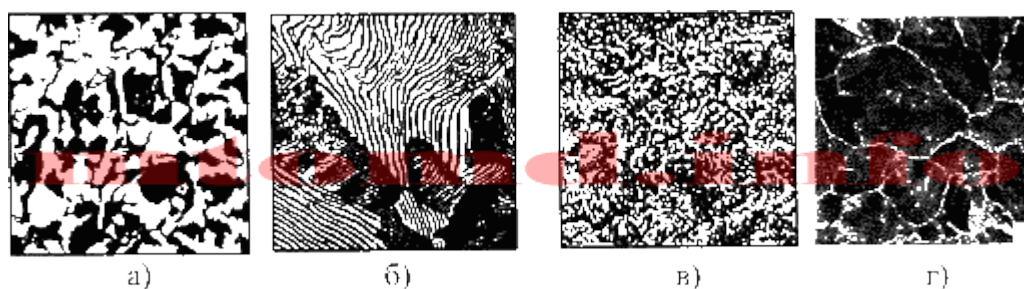


Рисунок 3 – Микроструктура стали:

а – доэвтектоидная сталь (феррит + перлит); б – эвтектоидная сталь (пластинчатый перлит); в – эвтектоидная сталь (зернистый перлит); г – заэвтектоидная сталь (перлит + цементит первичный).

Белые чугуны с содержанием 2,14 % С – 4,3 % С – перлит + цементит (вторичный) + ледебурит, называют доэвтектоидными чугунами (вторичный цементит структурно не обнаруживается, так как объединяется с цементитом ледебурита).

Белый чугун с содержанием 4,3 % С – ледебурит, называют эвтектическим.

Белые чугуны с содержанием 4,3 – 6,67 % С – цементит (первичный) + ледебурит, называют заэвтектическими чугунами.

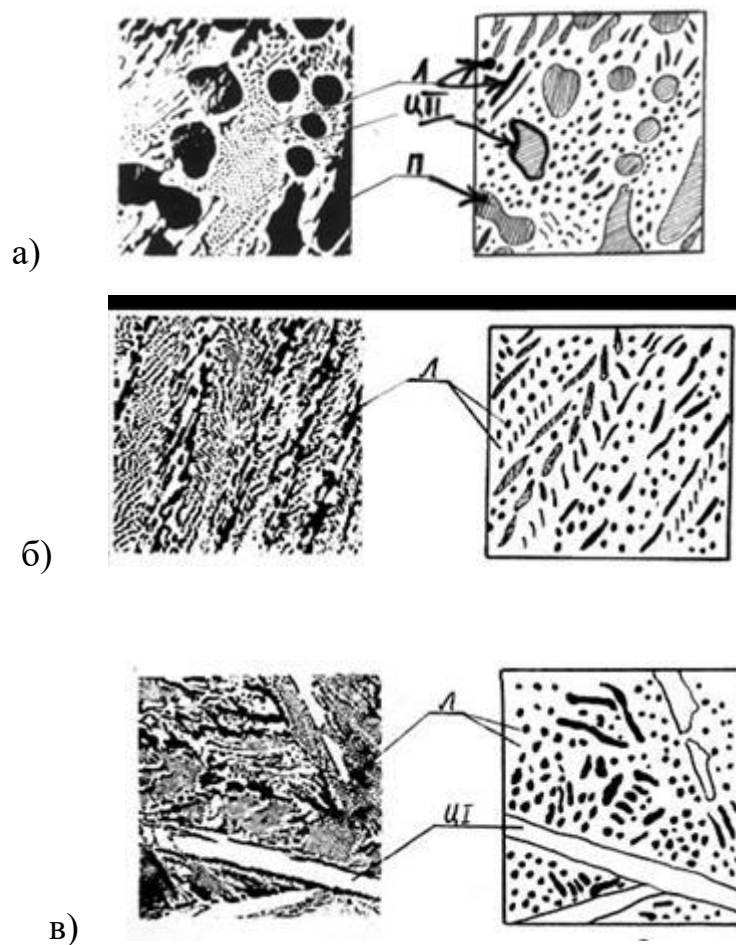


Рисунок 4 – Микроструктуры белых чугунов:

а) доэвтектического чугуна; б) эвтектического чугуна; в) заэвтектического чугуна.

## 7 Порядок выполнения работы

7.1 Изучить основные теоретические положения о диаграмме состояния железо – цементит и микроструктурах углеродистых сталей и белых чугунов.

7.2 Зарисовать диаграмму состояния железо – цементит.

7.3 Выполнить описание диаграммы состояния железо – цементит.

7.4 Дать определения структур обозначенных на диаграмме.

## 8 Вопросы для самопроверки

- 8.1 Что такое феррит ? Каковы его механические свойства ?
- 8.2 Что такое перлит ? Каковы его механические свойства ?
- 8.3 Что такое цементит ? Каковы его механические свойства ?
- 8.4 Как меняется структура стали в зависимости от содержания углерода ?
- 8.5 Что входит в состав ледебурита белых чугунов при температуре 1147 С и при комнатной температуре ?

### 9. Содержание отчета

9.1 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 Адаскин А.М ,Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов .- М.:ИД «ФОРУМ-ИНФРА-М»,2015.
- 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 материаловедению и термические обработки металлов .-М.:Машиностроение, 1981.
- 6 Интернет – ресурс :  
[rutor.info>torrent...adaskin...materialovedenie.books.academic.ru>book.nst...](http://rutor.info/torrent/adaskin/materialovedenie.books.academic.ru/book.nst...)

					ПКТУ.МВ ОП04.004 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Лабораторная работа №5**  
**«Микроанализ сталей и белых чугунов»**

## Содержание :

1.	Тема работы .....	3
2.	Цель работы .....	3
4.	Продолжительность выполнения .....	3
5.	Материальное обеспечение.....	
6.	Краткие теоретические сведения.....	
7.	Порядок выполнения работы.....	
8.	Вопросы для самопроверки.....	
9.	Содержание отчета.....	
	Рекомендуемая литература.....	

					ПКТУ.МВ ОП04. 004 ЛР					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лабораторная работа №5			Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Грибанов В.Е								
Провер.										
								ПК БГТУ		

## 1 Тема работы

Микроанализ сталей и белых чугунов

## 2 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.

## 3 Задание

3.1 Изучить микроструктуру углеродистых сталей и белых чугунов с различным содержанием углерода

3.2 Зарисовать исследованные микроструктуры и схемы микроструктур

3.3 Установить связь между структурами и диаграммой состояния «железо-цементит»

3.4 Оформить отчет.

## Продолжительность работы

Продолжительность работы – 2 часа .

## Материальное обеспечение

5.1 Металлографический микроскоп

5.2 Набор микрошлифов технического железа , углеродистых сталей и белых чугунов ( с различным содержанием углерода )

5.3 Диаграмма состояния железо – цементит

					ПКТУ.МВ ОП04.004 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 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.

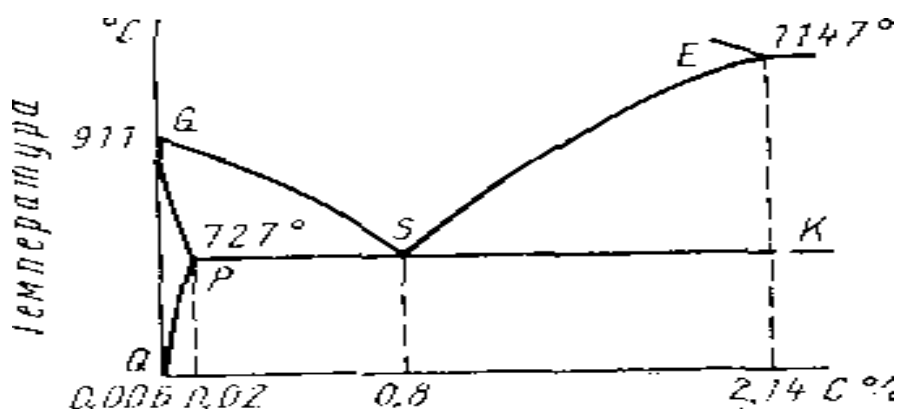
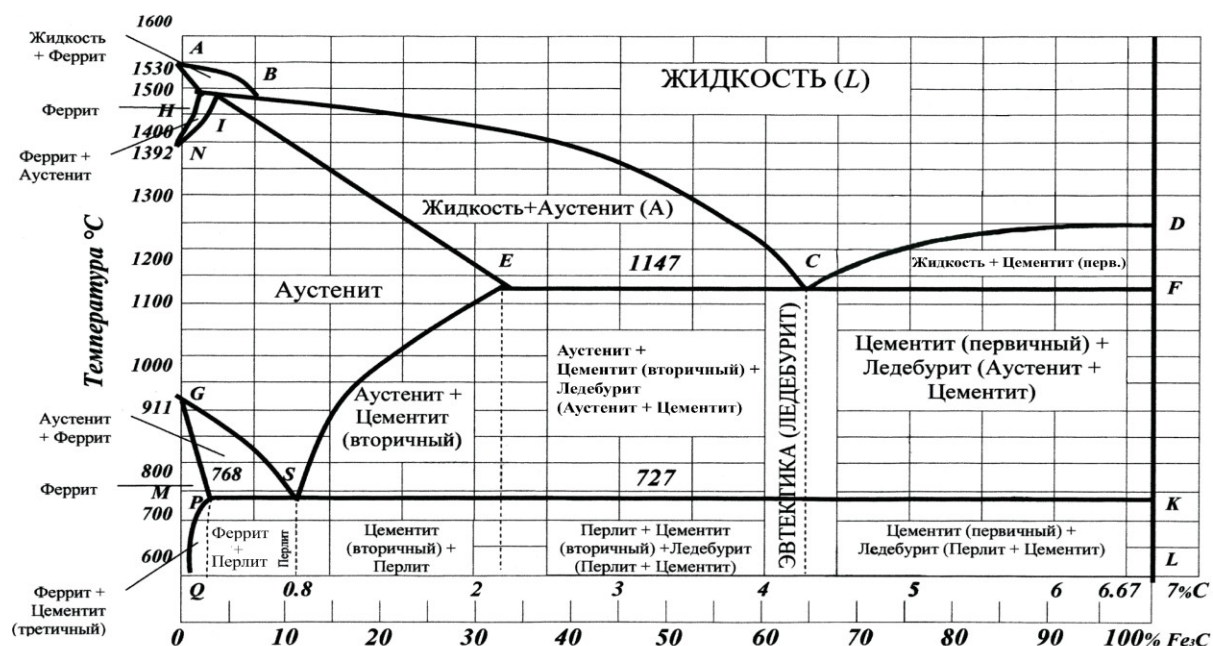


Рис.1- Нижняя левая часть диаграммы состояния железо – цементит

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 %)





6.1 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

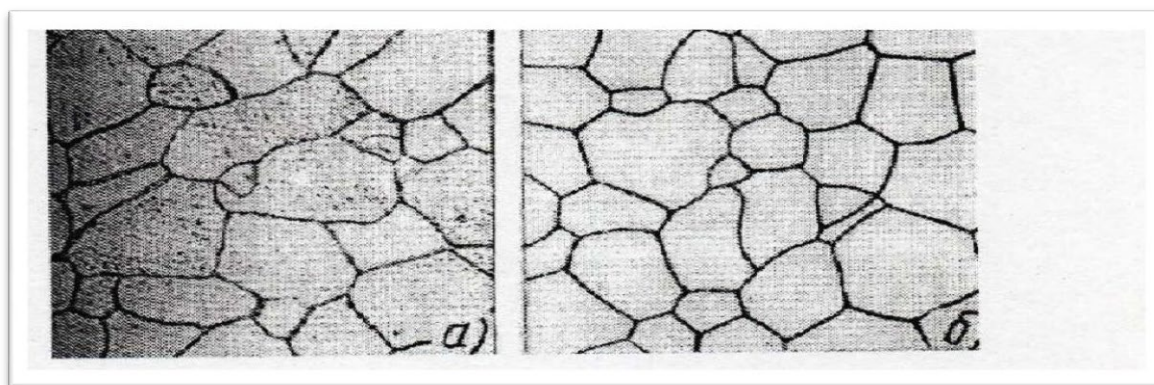


Рис.3- Техническое железо – феррит:

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры .

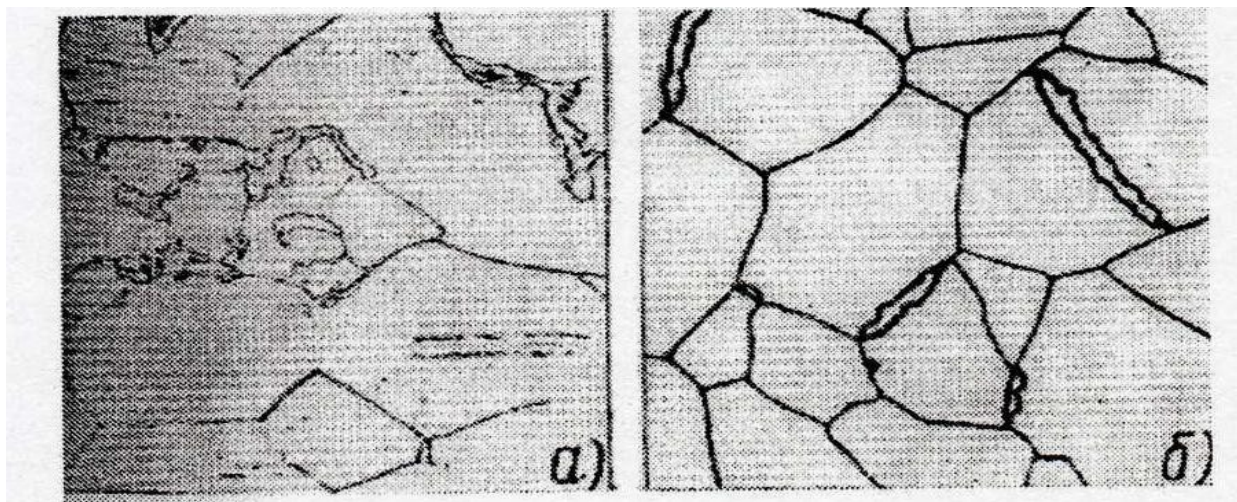


Рис.4- Сталь с 0.015 % С – феррит + цементит (третичный ):

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры.



6.2 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.

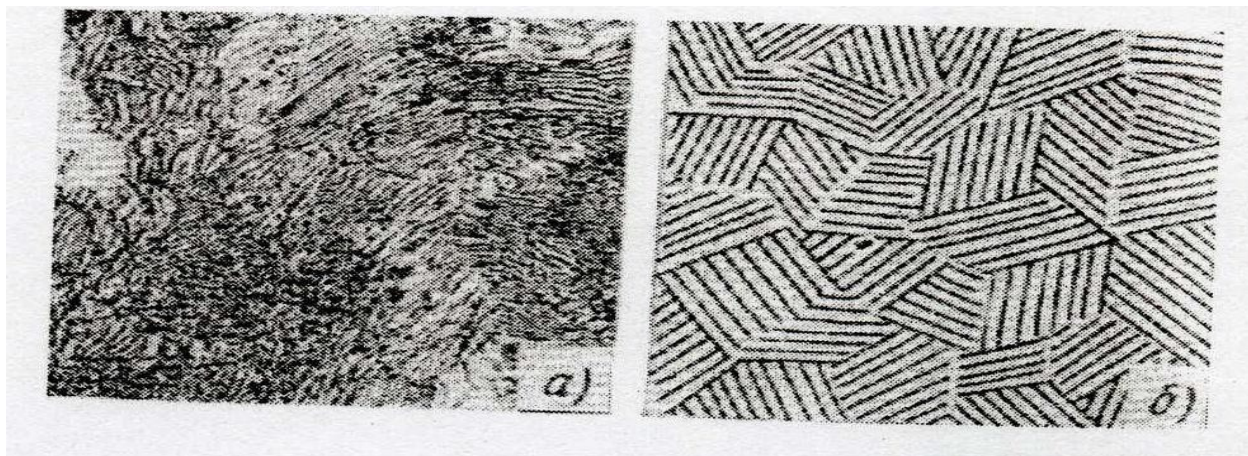


Рис.5- Эвтектоидная сталь с 0.8 % С-перлит:

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 ) .

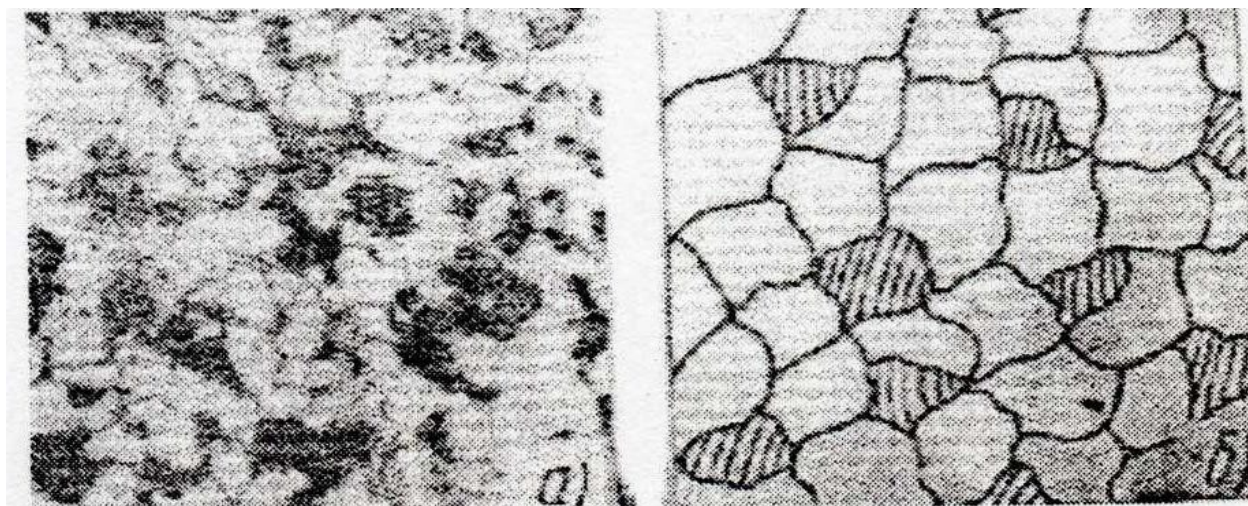


Рис.6. Доэвтектоидная сталь с 0.3% С -феррит + перлит :

а) микроструктура , б) схема микроструктуры .

### 6.3 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

$$C = \frac{70 \cdot 0,8}{100} = 0,56 \quad \%$$

### 6.4 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  $A_{ст}$  (линия SE) до температуры  $A_{г1}$  (линия SK ) (см.рис. 1)

При медленном охлаждении цементит вторичный выделяется в виде сетки по границам зерен аустенита. При достижении температуры  $A_{г1}$  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.)

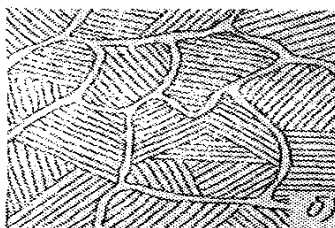


Рис.7- Заэвтектоидная сталь с 1,2 % C- перлит + цементит ( II ):

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры.

### 6.5 Микроструктура эвтектического белого чугуна

					ПКТУ.МВ ОП04.004 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



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)

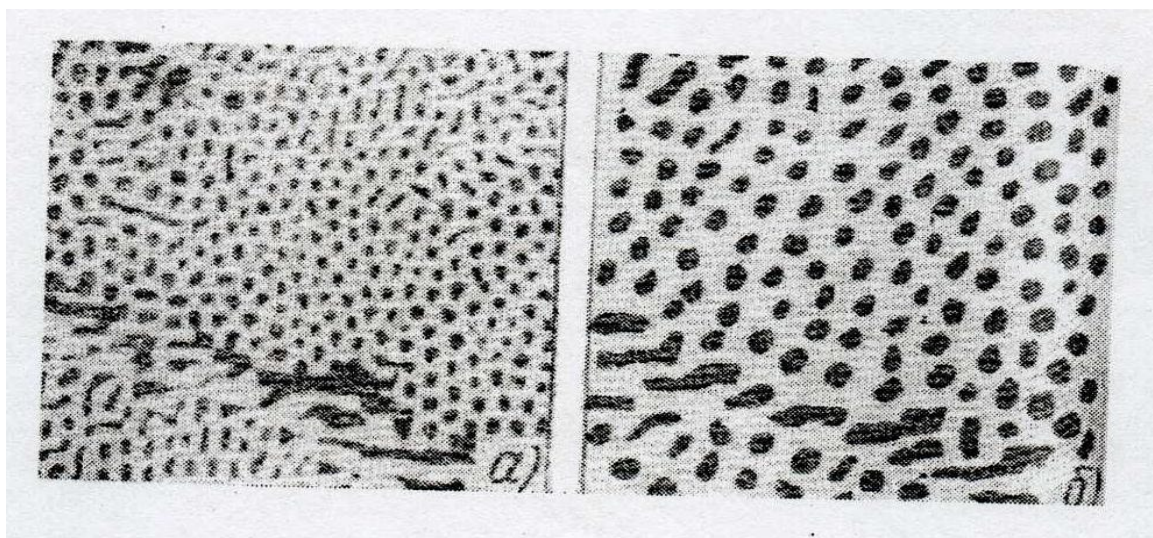


Рис.8- Эвтектический белый чугун с 4,3 % С – ледебурит:

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры .

#### 6.6 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.)



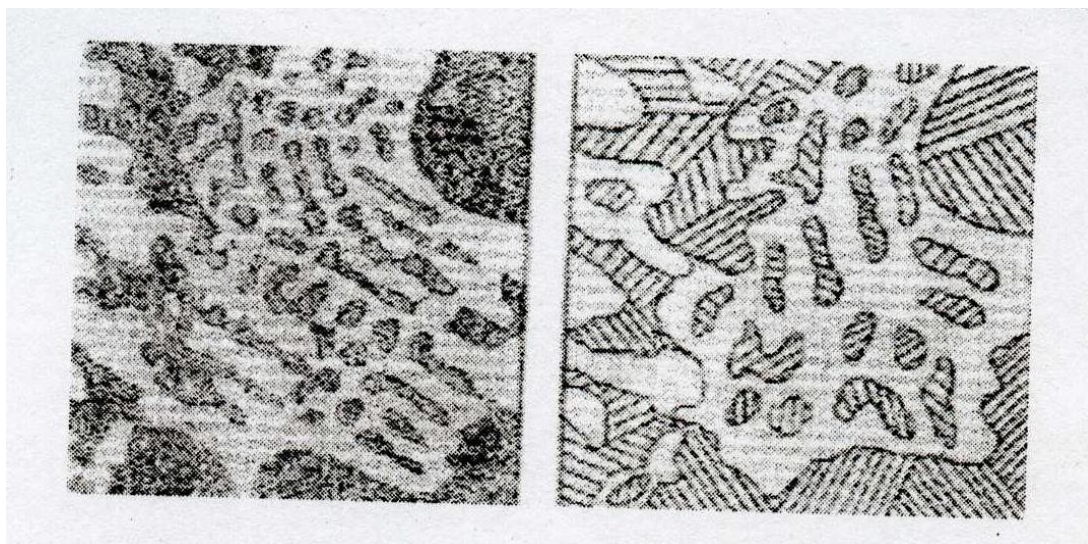


Рис.9 - Доэвтектический белый чугун с 3% С- перлит + ледибурит:

а) микроструктура,

б) схема микроструктуры.

#### 6.7 Микроструктура заэвтектического белого чугуна.

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

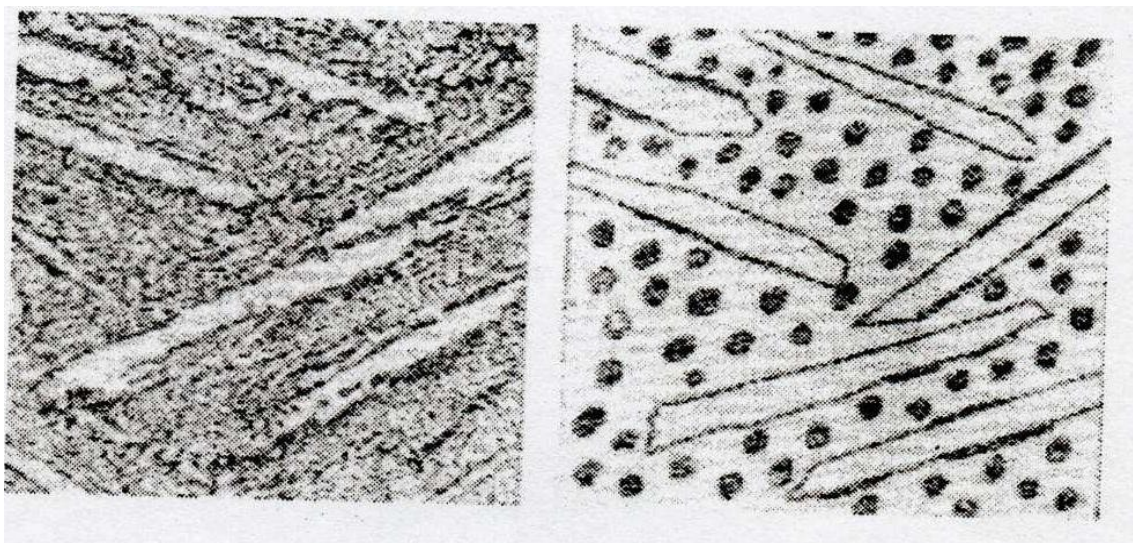


Рис.10- Заэвтектический белый чугун с 5% С- цементит ( первичный) + ледебурит:

а) микроструктура ,

б) схема микроструктуры.

## 7 Порядок выполнения работы

7.1 Изучить основные теоретические положения о микроструктурах углеродистых сталей и белых чугунов.

7.2 Подготовить к работе металлографический микроскоп.

7.3 подготовить образцы сталей и белых чугунов к проведению микроанализа

7.4 Исследовать микрошлифы технического железа ,углеродистых сталей и белых чугунов и определить микроструктуры .Сравнить выявленные микроструктуры с обозначенными на диаграмме железо-цементит .

## 8 Вопросы для самопроверки

8.1 Что такое феррит ? Каковы его механические средства ?

8.2 Что такое перлит ? Каковы его механические свойства?

8.3 Что такое цементит ? Каковы его механические средства ?

8.4 Как меняется структура стали в зависимости от содержания углерода ?

8.5 Что входит в состав ледебурита белых чугунов при температуре 1147 С и при комнатной температуре ?

### 9. Содержание отчета

9.1 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 Адаскин 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.

					ПКТУ.МВ ОП04.004 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

6 Интернет – ресурс :

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

					ПКТУ.МВ ОП04.004 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Лабораторная работа № 6, 7

«Закалка стали»

«Отпуск стали»

## Содержание :

1.	Тема работы .....	3
2.	Цель работы .....	3
4.	Продолжительность выполнения .....	3
5.	Материальное обеспечение.....	
6.	Краткие теоретические сведения.....	
7.	Порядок выполнения работы.....	
8.	Вопросы для самопроверки.....	
9.	Содержание отчета.....	
	Рекомендуемая литература.....	

					ПКТУ.МВ ОП04.007,8 ЛР					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лабораторная работа № 6, 7			Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Грибанов В.Е								
Провер.										
								ПК БГТУ		



## 1 Тема работы

Закалка стали

Отпуск стали

## 2 Цель работы

Обучения :

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

Воспитания :

- воспитания у студентов ответственного отношения к достижению поставленной цели .

Развития :

- логики мышления и умения принимать обоснованные решения .

## 3 Задание

- 3.1 подготовить образцы из углеродистой стали для проведения термической обработки .
- 3.2 Определить режимы проведения закалки и отпуска углеродистой стали .
- 3.3 Произвести закалку и отпуск образцов из углеродистой стали .
- 3.4 Определить твердость образцов после закалки и после отпуска .
- 3.5 Произвести сравнение изменяющихся механических свойств (твердости) образцов из углеродистой стали до и после термической обработки .

## 4 Продолжительность работы

Продолжительность работы – 4 часа .

## 5 Материальное обеспечение

- 5.1 Образцы из углеродистой стали .
- 5.2 Электрическая муфельная печь .
- 5.3 Термоэлектрический пирометр.
- 5.4 Закалочный бак с водой .
- 5.5 Масляная ванна .
- 5.6 Прибор ТК-2 для определения твердости по Роквеллу.

					ПКТУ.МВ ОП04.007,8 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5.7 Вспомогательные принадлежности и индивидуальные средства защиты .

### 6 Краткие теоретические сведения

#### 6.1 Сущность и назначение закали

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 .

#### 6.2 Определение температуры закали

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  $A_{C3}$  ( линия рис.1 ) заэвтектоидные – на 30...50 С выше критической точки  $A_{C1}$  ( линия SK , рис.1 )

#### 6.3 Определение времени выдержки образцов в печи

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

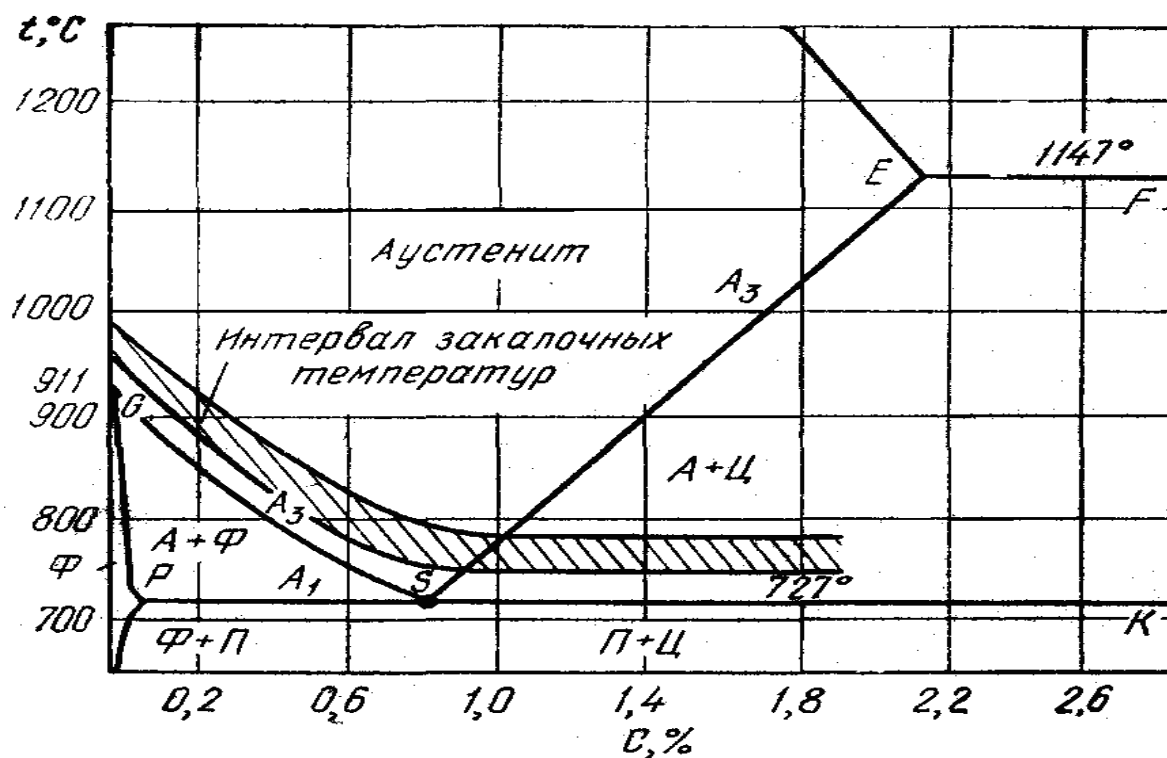


Рис.1- Оптимальный интервал закали углеродистой стали .

#### 6.4 Охлаждение среды

Используется вода и машинное масло марки «Индустриальное 30»

#### 6.5 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 .

#### 6.6 Сущность и назначение отпуска

Отпуск – вид термообработки , заключающийся в нагреве закаленной стали до температур , не превышающих критическую точку АС1 ( линия РК , рис.1), выдержке и медленном охлаждении . проводится с целью снятия внутренних напряжений .

#### 6.7 Виды отпуска

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

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

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

#### 6.9 Структурные превращения при отпуске

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

### 7 Порядок выполнения работы

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

7.2 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) .

					ПКТУ.МВ ОП04.007,8 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

7.3Используя 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

7.4 Учитывая содержание углерода в стали определить температуру заковки .

Например , для стали У9 :  $AC1 + (30 \dots 50 \text{ C}) = 727 + ( 30 \dots 50 \text{ C})$

$760 \dots 780 \text{ C}$  , см.п.4.2 .

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

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

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

7.8 Определите время выдержки при температурах отпуска 200 ,400 и 600 C , см. п.4.8.

7.9 произвести отпуск при заданных температурах ,помещая образцы в печь и выдерживая необходимое время ( температура выдержки для образцов , охлаждаемых в воде 400 , 600 C , в масле – 200 C ) . Охлаждение образцов происходит на воздухе .

7.10 Зачистить торцы образцов от окалины , определить их твердость по Роквеллу (HRC) .

					ПКТУ.МВ ОП04.007,8 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 8 Вопросы для самопроверки

- 8.1 Что такое закалка ? Как выбирается температура нагрева под закалку ?
- 8.2 Что такое отпуск стали ? Для чего он применяется ?
- 8.3 Какие виды отпуска существуют , какая структура образуется в этих случаях ?
- 8.4 Какие структурные превращения происходят в стали при закалке ?
- 8.5 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 ?
- 8.6 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 ?

## 9 Содержание отчета

- 9.1 Сформулировать сущность и назначение закалки и отпуска.
- 9.2 Зарисовать диаграмму состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C и обозначить температуры нагрева при закалке и отпуске .
- 9.3 Определить время выдержки образцов в печи при закалке и отпуске .
- 9.4 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	При отпуске
1	2	3	4	5	6

ТВЕРДОСТЬ							
В исходном состоянии			HRC после зак-ки		HRC после отпуска при тем-ре		
HRB	HB	HRC	В воде	В масле	200 С закалка в масле	400 С закалка в воде	600 С закалка в воде

9.5 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»,2015.
- 2 Овчинников В.В. Металловеденье –М.:ИД «ФОРУМ – ИНФРА-М» , 2015.
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 №8**

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

## Содержание :

1.	Тема работы .....	3
2.	Цель работы .....	3
3.	Задание .....	3
4.	Продолжительность выполнения.....	
5.	Материальное обеспечение.....	
6.	Краткие теоретические сведения.....	
7.	Порядок выполнения работы.....	
8.	Вопросы для самопроверки.....	
9.	Содержание отчета.....	
	Рекомендуемая литература.....	

					<b>ПКТУ.МВ ОП04.006 ЛР</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лабораторная работа №8	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Грибанов В.Е						
Провер.								
						ПК БГТУ		



## 1 Тема работы

Микроанализ конструкционных и инструментальных сталей ,сталей с особыми свойствами.

## 2 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 .

## 3 Задание

3.1 Изучить микроструктуры конструкционных и инструментальных сталей , сталей с особыми свойствами .

3.2 Зарисовать микроструктуры и схемы микроструктур .

3.3 Дать краткую характеристику исследованных структур .

3.4 Оформить отчет.

## 4 Продолжительность работы

Продолжительность работы – 2 часа .

## 5 Материальное обеспечение

5.1 Металлографический микроскоп .

5.2 Набор микрошлифов в конструкционных и инструментальных сталей ,сталей с особыми свойствами .

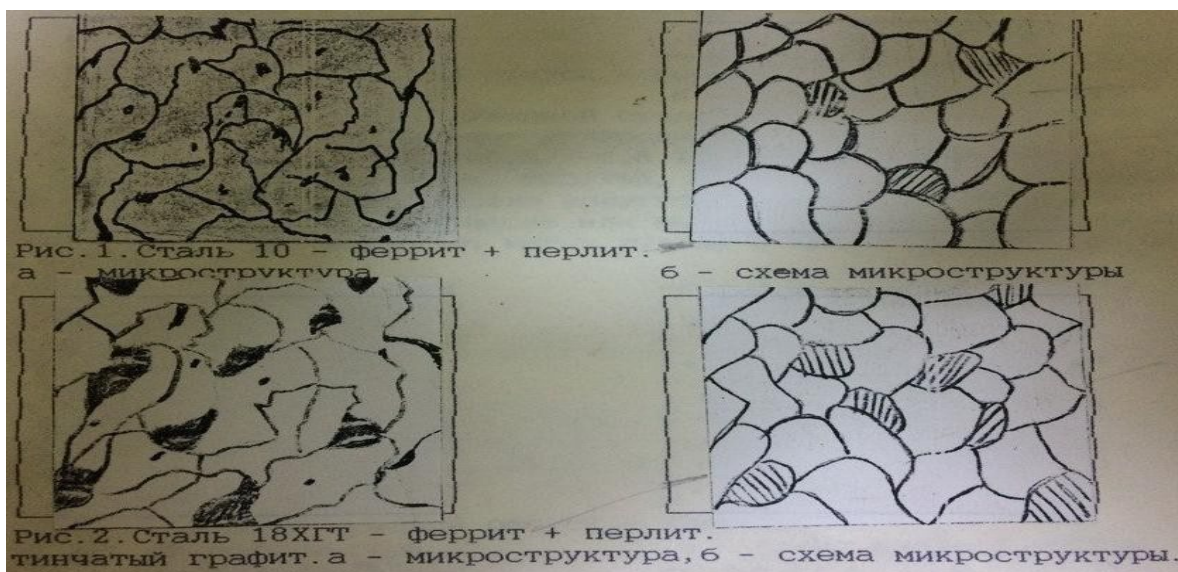
5.3 Диаграмма состояния железо-цементит .

## 6 Краткие теоретические сведения

					ПКТУ.МВ ОП04.006 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

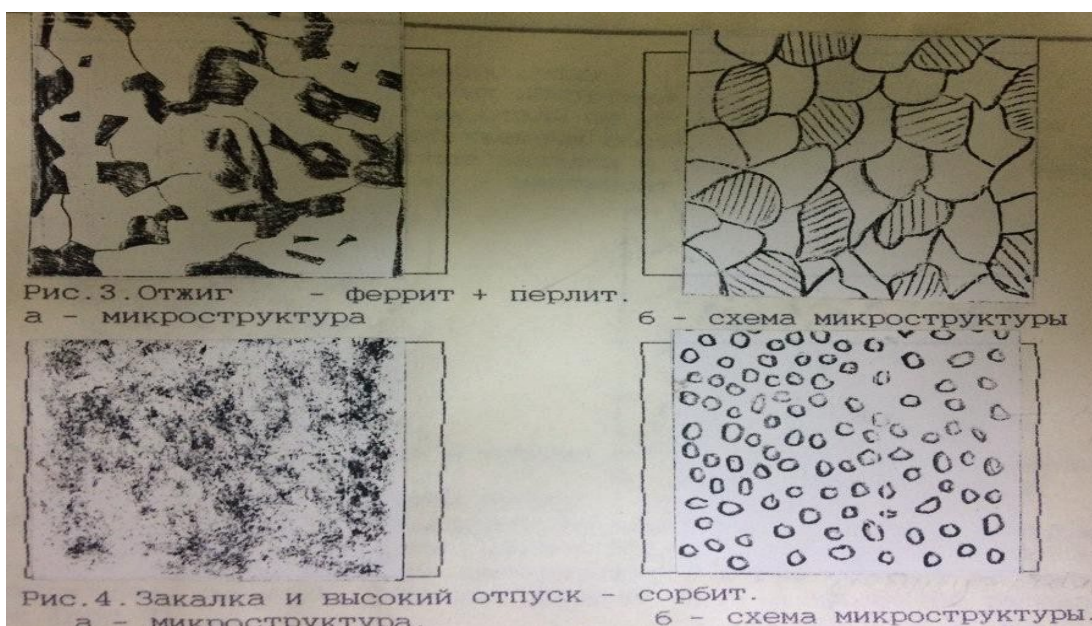
Структура их в отожженном состоянии феррит + перлит (рис . 1,2)



## 6.2 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 )



## 6.3 Микроструктура рессорно- пружинной стали после термообработки

					ПКТУ.МВ ОП04.006 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



вышенным 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.



#### 6.4 Микроструктура инструментальных сталей

#### 6.5 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).

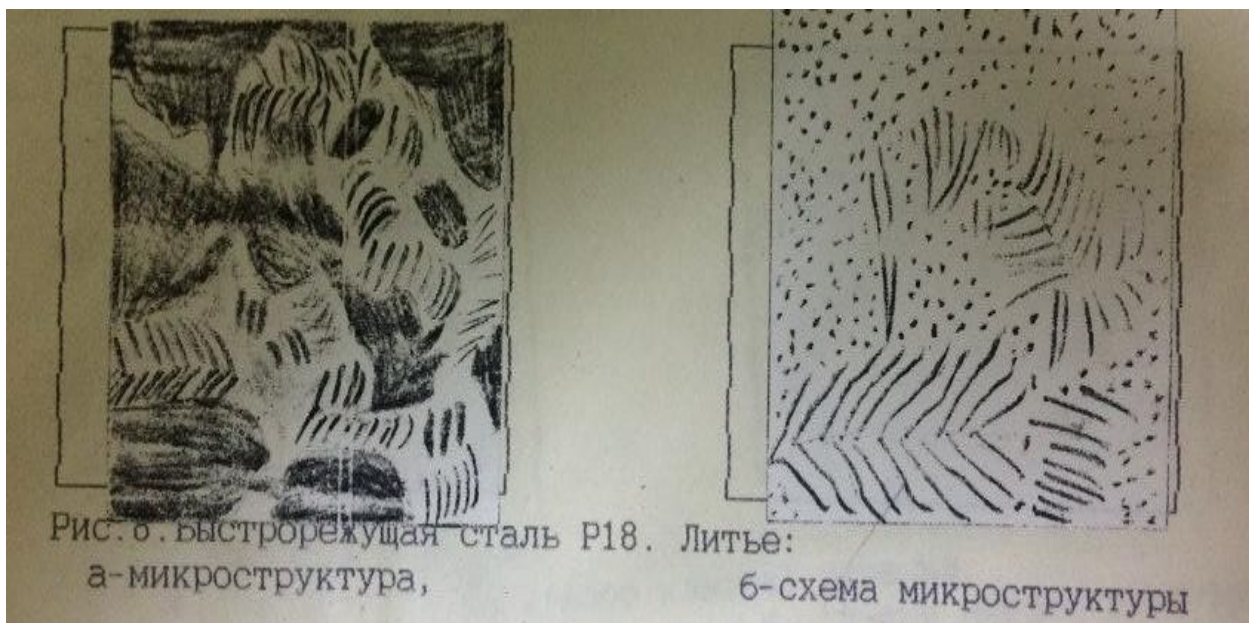




### 6.6 Микроструктура быстрорежущей стали

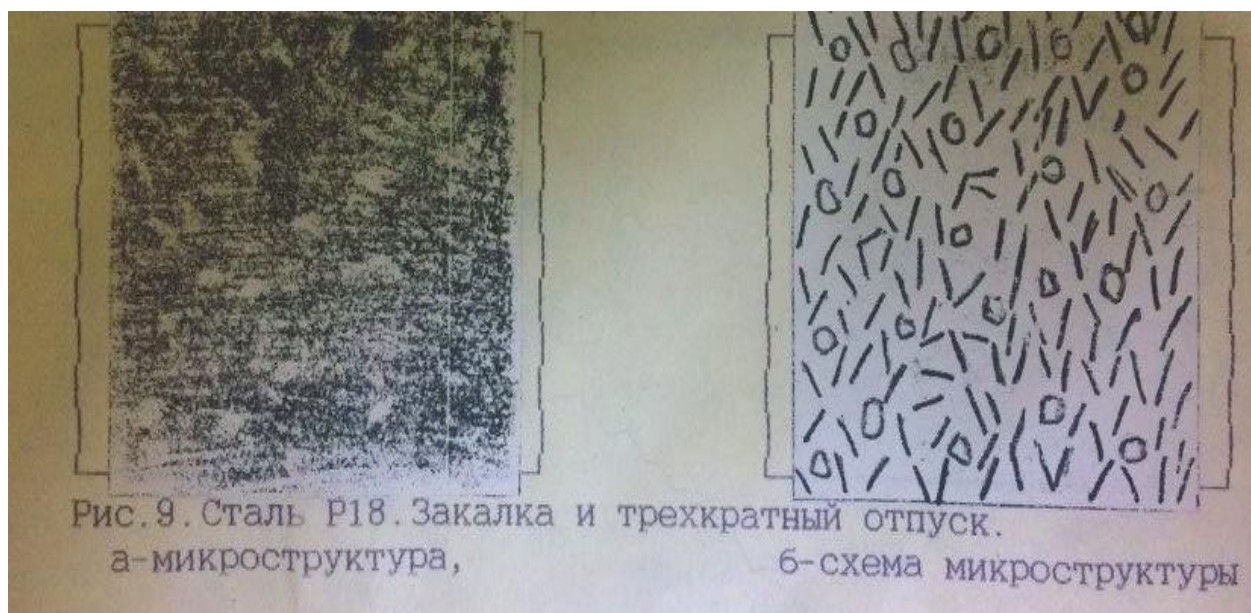
Наиболее характерным и распространенными легированными инструментальными сталями являются быстрорежущие стали, например Р18, Р6М5 и др.

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).





### 6.7 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 .

### 6.8 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 ) .



### 6.9 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 . ).



#### 6.10 Стали аустенитного класса

К сталям аустенитного класса принадлежит износостойкая сталь Г13Л . Структура этой стали после литья аустенит + избыточные карбиды (  $\text{Hf}/\text{C}$  ), выделяющиеся по границам зерен аустенита . Эти стали являются жаропрочными при температуре 600 – 760 С (45Х14Н14В2М , 40Х15Н7Г7Ф2МС и др .) и коррозионно- стойкие ( 12С18Н9 , 10Х14Г14Н3 и др .) . Поэтому литые изделия закачивают в воде с 1100 С. При таком нагреве карбиды растворяются и сталь имеет аустенитную структуру (рис12 )



а – микроструктура

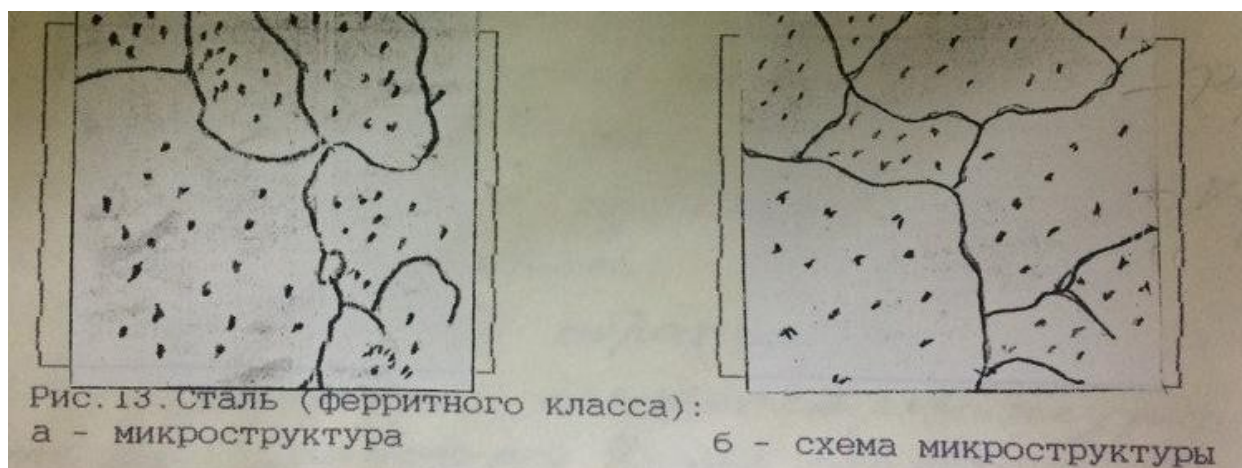
б – схема микроструктуры

#### 6.11 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 ) .

					ПКТУ.МВ ОП04.006 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





## 7 Порядок выполнения работы

- 7.1 Изучить основные теоретические положения о микроструктурах конструкционных и инструментальных сталей ,сталей с особыми свойствами.
- 7.2 Подготовить к работе металлографический микроскоп .
- 7.3 Подготовить образцы сталей.
- 7.4 Исследовать микроструктуры сталей . Дать краткую характеристику исследованных структур.

## 8 Вопросы для самопроверки

- 8.1 Как классифицируются стали по назначению и структуре ?
- 8.2 Какие требования предъявляются к конструкционным и инструментальным сталям ?
- 8.3 Где применяются цементуемые стали ? Улучшаемые? Рессорно-пружинные ?
- 8.4 Где применяются инструментальные стали ?Как маркируются инструментальные (углеродистые ,легированные ,быстрорежущие ) стали?
- 8.5 Какие стали относятся к сталям с особыми свойствами ?
- 8.6 Где применяются стали с особыми свойствами ?
- 8.7 Как обрабатываются цементуемые ,улучшаемые , рессорно – пружинные стали ?

## 9 Содержание отчета

Отчет должен содержать :

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

					ПКТУ.МВ ОП04.006 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



### Рекомендуемая литература

- 1 Адаскин 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 материаловеденью и термические обработки металлов .-М.:Машиностроение, 1981.
- 6 Интернет – ресурс :  
rutor.info>torrent...adaskin...materialovedenie.books.academic.ru>book.nst...

					ПКТУ.МВ ОП04.006 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**Лабораторная работа №9**  
**«Микроанализ серых, половинчатых,  
высокопрочных и ковких чугунов»**

## Содержание

- 1.Тема работы.....
  2. Цель работы.....
  3. Задание.....
  4. Продолжительность работы.....
  5. Материальное обеспечение.....
  6. Краткие теоритические сведения.....
-

7. Порядок выполнения работы.....

8. Содержание отчета.....

9. Вопросы для самопроверки.....

Рекомендуемая литература.....

**1**

### **Тема работы**

**Микроанализ серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов**

**2**

### **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.

**3**

### **Задание**

					ПКТУ. МВ ОП04. 005 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 3.1. Изучить структуру серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов.
- 3.2. Зарисовать исследованные микроструктуры и схемы микроструктур.
- 3.3. Установить связь между составом сплава, условиями его получения и структурой.
- 3.4. Оформить отчет

## 4 Продолжительность работы

Продолжительность работы - 2 часа

## 5 Материальное обеспечение

- 5.1 Металлургический микроскоп.
- 5.2 Набор микрошлифов серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов.
- 5.3 Диаграмма состояния железо-цементит.

## 6 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

					ПКТУ. МВ ОП04. 005 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

охлаждение и чем меньше перегрев жидкого чугуна и меньше время выдержки при этом.

### 6.1 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.

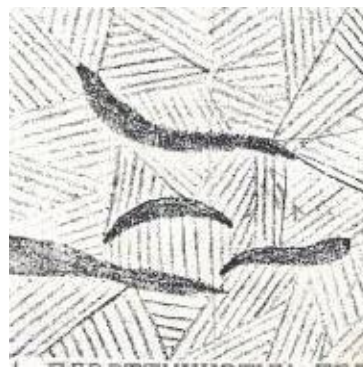


Рис.3- Перлитный серый чугун – перлит + пластинчатый графит:

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.

## 6.2 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.

					ПКТУ. МВ ОП04. 005 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



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. 6- Половинчатый чугун – ледебурит + пластинчатый графит:  
а – микроструктура, б – схема микроструктуры.

### 6.3 Микроструктура высокопрочных чугунов.

В высокопрочных чугунах могут быть те же типы структур, которые были указаны для серых чугунов, но графит в этих чугунах шаровидный.

Таким образом, возможны следующие типы микроструктуры высокопрочных чугунов: феррит + шаровидный графит - ферритный высокопрочный чугун (рис. 7), феррит + перлит шаровидный графит - ферритно-перлитный высокопрочный чугун (рис.8, соотношение между количеством феррита и перлита в высокопрочном чугуне может быть различным в зависимости от химического состава и условий охлаждения, перлит + шаровидный графит - перлитный высокопрочный чугун (рис. 9).

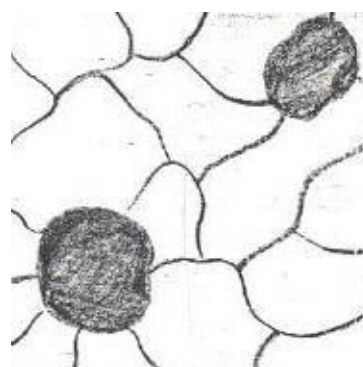


Рис. 7- Ферритный высокопрочный чугун - феррит + шаровидный графит: а – микроструктура, б - схема микроструктуры.

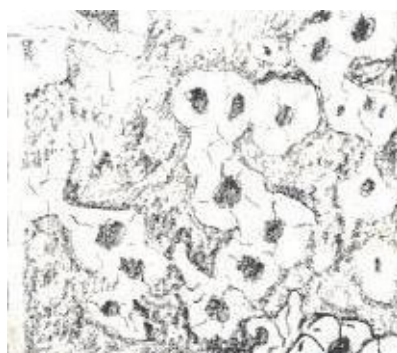


Рис. 8- Ферритно - перлитный высокопрочный чугун - феррит + перлит+ шаровидный графит:

а – микроструктура,

б - схема микроструктуры.

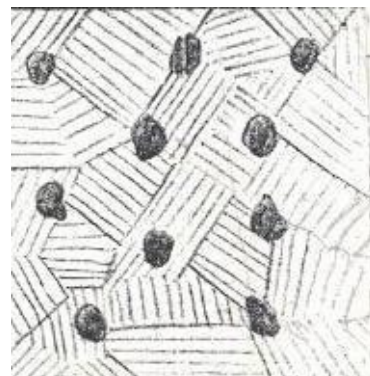


Рис. 9 -Перлитный высокопрочный чугун – перлит + шаровидный графит: а - микроструктура, б- схема микроструктуры.

#### 6.4 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).

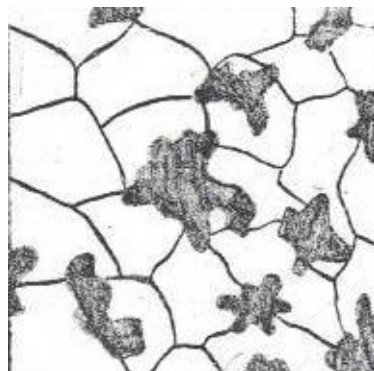
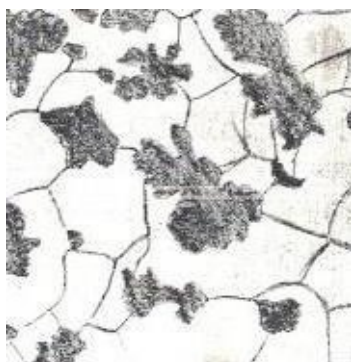


Рис. 10 -Ферритный ковкий чугун - феррит + хлопьевидный графит:

а - микроструктура,

б - схема микроструктуры.

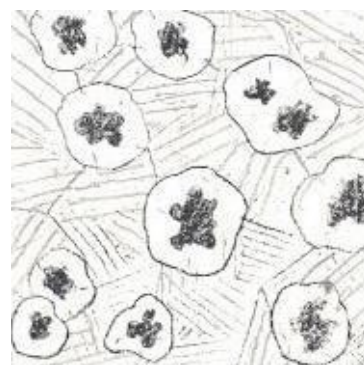
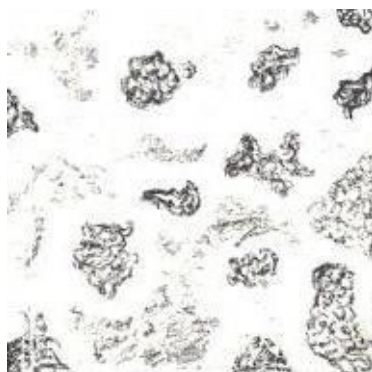


Рис. 11 -Ферритно-перлитный ковкий чугун - феррит + перлит + хлопьевидный графит:

а - микроструктура,

б - схема микроструктуры.

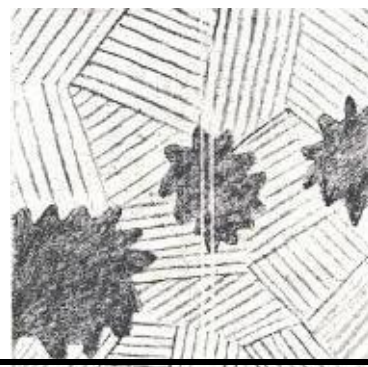


Рис. 12- Перлитный ковкий чугун - перлит и хлопьевидный графит:  
а- микроструктура, б - схема микроструктуры.

## 7 Порядок выполнения работы

- 7.1 Изучить основные теоретические положения о микроструктурах серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов.
- 7.2 Подготовить к работе металлический микроскоп.
- 7.3 Подготовить образцы серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов к проведению микроанализа.
- 7.4 Исследовать микроструктуры серых, половинчатых, высокопрочных и ковких чугунов.
- 7.5 Установить связь между составом чугунов, условиями их получения и структурой.

## 8 Вопросы для самопроверки

- 8.1 Какой чугун называется серым?
- 8.2 Какой чугун называется ковким?
- 8.3 Какой чугун называется высокопрочным?
- 8.4 Как маркируется серый, ковкий и высокопрочный чугуны?
- 8.5 Чем отличаются механические свойства серого, ковкого и

					ПКТУ. МВ ОП04. 005 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

высокопрочного чугуна?

8.6 Каково влияние металлической основы и размера графитовых включений на свойства чугуна?

## 9 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.

					ПКТУ. МВ ОП04. 005 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Рекомендуемая литература

- 1 Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология металлов.-М.:И.Д. «ФОРУМ» ИНФРА-М,2015.
- 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 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...)

					ПКТУ. МВ ОП04. 005 ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# Практическая работа №1

## «Выбор материалов для конструкций»

					ПКТУ.МВОП04.003ЛР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Грибанов В.Е			Лабораторная работа	Лит	Лист
Провер.							Листов
						ПК БГТУ	

### Содержание

1	Тема работы .....	3
	Провер.	
	Изм	
	Разраб.	



2 Цель работы .....	3
3 Задание .....	3
4 Продолжительность выполнения работы.....	
5 Материальное обеспечение.....	
6 Порядок выполнения работы.....	
7 Содержание отчета.....	
Рекомендуемая литература.....	

## 1 Тема работы

Выбор материалов для конструкций.

## 2 Цель работы

Обучение :

- привитие практических навыков выбора материалов для различных деталей конструкций ;
- умение использовать техническую и справочную литературу.

Воспитательная :

- сознательного отношения к приобретению теоретических знаний и практических навыков.

Развитие :

- умение осмысливать полученные знания и приобретенные навыки.

## 3 Задание

**3.1** Подобрать марки сплавов и материалов для изготовления деталей машин и инструментов (см. приложение).

**3.2** Составить отчет.

## 4 Продолжительность выполнения работы

Продолжительность выполнения практической работы- 2 часа.

## 5 Материальное обеспечение

**5.1** Методические указания по выполнению практической работы.

**5.2** Техническая и справочная литература:

1 Вишневский Ю.Т. Материаловедение. – М.: НТК «Дашков», 2008.

2 Лахтин Ю.М. Материаловедение. – С. П.: Лань-Трейд, Металлургия, 2011.

3 Черепашин А.А. Материаловедение. – С. П.: Лань-Трейд, Металлургия, 2011.

4 Справочник по конструкционным материалам / под ред. Арзамасова Б.Н. – М.: МГТУ им. Баумана, 2005.

					ПКТУ.МВОП04.003ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## **6 Порядок выполнения работы**

6.1 Ознакомление с методическими указаниями по выполнению практических и лабораторных работ по учебной дисциплине.

6.2 Выбор марок сплавов и материалов для изготовления деталей машин и инструментов согласно варианта задания (по указанию преподавателя).

6.3 Оформление отчета.

## **7 Содержание отчета**

7.1 Номер работы.

7.2 Наименование работы.

7.3 Цель работы.

7.4 Материальное обеспечение.

7.5 Условие задания.

7.6 Выбор марок сплавов и материалов для изготовления деталей машин и инструментов.

7.7 Вывод.

					ПКТУ.МВОП04.003ЛР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## Приложение

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 в двигателе 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 цементуемой 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, несоответственных 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) автотракторных двигателей.

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 пресса.

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.

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.