

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»
Орский политехнический колледж (филиал)

Т.В. ЧАБАНОВА, А.В. КОНДРАТЕНКО

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО
ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2007

УДК 620.1 (076.5)
ББК 30.3 я 73
Ч 12

Рецензент

кандидат технологических наук, доцент А.Н. Веселовский

Чабанова, Т.В.

Ч 12 Материаловедение: методические указания по выполнению лабораторных работ/Т.В. Чабанова, А.В. Кондратенко - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007.-48с.

Методические указания состоят из 10 лабораторных работ по определению свойств и структуры конструкционных материалов. Каждая работа включает теоретическое изложение материала, описание методики проведения исследований и контрольные вопросы для самопроверки.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторного практикума по дисциплине «Материаловедение» для студентов специальностей 150411, 151001.

ББК 30.3 я 73

© Чабанова Т.В., 2007

© Кондратенко А.В., 2007

© ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

Введение.....	7
1 Лабораторная работа № 1 Ознакомление с методикой измерения твердости по методу Бринелля и Роквелла.....	8
2 Лабораторная работа № 2 Определение ударной вязкости.....	11
3. Лабораторная работа № 3 Ознакомление с устройством и работа на металлографическом микроскопе ММР – 4.....	14
4 Лабораторная работа № 4 Изучение микроструктуры железоуглеродистых сплавов.....	18
5 Лабораторная работа № 5 Проведение закалки и отпуска углеродистых сталей с определением твердости до и после термической обработки.....	22
6 Лабораторная работа № 6 Исследование микроструктуры стали до и после химико-термической обработки (ХТО).....	28
7 Лабораторная работа № 7 Анализ микроструктуры легированных сталей.....	32
8 Лабораторная работа № 8 Применение и маркировка чугуна.....	37
9 Лабораторная работа № 9 Исследования структуры и свойств быстрорежущей стали Р6М5.....	41
10 Лабораторная работа № 10 Исследование микроструктуры цветных металлов и сплавов.....	45
Список использованных источников.....	50
Приложение А.....	51
Приложение Б.....	52

Введение

Лабораторные работы по предмету «Материаловедение» предназначены для специальностей 151001 «Технология машиностроения», 150411 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования», 190604 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта», 140613 «Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования». Они способствуют лучшему усвоению изучаемого теоретического материала, развивают у студентов навыки в обращении с приборами, технической документацией. Позволяют проводить испытания и составлять отчетность по экспериментальным работам.

Для проведения лабораторных работ учебная группа делится на две группы. В зависимости от оборудования лаборатории форма проведения лабораторных работ: фронтальная, комплексная и комбинированная.

При фронтальной форме учебная группа делится на бригады (по 2-3 студента в каждой), которые после изучения тем программы, выполняют одновременно одну и ту же работу. При комплексной форме все бригады подгруппы выполняют разные лабораторные работы. При комплексной форме одна часть подгруппы выполняет лабораторные работы фронтально, а другая комплексно.

Для проведения лабораторных работ по изучению микроструктур подобраны такие комплекты микрошлифов, фотографий, которые имеются в альбоме микроструктур.

Марки металлов и сплавов, предложенные для изучения в данном пособии, подобраны с учетом будущей специальности студентов.

Практические занятия предусматривают усвоение студентами необходимых навыков для выбора марки сплавов, химического состава сплавов, их основных механических свойств. При подборе заданий для практических занятий учтены особенности отрасли, для которой ведется подготовка специалистов. В пособии даны примерные задачи по выбору марки конструкционных машиностроительных материалов.

После выполнения лабораторной работы согласно стандарту и собеседования по ней с преподавателем, студенту выставляется зачет.

1 Лабораторная работа № 1 Ознакомление с методикой измерения твердости по методу Бринелля и Роквелла

Цель: Приобрести навыки в определении твердости металлов на твердомерах типа ТШ (прибор Бринелля) и типа ТК (прибор Роквелла)

Задание:

- 1) изучить устройство и работу твердомеров типа ТШ и ТК;
- 2) определить твердость стальных образцов.

Оборудование и материалы:

- 1) твердомер шариковый ТШ (прибор Бринелля);
- 2) твердомер конусный ТК (прибор Роквелла);
- 3) лупа для измерения отпечатков;
- 4) образцы для исследования размером 50×50×80 мм каждый (ГОСТ 9012-59).

Методические указания

При испытании твердости методом вдавливания применяют приборы Бринелля (твердости ТШ), Роквелла (твердомер ТК), Виккерса, а также прибор для измерения микротвердости. Прибором Бринелля определяют твердость стальных изделий после отжига, а также изделий из цветных металлов и сплавов. Прибор Роквелла более уникальный – для определения твердости закаленных стальных деталей. Прибором Виккерса пользуются в основном при измерении твердости тонкостенных изделий, например, деталей часов, фольги или поверхностных слоев азотированных деталей. Прибор для измерения микротвердости ТМ применяют в тех случаях, когда необходимо определить твердость отдельных структурных составляющих. Выбор метода зависит от размера детали, твердости материала и других факторов.

Определение твердости металла методом Бринелля состоит из следующих последовательно выполняемых операций:

1) подготовка образца металла к испытанию. Образец должен иметь параллельные поверхности (испытуемую и опорную), без окалины, ржавчины или каких-либо неровностей при необходимости указанные поверхности подвергают специальной обработке, при которой образец не должен нагреваться выше 150 °С. Минимальная толщина образца материала должна быть десятикратной глубины отпечатка;

2) подготовка прибора Бринелля к испытаниям. Шарик 10,5,2,5 мм закрепляют в держателе и устанавливают нагрузки (Р) соответственно 30000, 10000, 7500 Н на приборе. Нагрузка создается массой рычажной системы, подвески и сменными грузами прибора;

3) работа с прибором при испытании. Испытуемый образец устанавливается на столике прибора. Затем подводят образец к шарик. Вращают маховик до упора образца в ограничителе. Нажатием кнопки «Пуск» включают электродвигатель, который через червячный редуктор, кривошипный вал и шатун отводит вниз ролик. Вследствие этого действие нагрузки (Р) через систему рычагов, стержень, шпиндель сообщается шариковому наконечнику. Этот момент фиксируется загоранием лампочки. После выдержки образца под действием нагрузки (Р), мотор автоматически переключается на обратное движение. Ролик перемещается вверх, возвращает рычаг в исходное до нагрузки шарика положение, мотор автоматически выключается и лампочка гаснет;

4) определение показателя твердости. Для вычисления числа твердости НВ по диаметру отпечатка следует пользоваться специальной таблицей. Максимальное число твердости по методу Бринелля НВ450. Испытание более твердых металлов приведет к деформации шарика, твердость которого НВ 650. Испытание одного и того же образца производят 2-3 раза.

Порядок выполнения работы на приборе Бринелля

Выбрав два образца для исследования (например, сталь 20 и сталь 40) произвести испытания твердости в соответствии с указанными рекомендациями. Результат испытаний заносим в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Значение твердости по методу Бринелля

Испытуемый материал	Содержание углерода С, %	Диаметр отпечатка, мм	Твердость НВ	Твердость HRC _c
Сталь 20	0,20	4,8	156	18
Сталь 40	0,40	4,1	217	20

Определение твердости металлов твердомером ТК (прибор Роквелла)

Прибором Роквелла твердость металла определяется путем вдавливания в него алмазного конуса с углом 120 °С или стального шарика. На приборе Роквелла имеется 3 шкалы А, В, С в зависимости от прилагаемой нагрузки в 600, 1000 и 1500 Н соответственно. При работе с твердомером ТК соблюдают такую последовательность выполнения операций.

1 Подготовка образцов к исследованию. Исследуемая поверхность образца параллельна опорной поверхности. Поэтому ее дополнительно обрабатывают шлифованием. Минимальная толщина испытуемого образца составляет 0,7-2,0 мм при испытании по шкале В; 0,7-1,5мм – по шкале С.

2 Определение шкалы измерения твердости, вида наконечника и нагрузки. Шкалой В пользуются при измерении твердости мягких металлов (незакаленной стали, цветных металлов и сплавов); шкалой С – при измерении твердости закаленных сталей; шкалой А – при измерении твердости изделий с твердым поверхностным слоем после ХТО, а также твердых сплавов.

3 Подготовка прибора Роквелла к испытаниям. В соответствии с выбранной шкалой устанавливают в шпинделе прибора наконечник и закрепляют его с помощью винта.

4 Работа прибора при испытании. Установив испытуемый образец на столике прибора, вращаем маховик, тем самым приближаем образец к наконечнику, сообщаем предварительную нагрузку 1000 Н. Требуемая нагрузка будет в тот момент, когда малая стрелка на циферблате остановится на красной точке. Большая стрелка в это время должна остановиться в положении, близком к вертикали (± 5 делений). Вращением индикатора устанавливаем нуль на шкале С против большой стрелки независимо от шкалы. После этого сообщаем наконечнику основную нагрузку, для чего отводят рукоятку назад. При нагружении большая стрелка вращается против часовой стрелки. Время нагружения (3-6 с) регулируется тормозом. Затем плавным вращением рукоятки на себя до упора снимают основную нагрузку. Цифра, на которой остановится большая стрелка, укажет число твердости по Роквеллу. Вращением маховика против часовой стрелки снимают предварительную нагрузку.

Порядок выполнения работы на приборе Роквелла

Выбрав два образца для измерения твердости методом Роквелла (например, сталь 20 и 40). Производим испытания в соответствии с указанными рекомендациями. Результаты испытаний заносим в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 - Значение твердости по методу Роквелла

№ образца	1 замер	2 замер	3 замер	Среднее значение	НВ	HRC _s
1	34	30	27	28	28	269
2	54	56	51	55	55	555

Изобразить график определения числа твердости НВ в зависимости от процентного содержания углерода в стали. Рисунок 1.1.

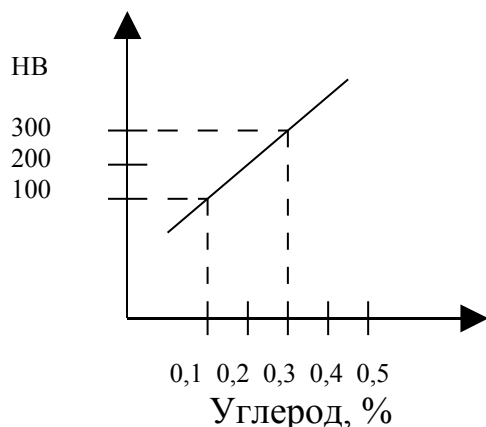


Рисунок 1.1 - График зависимости числа твердости НВ от содержания углерод в процентах

При составлении отчета необходимо указать цель задания и задание лабораторной работы. В конце отчета должен быть вывод по определению твердости Бринелля и Роквелла.

Вопросы для самопроверки

- 1 Что называется твердостью, к какой группе свойств оно относится?
- 2 Обозначение твердости по методу Бринелля. Какой предмет вдавливается при испытании?
- 3 Обозначение твердости по методу Роквелла. Шкалы замера твердости и пояснить какое вдавливается тело при испытании на шкалах А, В, С.
- 4 Обозначение твердости по Виккерсу, какой предмет вдавливается при испытании?
- 5 Какой вид нагрузки по способу приложения воспринимает образец при определении твердости в процессе испытаний?
- 6 Расшифровать: HB196, HBS 42, HRB 402, HRA 70, HV 224.
- 7 Сделать вывод к работе.

2 Лабораторная работа № 2 Определение ударной вязкости

Цель: Определение ударной вязкости и изучение устройства и принципа действия маятникового копра

Задание:

- 1) изучить устройство и работу маятникового копра для замера ударной вязкости материала;
- 2) определить ударную вязкость.

Оборудование и материалы:

- 1) маятниковый копер;
- 2) стандартный образец;
- 3) штангенциркуль ГОСТ 166-89;
- 4) линейка;
- 5) справочная литература.

Методические указания

Ударная вязкость оценивается работой, затраченной на ударный излом образца, отнесенной к площади его поперечного сечения в месте надреза.

Для определения ударной вязкости применяют призматические образцы с надрезами различных типов. Эскиз образца представлен на рисунке 2.1. Самыми распространенными типами являются образцы с U – образным и V – образным надрезами. Испытания на ударную вязкость проводят на маятниковом копре (рисунок 2.1)

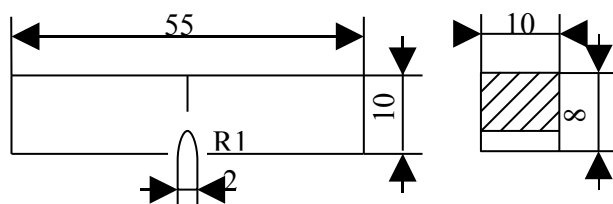


Рисунок 2.1 - Образец для испытания на ударную вязкость

Работа в джоулях, затраченная на ударный излом образца:

$$K = G (h_1 - h_2),$$

где G – масса маятника, кг;

h_1 – высота подъема маятника до испытаний, м;

h_2 – высота подъема маятника после испытаний, м.

Указатель на шкале копра фиксирует значение работы. Ударная вязкость обозначается K_C . Измеряется в джоулях на квадратный метр и подсчитывается как отношение работы K к площади поперечного сечения образца в месте надреза. Если образец с U – образным надрезом, то к символу добавляется буква U (K_{CU}), а если с V – образным надрезом, то добавляется буква V (K_{CV}).

В процессе испытания на ударную вязкость берут серию одинаковых образцов, изготовленных из одного материала. При постепенном снижении температуры выявляют хладостойкость материала. Температура, при которой

происходит определение падения ударной вязкости, называется критической температурой хрупкости.

Ниже показан график определения критической температуры хрупкости $T_{кр}$ по допустимому значению ударной вязкости КСv (рисунок 2.2)

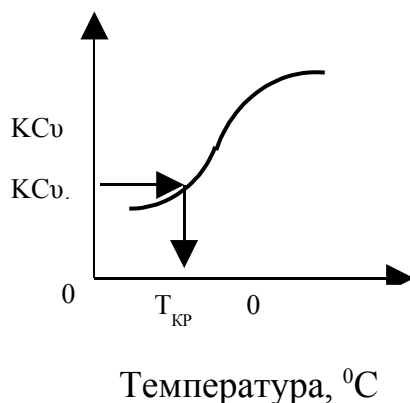


Рисунок 2.2 - График значений ударной вязкости, КСv

Порядок выполнения работы

- 1) эскиз образца;
- 2) установить образец на опорах копра;
- 3) нанести удар молота по образцу со стороны, противоположной надрезу;
- 4) определение ударной вязкости (a_n)

$$a_n = A_n/F,$$

где a_n – ударная вязкость, $\frac{Дж}{мм^2}$;

A_n – работа, затраченная на разрушение образца, Дж;

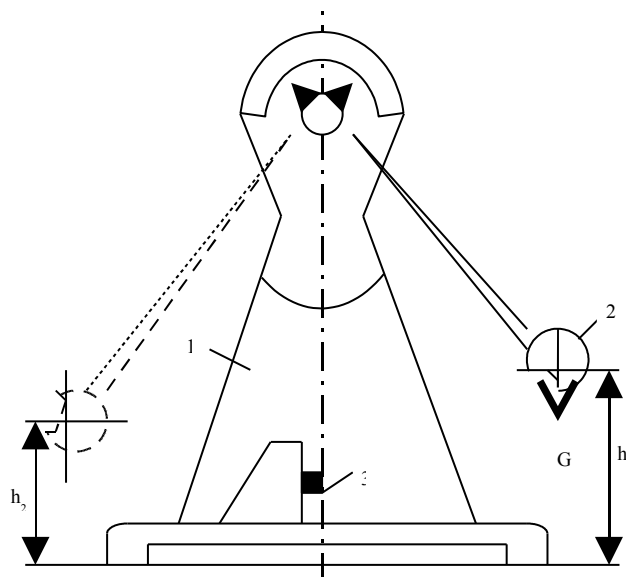
F – площадь поперечного сечения образца в месте надреза, $мм^2$.

- 5) данные по испытанию занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Определение ударной вязкости

Материал образца	Размер поперечного сечения образца, мм	Площадь поперечного сечения образца, $мм^2$	Работа A_n , Дж	Ударная вязкость a_n , $\frac{Дж}{мм^2}$	Характер излома
Сталь 20	$10 \pm 0,8$	8	4,0	5,0	Вязкий

- 6) схема испытания на удар



1 - основание маятника; 2 - молот; 3 - образец испытаний.

Рисунок 3 - Схема испытания на ударную вязкость

Вопросы для самопроверки

- 1 Что такое вязкость?
- 2 Что такое ударная вязкость?
- 3 Основные части маятничкового копра и их назначение.
- 4 Какой вид нагрузки воспринимает образец при испытании узорной вязкости?
- 5 Когда ударная вязкость больше, если образец во время испытания разрушился или остался целым?
- 6 Сделать вывод к работе.

3. Лабораторная работа № 3 Ознакомление с устройством и работа на металлографическом микроскопе ММР – 4

Цель: Усвоить методику микроанализа и приобрести навыки работы на металлографическом микроскопе отраженного света ММР – 4

Задание:

- 1) ознакомиться с устройством и работой металлографического микроскопа ММР – 4;
- 2) изучить методику микрошлифа;
- 3) просмотреть под микроскопом микрошлифы чистого железа, стали, чугуна и других материалов;
- 4) составить отчет к работе.

Оборудование и материалы:

- 1) металлографический микроскоп ММР – 4;
- 2) эталоны структур стали ГОСТ 23061-90;
- 3) образцы для исследования;
- 4) реактивы для травления микрошлифов в 3-5 % растворе азотной кислоты в спирте;
- 5) полированная жидкость;
- 6) полированный станок;
- 7) войлок, вата, фильтровальная бумага;
- 8) справочная литература.

Методические указания

Металлографический метод испытаний применяют для изучения внутреннего строения металлов и сплавов при помощи анализов микроскопического и макроскопического. Макроанализ применяют при выборе места взятия пробы для макроанализа, при выявлении пористости, раковин, трещин, включений, неоднородностей по химическому составу и прочее. Микроанализ – это исследование металлов и сплавов на специальных образцах (микрошлифах) с помощью металломикроскопов при увеличении до 2000 раз. Микроанализ применяют в основном для выявления структуры. Он позволяет рассматривать при увеличении непрозрачные тела в отраженном свете. Одним из применяемых металлографических микроскопов является модель ММР – 4. При визуальном наблюдении этот микроскоп обеспечивает увеличение до 590 раз и до 1416 раз – при фотографировании.

При работе с микроскопом следует отрегулировать интенсивность освещения при помощи винтов. Для удаления или приближения объектива к шлифу пользуются микрометрическим винтом грубой наводки, а затем микрометрическим винтом тонкой наводки. Шлиф перемещается при помощи винтов предметного стола, который движется во взаимно перпендикулярных направлениях. Используя перечисленные подвижные части микроскопа. Можно добиться четкого изображения структуры металла.

Общее увеличение микроскопа находим по формуле

$$N_M = N_{об} N_{ок},$$

где $N_{об}$ – увеличение объектива;

$N_{ок}$ – увеличение окуляра.

Порядок выполнения работы

Ознакомившись с целью, заданием и методическими указаниями к лабораторной работе, необходимо зарисовать схему микроскопа. Пользуясь альбомом микроструктур, сравнить их с видимым под микроскопом. Сделать зарисовки.

- 1 Подготовить шлифы для исследования структуры:
 - а) шлифы до травления, полированные до зеркальной поверхности;
 - б) шлифы после травления в 3-5 % азотной кислоты и спирта.
- 2 Подготовить микроскоп для проведения исследования структуры, установив объектив и окуляр в зависимости от требуемого увеличения структурных составляющих.

$$V_m = V_{об} + V_{ок},$$

где $V_{об}$ – увеличение объектива;

$V_{ок}$ – увеличение окуляра;

V_m – увеличение микроскопа.

Приготовление микрошлифов

Образцы для микроанализа вырезают из того места, которое является наиболее важным в эксплуатационных условиях исследуемого металла или детали.

Образцы цилиндрической формы, диаметром 10-15 мм изготавливают электроискровым способом. Одну из плоскостей образца обрабатывают на абразивном круге; затем эту же плоскость шлифуют шлифовальными шкурками различных номеров с постепенно уменьшающимися размерами зерен абразива или на вращающихся кругах специальными пастами.

После тщательного шлифования образец полируют до зеркального блеска на быстровращающихся дисках, обтянутых фетром или войлоком с применением полирующей смеси (паста ГОИ).

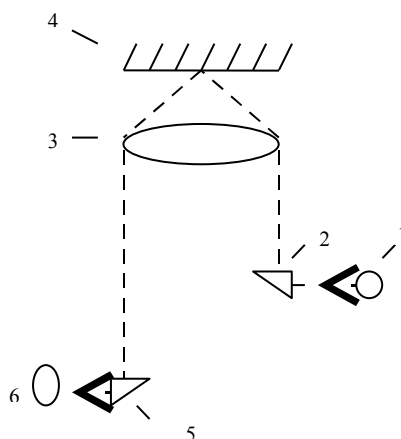
Полированный шлиф подвергают травлению химическими реактивами для выявления микроструктуры сплава. Реактивы для травления выбирают в зависимости от состава, структурного состояния сплавов и цели исследования. Например, для образцов, изготовленных из стали, применяют раствор 5-% азотной кислоты HNO_3 в этиловом спирте.

Травление поверхности до тех пор, пока поверхность не примет ровный, слегка матовый оттенок без каких-либо пятен. Травление осуществляется методом погружения или протирки. В первом случае микрошлиф с полированной поверхностью погружают на 3-8 секунды в реактив, во втором протирают ватой, смоченной в реактиве. После травления поверхность промывают в спирте и микроскопом такой поверхности элементы структуры четко заметны. Если структура выявлена неотчетливо, шлиф травят дополнительно. На этом приготовлении шлифа заканчивается.

Металлографические микроскопы

Для исследования микроструктуры металлов и сплавов применяют металлографические микроскопы. Схема металлографического микроскопа представлена на рисунке 3.1.

2.1 Схема металлографического микроскопа ММР – 4

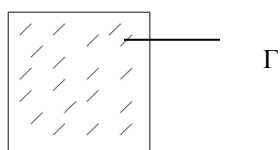


1 - источник (лампочка); 2 - конденсаторная линза; 3 - объектив; 4 - микрошлиф; 5 - промежуточное изображение; 6 - проекционная линза (окуляр).

Рисунок 3.1 - Оптическая схема микроскопа ММР-4

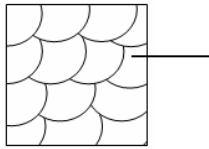
- 1 Установить шлиф на предметный столик микроскопа и произвести настройку.
- 2 Рассмотреть (исследовать) под микроскопом структуры сплавов.
- 3 Схемы микроструктуры:

а) чугун серый до травления



структура – графит нитевидный (Г)

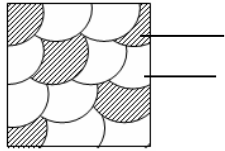
б) схема микроструктуры технически чистого железа после травления



Ф

структура однородная: феррит (Ф)

в) схема микроструктуры стали после травления



П

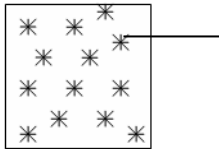
Ф

и

перлита (Ф+П)

структура неоднородная, состоящая из зерен феррита

г) схема микроструктуры чугуна после травления



Г

в структуре неметаллические включения графита (Г), форма графита хлопьевидная.

Вопросы для самопроверки

- 1 Что называется микроанализом?
- 2 Во сколько раз дает увеличение микроскоп ММР-4?
- 3 Что такое микрошлиф? Порядок его приготовления.
- 4 Что такое травление и для чего его проводят?
- 5 Назвать основные части микроскопа и их назначение.
- 6 Пояснить схему микроскопа ММР-4.
- 7 Пояснить схемы микроструктур.
- 8 Сделать вывод к работе.

4 Лабораторная работа № 4 Изучение микроструктуры железоуглеродистых сплавов

Цель: Освоить методику микроструктурного анализа железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии.

Задание:

- 1) изучить эталоны микроструктур углеродистых сталей и чугунов;
- 2) исследовать структуры железоуглеродистых сталей и сделать их зарисовки.

Оборудование и материалы:

- 1) микроскоп ММР-4;
- 2) эталон структуры по стандарту;
- 3) набор микрошлифов железоуглеродистых сталей с различным содержанием углерода (с);
- 4) реактивы для травления;
- 5) справочная литература.

Методические указания

Характеристика структурных составляющих сталей в равновесном состоянии:

Под равновесным состоянием сплава понимают такое его состояние, при котором все фазовые превращения в сплаве полностью закончились. Основой для определения фаз и структурных составляющих железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии является диаграмма железо-цементит. Структурные составляющие углеродистой стали после отжига следующие:

- Феррит – твердый раствор углерода в α - железе, продукт диффузионного превращения его при охлаждении ниже температур, составляющих линии GS.

Зерна феррита образуются первыми, и их размер в значительной степени зависит от скорости охлаждения аустенита. При рассмотрении в микроскопе феррит наблюдается в виде светлых зерен неодинаковой яркости. Феррит является пластичной составляющей структуры;

- Цементит – химическое соединение углерода с железом (Fe_3C). При рассмотрении под микроскопом он наблюдается в различных геометрических формах в виде пластин, мелких зерен и других структурных составляющих – перлита или феррита. Цементит травится реактивами медленнее, чем феррит, поэтому он как бы возвышается над последним и при рассмотрении под микроскопом кажется более светлым. Цементит в структуре стали, что наблюдается при увеличении в ней углерода, твердость стали повышается. А пластичность падает;

- Перлит – эвтектоид, т.е. механическая смесь из цементита и феррита, образовавшаяся при распаде аустенита в результате медленного охлаждения последнего.

Структура в отожженных углеродистых доэвтектоидных сталях (содержание углерода до 0,8 %) представляет собой феррит и перлит (Ф+П). При рассмотрении под микроскопом зерна феррита кажутся светлыми. А зерна перлита темными. С увеличением содержания углерода количество зерен перлита увеличивается. С возрастанием перлитной составляющей в структуре доэвтектоидной стали ее твердость, и предел прочности увеличивается, а пластичность уменьшается;

- Троостит – структура стали после отпуска. Более мелкая, чем мартенсит перераспределенная структура стали.

Схема диаграммы Fe-C представлена на рисунке 4.1.

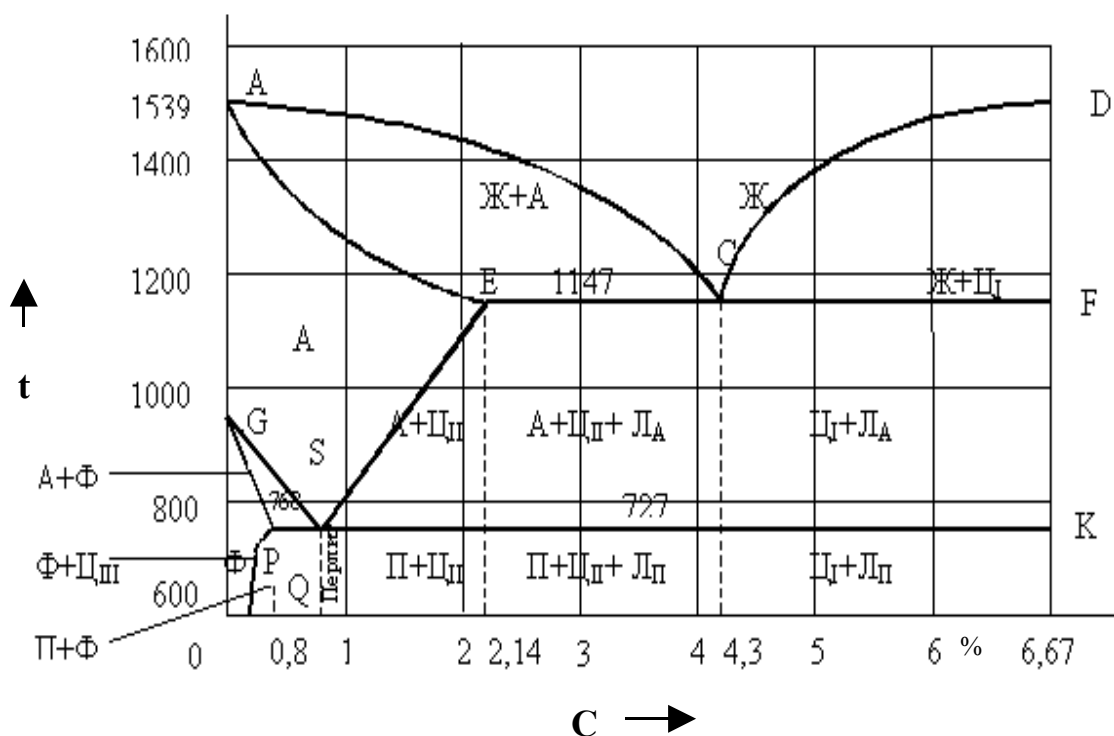


Рисунок 4.1 - Диаграмма Fe-C

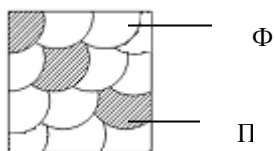
Порядок выполнения работы

Ознакомившись с целью, заданием и методическими указаниями необходимо зарисовать схемы микроструктуры железоуглеродистых сталей после их использования под микроскопом. Сделать зарисовки структур.

1 Схемы микроструктур углеродистых сталей с указанием % углерода

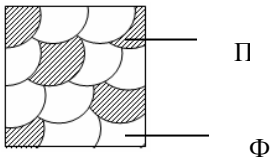
а) доэвтектоидные стали

Сталь 15 ГОСТ 1050-88



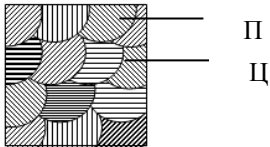
структурные составляющие: феррит + перлит (Ф+П)

Сталь 50 ГОСТ 1050-88



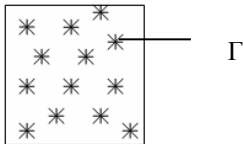
структурные составляющие: феррит + перлит (Ф+П)

б) эвтектоидные стали (0,8 % С)



структурные составляющие перлит + цементит (П+Ц)
(по границам зерен)

2 Схема микроструктуры чугуна



структура: графитовые включения (Г), форма графита
хлопьевидная

3 Вычертить диаграмму Fe-C, указать местоположение исследуемых сплавов.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какие железоуглеродистые сплавы вам известны?
- 2 Что такое сталь?
- 3 Что такое чугун?
- 4 Какую сталь называют доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной?
- 5 Какой чугун называют доэвтектическим, эвтектическим и заэвтектическим?
- 6 Что такое феррит, перлит, цементит, ледебурит и аустенит?
- 7 Какие перечисленные структурные составляющие влияют на свойства сплава?
- 8 Сделать вывод к работе.

5 Лабораторная работа № 5 Проведение закалки и отпуска углеродистых сталей с определением твердости до и после термической обработки

Цель: Изучить влияние термической обработки на механические свойства сталей. Приобрести навыки проведения операций термической обработки: нормализации, закалки и отпуска углеродистых сталей

Задание:

- 1) ознакомиться с устройством печи и прибором для измерения температуры;
- 2) изучить твердость на образцах конструкционной и инструментальной стали;
- 3) назначить режимы обработки, нормализации, закалки и отпуска;
- 4) произвести закалку, нормализацию и отпуск различных марок углеродистой стали;
- 5) охарактеризовать структуры. Полученные в образцах после каждого вида термической обработки, с указанием их на диаграмме сплавов железо-цементит. Измерить твердость после термической обработки. Написать отчет о проделанной работе.

Оборудование и материалы:

- 1) электропечи для нагрева;
- 2) образцы углеродистой стали марок 35, 45, 50, 60, У8, У12;
- 3) приборы для измерения твердости - твердомеры типа ТШ и ТК;
- 4) полировально-шлифовальный станок;
- 5) реактивы для травления и паста ГОИ;
- 6) клещи.

Методические указания

Общие сведения о термической обработке.

Термическая обработка заключается в нагреве детали до определенных температур, выдержке при этой температуре и охлаждении с той или иной скоростью. При этом происходит изменение структуры, а следовательно, механических и технологических свойств обрабатываемой детали.

При нагревании и охлаждении в железоуглеродистых сплавах происходят превращения при определенных температурах, называемых критическими точками.

При нагревании их принято условно обозначать A_{c1} , A_{c3} , A_{cm} .

Превращения в сталях при нагревании носят кристаллизационный характер, то есть при этом происходит образование центров зародышей и последовательный их рост. Исходная структура всех сталей представляет собой смесь двух фаз – феррита и цементита.

При медленном нагревании до температуры A_{c1} ($723\text{ }^{\circ}\text{C}$) никаких превращений в стали не происходит. При достижении критической точки A_{c3} перлит переходит в аустенит. При дальнейшем нагреве в доэвтектоидных сталях происходит постепенное растворение феррита в аустените. При температуре выше линии GSE стали, будут иметь однородную структуру – аустенит.

При медленном охлаждении эвтектоидной стали, аустенит превращается в перлит (смесь феррита и цементита). Превращение аустенита в перлит происходит диффузно: углерод, выделяясь из аустенита, образует зародыши цементитовых включений, число которых и последовательный рост зависят от степени переохлаждения.

Регулируя степень охлаждения аустенита можно получить следующие продукты его распада: перлит – крупнозерную смесь феррита и цементита; тростит – мелкозерную (высокодисперсную) смесь феррита и цементита.

При больших степенях переохлаждения аустенита диффузионное перераспределение углерода практически прекращается, и образование цементита становится невозможным. Образуется структура мартенсит-перенасыщенный твердый раствор углерода в альфа - железе.

Наименьшая скорость охлаждения, при которой аустенит превращается в мартенсит, называется критической скоростью закалки. Мартенсит имеет игольчатое строение и высокую твердость (HB 500-650). Мартенситное превращение происходит в интервале температур M_n – M_k (где M_n – начало мартенситных превращений, M_k - конец мартенситных превращений), которые определяются содержанием углерода в стали.

Виды термической обработки стали:

- 1) отжиг первого рода или рекристаллизация;
- 2) отжиг второго рода;
- 3) нормализация;
- 4) закалка;
- 5) отпуск.

Отжиг первого рода (рекристаллизационный отжиг) – нагрев детали до температуры ниже фазовых превращений, выдержка при этой температуре и медленное охлаждение. Такой вид отжига применяют для снятия внутренних напряжений деталей, полученных методом холодной деформации (холодная прокатка, холодная штамповка, волочение и др.), а также для уничтожения наклепа металла.

Температура рекристаллизационного отжига любого металла должна быть выше температуры рекристаллизации данного металла. Температура рекристаллизационного отжига для разных металлов и сплавов различная.

Рекристаллизация заключается в том, что, начиная с некоторой температуры при нагревании, происходит интенсивное перемещение атомов в металле, что влечет за собой изменение формы и величины деформированных кристаллических зерен. При этом происходят превращения, подобные происходящим при первичной кристаллизации и вторичной перекристаллизации (зарождаются новые центры кристаллов и одновременно

происходит их рост). Взамен вытянутых расплюснутых зерен образуются мелкие, сфероидальные зерна, металлу возвращаются исходные свойства, т.е. понижается твердость, повышается пластичность.

Отжиг второго рода (отжиг с фазовыми превращениями) – нагрев детали до температуры несколько выше критической. Выдержка при этой температуре и медленное охлаждение вместе с печью. Цель отжига - выравнивание химический состав детали, получить мелкозернистую равновесную структуру, снять внутреннее напряжение, повысить пластичность и понизить твердость. Улучшить условия обрабатываемости резанием. Отжиг второго рода подразделяется на такие виды, как полный, неполный, изотермический, ступенчатый и диффузный.

Полный отжиг проводят с нагревом стали на 30-50 °С выше критической температуры точки A_{c3} . Затем делают выдержку при этой температуре и медленно охлаждают. Полному отжигу подвергают и горячедеформируемые стали (поковки, прокат, а также слитки и фасонные отливки углеродистой и легированной стали).

Неполный отжиг производят, нагревая детали до температуры выше критической точки A_{c1} на 30-50 °С выдержки при этой температуре и последующего медленного охлаждения. Неполный отжиг необходим для перекристаллизации перлита, снятия внутренних напряжений, улучшения обрабатываемости резанием. Применяется для заэвтектоидных сталей.

Нормализация – промежуточный процесс термической обработки между отжигом и закалкой. В зависимости от химического состава стали, нормализацию применяют иногда вместо отжига или закалки. Нормализация отличается от отжига повышенной скоростью охлаждения (на стойком или движущемся воздухе). Процесс нормализации заключается в нагреве стали выше критических температур A_{c1} , A_{cm} на 30-50 °С, выдержки при этой температуре и охлаждении на воздухе нормализацией достигают измельчения и однородности структуры, устранения внутренних напряжений и уничтожение сетки вторичного цементита в заэвтектоидных сталях. Нормализации подвергают фасонные поковки, штамповки и прокатные материалы.

Закалка – это процесс, который заключается в нагреве стали выше критических температур A_{c3} , A_{c1} на 30-50 °С выдержки при этой температуре и последующем быстром охлаждении в воде, масле или других охлаждающих средах. Основная цель закалки – получение высокой твердости и прочности.

Резкое увеличение твердости и прочности в процессе закалки происходит за счет изменения структуры в процессе нагрева и охлаждения за счет образования неравновесных твердых структур – мартенсита, троостита и сорбита.

Температура нагрева определяется от химического состава стали. Доэвтектоидную углеродистую сталь нагревают выше критической температуры A_{c3} на 30-50 °С. Температура под закалку доэвтектоидной стали изменяется с изменением содержания в стали углерода. Температура нагрева заэвтектоидных сталей постоянная и равна 770-780 °С.

Нагрев детали должен быть медленным, чтобы не возникали напряжения и трещины. Время нагрева зависит от формы и размеров детали. Время выдержки должно быть достаточным, чтобы весь процесс превращения феррито-цементитной смеси в аустенит полностью завершился. Продолжительность выдержки обычно 25 % общего времени нагрева. Скорость охлаждения должна быть такой, чтобы обеспечить получение нужной структуры – мартенсита, троостита или сорбита, т.е. обеспечить необходимые механические свойства обрабатываемой детали.

Для успешного проведения термической обработки правильный выбор закалочной среды имеет большое значение. Закалку среднеуглеродистых сталей производят в воде при температуре 18 °С, а большинство остальных сталей – в масле. Объемная закалка в зависимости от способа охлаждения разделяется на следующие виды.

Закалка в одном охладителе углеродистых сталей (охлаждение в воде) и легированных сталей (охлаждение в масле) заключается в том, что нагретую до температуры закалки деталь погружают в закалочную среду и держат до ее полного охлаждения. Недостаток этого способа – возникновение больших термических напряжений из-за резкой разности температур нагретого материала и охлаждающей среды.

Ступенчатую закалку проводят быстрым охлаждением последовательно в двух различных охлаждающих средах. Первой охлаждающей средой служат расплавленные соли или масло с температурой на 20-30 °С выше точки начала мартенситного превращения M данной стали. В горячей среде деталям дают кратковременную выдержку, цель которой выравнивание температур по сечению детали. Структура металла – аустенит. Второй охлаждающей средой является воздух; при этом аустенит переходит в мартенсит.

Достоинство такого метода закалки – уменьшение термических напряжений, а, следовательно, невозможность появления трещин, поводки и коробления, а также хорошее сочетание высокой вязкости с прочностью. Ступенчатую закалку применяют для мелких деталей из углеродистых сталей с сечением 8-10 мм и для деталей легированной стали с сечением до 30 мм.

Изотермическая закалка, так же как и ступенчатая закалка, производится в двух охлаждающих средах. Температура горячей среды (соляные, селитровые и щелочные ванны) зависит от химического состава стали. Время выдержки должно быть достаточным для полного превращения аустенита в игольчатый троостит. Окончательное охлаждение до комнатной температуры происходит на воздухе.

Изотермическую закалку широко применяют для деталей из высоколегированных сталей. После изотермической закалки сталь приобретает высокие прочные свойства.

При охлаждении в процессе закалки возникают термические и структурные внутренние напряжения. Термическое напряжение возникает в результате неравномерного охлаждения, а структурные – при превращении аустенита в мартенсит, что сопровождается значительным увеличением объема.

Поверхностная закалка применяется для придания ответственным деталям (валам, зубчатым колесам и др.), работающим на трение и одновременно подвергающимся действию ударных нагрузок, твердости поверхностного слоя, высокого сопротивления, изнашиванию и вязкости сердцевины, обеспечивающей сопротивление удару. В зависимости от способа нагрева деталей поверхностная закалка подразделяется на индукционную (токами высокой частоты), контактную, газопламенную, закалку в электролите.

Индукционная закалка основана на том, что электрический ток высокой частоты, проходя по проводнику – индуктору, создает вокруг него электрическое поле. На поверхности детали, помещенной в это поле, индуцируются вихревые токи, вызывая нагрев детали до высоких температур. Это обеспечивает возможность протекания фазовых превращений, т.е. превращение феррито-цементной смеси в аустенит. После охлаждения поверхность детали имеет структуру мартенсита.

Отпуск – это завершающая операция термической обработки. Формирующая структуру, следовательно, и свойства стали. Назначение отпуска – снять внутреннее напряжение, возникшее в процессе закалки и получить необходимую структуру. Процесс отпуска заключается в нагревании стали до температуры ниже $A_{c1,3}$ выдержке при температуре и охлаждении. В зависимости от температуры нагрева закаленной детали различают три вида отпуска: низкий, средний и высокий.

Низкий отпуск производится при температуре 150-250 °С с целью уменьшения закалочных напряжений при сохранении мартенситной структуры. Твердость детали после низкого отпуска почти не изменяется. Низкий отпуск применяется для углеродистых сталей, для которых необходима высокая твердость и износостойчивость.

Средний отпуск производится при температуре нагрева 300-500 °С и применяется для пружинных и рессорных сталей, а также для сталей, идущих на изготовление штампов.

Высокий отпуск производится при температурах нагрева 500-650 °С и применяется для конструкционных сталей.

Кроме температуры нагрева при отпуске весьма важно время выдержки, скорость же охлаждения в большинстве случаев значения не имеет. Нагрев образцов стали для проведения термообработки в лабораторных условиях, осуществляют в муфельных электропечах, которые состоят из металлического корпуса, внутри которого выложен муфель, из четырех плит, смонтированными в них нагревательными спиралями. Регулирование температуры в печи осуществляется реостатом с помощью ручки. Для измерения температуры применяют термоэлектрические пирометры. Термопары, которые вставляют в отверстия печи, имеющиеся в задней стенке. Печь до начала работы хорошо прогревают, для чего ее выдерживают до трех часов при температуре 700 °С.

Порядок выполнения работы

1 Сделать таблицу химического состава исследуемой стали.

Таблица 5.1 - Химический состав стали 45 ГОСТ 1050-88.

Марка стали	Углерод C, %	Марганец Mn, %	Кремний Si, %	Фосфор P, %	Сера S, %
45	0,45	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,04

- 2 Для исследования образца произвести замер твердости до ТО.
- 3 Замерить диаметр отпечатка и по таблице определить число твердости НВ.
- 4 Выбрать по справочнику режимы ТО стали 45:
 - а) определить температуру нагрева;
 - б) определить время выдержки;
 - в) выбрать охлаждающую среду для закалки и отпуска.
- 5 Подготовить печь для проведения операции ТО, баки с охлаждающей жидкостью, клещи, часы;
- 6 Провести операции ТО согласно режиму;
- 7 Определить твердость после каждого вида ТО;
- 8 Все данные занесены в таблицу (см. таблицу 5.2);
- 9 Режимы термообработки свойства и структура стали 45 ГОСТ 1050-88.

Таблица 5.2 - Режимы ТО стали

Марка стали ГОСТ 1050-88	Диаметр отпечат- ка, мм	Твердость в исходном состоянии	Вид ТО	Режим ТО	Охлаж- -дение	Твердость после ТО	Микрост руктура после ТО
				t °C, t мин			
1	2	3	4	5	6	7	8
45	4,3	197	Исходн ое состоя ние	-	-	-	(Ф+П)
45	4,3	197	отжиг	840; 40 мин	с печью	156	(Ф+П)
45	4,8	156	закалка	830,850; 25 мин	быстр о в воде	56	М
45	HRC ₃	56	низкий отпуск	270; 40- 60 мин	на воздух е	44	М
45	HRC ₃	44	Высок ий отпуск	450; 40- 60 мин	на воздух е	35	Т

Вопросы для самопроверки

- 1 Что такое термообработка?
- 2 Какие факторы оказывают решающее влияние на исход ТО?
- 3 Что такое доклад?
- 4 Что такое отпуск?
- 5 Какие структуры имеет сталь 45 после закалки и отпуска; сталь У10 после закалки и отпуска?
- 6 Как изменяется твердость стали после ТО?
- 7 Пояснить выбор температуры нагрева при закалке различных сталей (с разным содержанием углерода) по диаграмме Fe-C.
- 8 Сделать вывод к работе.

6 Лабораторная работа № 6 Исследование микроструктуры стали до и после химико-термической обработки (ХТО)

Цель: Изучение микроструктуры и свойств стали после цементации

Задание:

- 1) исследовать микроструктуру стали 10 после цементации;
- 2) определить химический состав стали 10 до, и после цементации;
- 3) определить режимы цементации;
- 4) изучить и зарисовать микроструктуру стали 10 ГОСТ 1050-88 после цементации.

Оборудование и материалы:

- 1) микроскоп ММР-4;
- 2) образец для исследования;
- 3) диаграмма Fe-Fe₃C;
- 4) линейка;
- 5) реактивы для травления;
- 6) справочная литература.

Методические указания

Химико-термической обработкой называют обработку, заключающуюся в сочетании термического и химического воздействия на металлы и сплавы для изменения химического состава структуры и свойств в поверхностных слоях.

Химико-термическая обработка (ХТО) - диффузионное насыщение поверхностного слоя стали углеродом, азотом, кремнием, хромом, алюминием

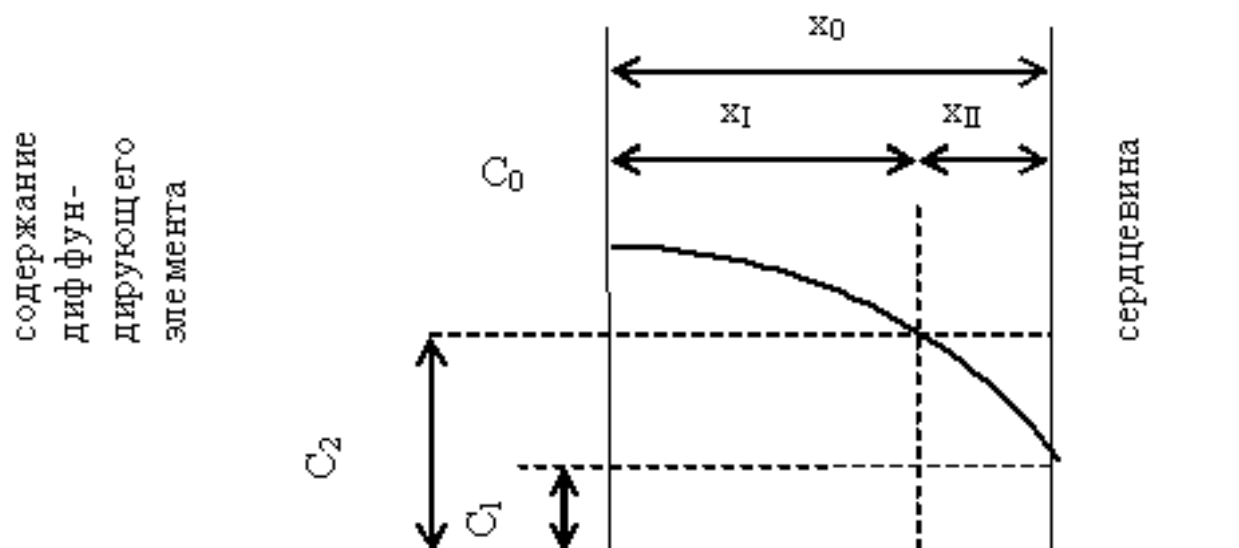
и другими металлами и неметаллами. Затем, детали дают выдержку при определенной температуре.

При ХТО одновременно протекают несколько процессов:

- 1) диссоциация - образование в окружающей среде (или в отдельном реакционном объеме) диффундирующего элемента в атомарном (ионизированном) состоянии; насыщающая атмосфера должна обеспечивать высокую концентрацию диффундирующего элемента на поверхности обрабатываемого металла (изделия). Количество атомов, поступающих из насыщающей среды в металл, в основном, определяется скоростью химических реакций (или испарения), связанной с выделением насыщающего вещества;
- 2) адсорбция атомов (ионов) на поверхность металла с образованием химических связей между ионами насыщающего элемента и основного металла (хемосорбция);
- 3) диффузия адсорбированных атомов от поверхности в глубь обрабатываемого металла (изделия).

В результате диффузии образуется диффузионный слой, под которым понимают слой, под которым понимают слой материала детали у поверхности насыщения, отличающейся от исходного по химическому составу, структуре и свойствам.

Концентрация диффундирующего элемента уменьшается от поверхности в глубь металла (рисунок 6.1). Как следствие этого изменяется структура и свойства.



x_0 – общая толщина диффузионного слоя; x_3 – эффективная толщина диффузионного слоя; x_{II} – толщина переходной зоны диффузионного слоя; C_0 – концентрация диффундирующего элемента на поверхности; C_1 – содержание диффундирующего элемента в исходном металле (сердцевине); C_2 – содержание диффундирующего элемента (или другого базового характера), установленного для x_3 .

Рисунок 6.1 - Схема диффузионного слоя

Толщина диффузионного слоя зависит от температуры насыщения, продолжительности процесса, характера образующего твердого раствора, обрабатываемого металла (состава сплава) и концентрация диффундирующего элемента на поверхности, тем больше толщина слоя при данной температуре и продолжительности процесса насыщения. Скорость диффузии атомов насыщающего элемента, образующего с обрабатываемым металлом твердые растворы внедрения, значительно выше, чем при образовании твердого раствора замещения. Поэтому при поверхностном насыщении стали металлами (Cr, Al, Si и др.), образующими с железом твердые растворы замещения, процесс ведут при более высоких температурах и несмотря на это, получают меньшую толщину слоя, чем при насыщении азотом, и особенно углеродом, образующими с железом твердые растворы внедрения. Диффузия элементов легче протекает в решетке α - железа, чем в более плотноупакованной решетке γ - железа.

Химико-термическую обработку широко применяют для упрочнения деталей машин. Это объясняется тем, что большинство деталей машин работают в условиях изнашивания, кавитации, циклических нагрузок, коррозии при криогенных и высоких температурах, при которых максимальные напряжения возникают в поверхностных слоях металла, где сосредоточены основные концентраторы напряжений. Химико-термическая обработка, повышая твердость, износостойкость, кавитационную и коррозионную стойкость и создавая на поверхности благоприятные остаточные напряжения сжатия, увеличивает надежность и долговечность деталей машин.

Цементацией (науглероживанием) называется химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали углеродом, при нагреве в соответствующей среде – карбюризаторе. Как правило, цементацию проводят при температурах выше точки $A_{с3}$ (930-950 °С), когда устойчив аустенит, растворяющий углерод в большом количестве.

Окончательные свойства цементованных изделия приобретают после проведения закалки и низкого отпуска, которые дополнительно проводят после цементации.

Для цементации обычно используют низкоуглеродистые (0,1-0,18 % С), а также легированные стали. Для цементации крупногабаритных деталей применяют стали с более высоким содержанием углерода (0,2-0,3 % С). Выбор таких сталей необходим для того, чтобы сердцевина изделия, не насыщающаяся углеродом при цементации, сохраняла высокую вязкость после закалки.

На цементацию детали поступают после механической обработки с припуском на шлифование (50-100 мкм). Во многих случаях цементации подвергается только часть детали; тогда участки, не подлежащие упрочнению, защищают тонким слоем меди (20-40 мкм), которую наносят электролитическим способом или изолируют специальными обмазками,

состоящими из смеси огнеупорной глины, песка и асбеста, замешанных на жидком стекле.

Механизм образования и строение цементованного слоя.

Диффузия углерода в сталь возможна только в том случае, если углерод находится в атомарном состоянии, получаемом, например, диссоциацией газов, содержащих углерод (СО; СН₄ и др.). Атомарный углерод адсорбирует в поверхность стали, и диффундирует вглубь металла.

При температуре цементации (выше точки А_{С3}) диффузионный слой состоит только из аустенита, а после медленного охлаждения – из продуктов его распада – феррита и цементита. При этом концентрация углерода не достигает предела насыщения при данной температуре.

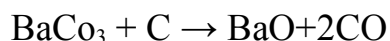
Опыт показывает, что эффективная толщина цементованного слоя для деталей, с содержанием менее 0,17 % углерода, составляет 15 % наименьшей толщины или диаметра цементуемого сечения. При содержании в стали более 0,17 % С толщину слоя уменьшают до 5-9 %, а для деталей, работающих на износ, не испытывающих больших удельных нагрузок, - до 3-4 % от наименьшей толщины или диаметра цементуемого сечения.

Нагрев до температуры цементации 910-930 °С составляет 7-9 мин на каждый сантиметр минимального размера ящика. Продолжительность выдержки при температуре цементации для ящика с минимальным размером 150 мм составляет 5,5-6,5 ч для слоя толщиной 700-900 мкм и 9-11 ч для слоя толщиной 1200-1500 мкм. При большем размере ящика (минимальный размер 250 мм) для получения слоя толщиной 700-900 мкм продолжительность выдержки равна 7,5-8,5 ч, а при толщине 1200-1500 мкм – 11-14 ч.

Углерод, выделяющийся в результате этой реакции в момент его образования, является атомарным, и диффундирует в аустенит:



Добавление углекислых солей активизирует карбюризатор. Обогащая атмосферу в цементационном ящике окисью углерода:



Порядок выполнения работы

- 1 Указать режимы цементации стали 10 ГОСТ 1050-88;
- 2 Зарисовать микроструктуру стали 10 после цементации от поверхности к сердцевине в соответствии с рисунком 6.2.

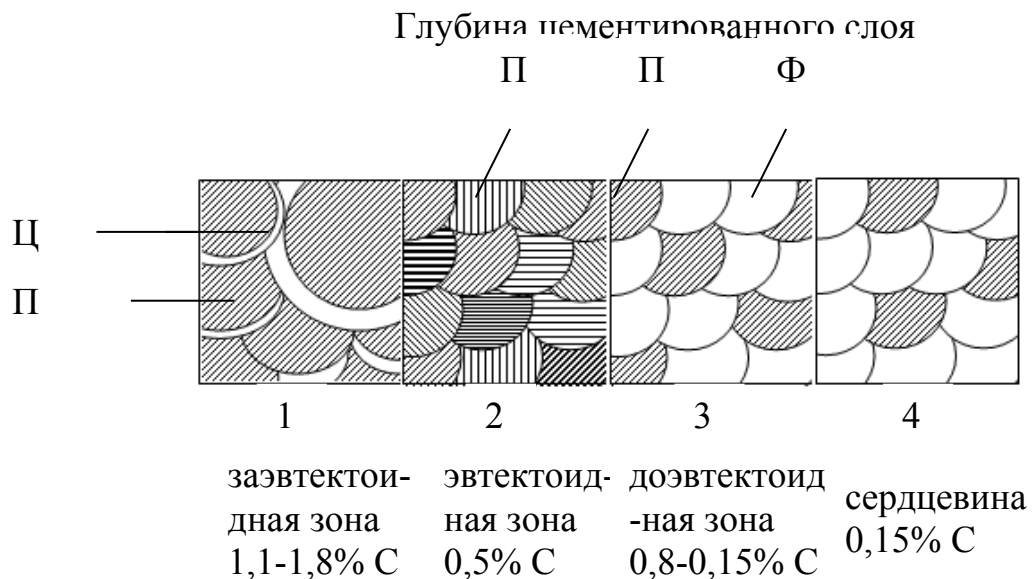


Рисунок 6.2 - Микроструктура цементованного слоя (схема)

Вопросы для самопроверки:

- 1 Что такое цементация, ее назначение?
- 2 От чего зависит глубина цементованного слоя?
- 3 Какие стали подвергают цементации, почему?
- 4 Какие процессы происходят при ХТО?
- 5 Какие существуют способы ХТО, назвать и дать определения некоторым из них.
- 6 Сделать вывод к работе.

7 Лабораторная работа № 7 Анализ микроструктуры легированных сталей

Цель: Провести исследования легированных сталей

Задание:

- 1) изучить классификацию легированных сталей по назначению и по микроструктуре;
- 2) схематично изобразить микроструктуры предложенных сталей с указанием структурных составляющих;
- 3) дать характеристику стали (химический состав, влияние легирующих элементов на свойства стали, ТО и применение).

Оборудование и материал:

- 1) микроскоп ММР-4;
- 2) образцы для исследования;
- 3) твердомеры ТШ и ТК;
- 4) эталоны микроструктур;
- 5) реактивы для травления;
- 6) справочная литература.

Методические указания

Легирующие элементы, присутствующие в стали, оказывают различное влияние на аллотропию железа, на процесс карбидообразования, на положение критических точек, на распад аустенита и на мартенситное превращение. Легирующие элементы оказывают влияние на положение критических точек A_{c1} и S_{c3} на превращение аустенита при охлаждении и на положение мартенситной точки. Позволяют даже в условиях медленного охлаждения получать различные структуры от феррита до аустенита. Поэтому легированные стали в отожженном и нормализованном состояниях подразделяются на классы по структурному признаку.

В отожженном состоянии структуры легированных сталей определяют непосредственно по диаграмме состояния. Во втором случае структуру легированных сталей определяют после нормализации при температуре $900\text{ }^{\circ}\text{C}$. По этой более распространенной классификации, стали разделяются на следующие классы: перлитный, мартенситный, аустенитный, карбидный и ферритный.

К перлитному классу принадлежат стали, содержащие небольшое количество легирующих элементов и обладающие структурой эвтектоидного типа: перлит, сорбит или троостит, наряду с которыми могут присутствовать и феррит или вторичные карбиды. К этой группе относятся, стали 40X, 40XH, 40X7Г, 30XГСА, X, 9XC и др.

К мартенситному классу относятся, стали с более высоким содержанием легирующих элементов, обладающие мартенситной структурой, из сталей этого класса в машиностроении применяют хромоникелевые и хромоникелевольфрамовые конструкционные стали с содержанием до 0,3-0,4 % углерода, например сталь 18X2H4BA и 25XH4BA. Стали, других составов отличаются высокой хрупкостью и поэтому не применяются на производстве.

К аустенитному классу относятся, стали с высоким содержанием таких легирующих элементов, как Ni, Mn, Cr, Ti. В структуре стали, находится аустенит и небольшое количество карбидов. Стали этого класса, представляют собой жаропрочные и коррозионно-стойкие. После закалки, при температуре $1000-1100\text{ }^{\circ}\text{C}$, карбиды, находящиеся в стали, переходят в твердый раствор. В результате чего улучшается коррозионная стойкость и повышается пластичность материала. К этой группе относятся, стали 12X18H9T, 12X18H9.

К карбидному классу относятся стали X12M, P9, P18 и другие содержащие большое количество углерода и карбидообразующих элементов (Cr, W, V и др.). Для этого класса характерно именно наличие карбидов, структура основного фонда может быть в зависимости от состава и температуры нагрева перлитной, мартенситной и аустенитной сталей. Эти стали обладают высокой твердостью и износостойкостью, применяются для изготовления режущего инструмента и штампов, работающих в тяжелых условиях.

К ферритному классу относятся, стали, содержащие значительное количество легирующих элементов и малое количество углерода. Эти стали обладают высокой коррозионной стойкостью, например, стали X17.

Подразделение на указанные классы характерно только для сталей, охлажденных на воздухе. Изменение скорости охлаждения изменяет структуру. Так, если сталь перлитного класса охладить с большой скоростью, то можно получить мартенсит, при охлаждении стали мартенситного класса с меньшей скоростью можно получить перлит, а, обработав аустенитную сталь холодом, можно получить мартенсит. Ориентировочные режимы термической обработки механических свойств легированных конструкционных сталей представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Ориентировочные режимы термической обработки и механические свойства легированных конструкционных сталей (охлаждающая среда-масло)

Марка стали	Температура нагрева под закалку, °C	Температура отпуска, °C	Механические свойства		
			твердость	σ_b , МПа	δ , %
40X	825-860	300-400	HRC, 52-45	-	-
		400-500	HRC, 45-36	-	-
		500-600	HRC, 36-30	-	-
45X	820-850	500-580	HB 280-300	980	9
		600-650	HB 230-280	830	10
30XГТ	860-890	460-520	HRC, 34-41	1080-1420	-
		560-600		980-1010	-
35XГС	860-880	640-660	HB 235	740	16
40НХ	800-840	550-600	HB 225-285	830-930	14-16
30ХН3А	810-840	530	HB 292	1070	9

Порядок выполнения работы

- 1 Подготовить шлифы для исследования структуры;
- 2 Настроить микроскопы, установить шлиф и привести на видимость микроструктуры;

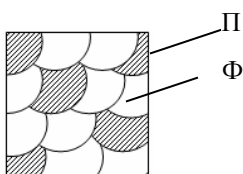
- 3 Замерить твердость;
- 4 Провести исследования и составить отчет к работе.

4.1 Стали перлитного класса: 35ХГСА

Таблица 7.2 - Химический состав и свойства стали 35ХГСА

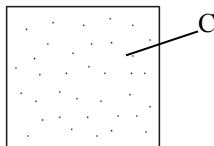
Марка стали	Углерод, С, %	Марганец, Mn, %	Кремний, Si, %	Хром, Cr, %	Механические свойства			
					$\sigma_{в}$, МПа	δ , %	НВ	HRC ₃
35ХГСА	0,32-0,39	1,80-1.10	1,10-1,40	1,10-1,40	1650	9	241	20

Структура стали 35ХГСА после нормализации



структура Ф+П

Структура стали 35 ХГСА после закалки и отпуска



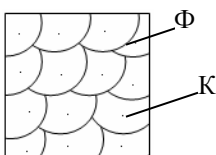
структура сорбит (С)

4.2 Стали ферритного класса – Х17

Таблица 7.3 - Химический состав и свойства стали Х17

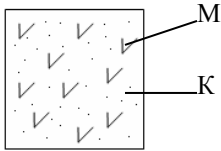
Марка стали	Углерод, С, %	Хром, Cr, %	Механические свойства			
			$\sigma_{в}$, МПа	δ , %	НВ	HRC ₃
17Х	0,17	0,7-1,0	800	11	131	56-62

Структура стали Х17 после нормализации



феррит + карбиды (Ф+К)

Структура стали X17 после закалки и отпуска



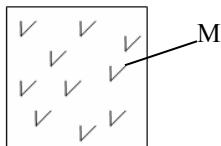
мартенсит + карбиды (М+К)

4.3 Стали аустенитного класса – 12Х18Н10Т

Таблица 7.4 - Химический состав и свойства стали 12Х18Н10Т

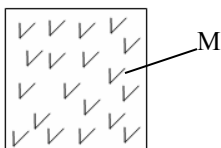
Марка стали	Углерод С, %	Хром, Cr, %	Никель Ni, %	Титан, Ti, %	Механические свойства			
					σ_B , МПа	δ , %	НВ	НRC ₃
12Х18Н10Т	0,18	-	1,10	1,10- 1,40	1150	13	207	56-58

Структура стали 18 ХГТ после нормализации



мартенсит (М)

Структура стали 18 ХГТ после закалки и отпуска



мартенсит (М) (мелкоигольчатый)

Вопросы для самопроверки

- 1 Какую сталь называют легированной?
- 2 Какие классы легированных сталей вам известны. Примеры.
- 3 Назвать карбидообразующие и не карбидообразующие легирующие элементы в легированных сталях.
- 4 Что такое карбиды, их влияние на свойства стали.

- 5 Для чего проводят термическую обработку легированной стали?
 6 Сделать вывод к работе.

8 Лабораторная работа № 8 Применение и маркировка чугуна

Цель: Воспитывать бережное отношение к материальным ресурсам

Оборудование и материалы:

- 1) коллекция чугунов;
- 2) детали из чугуна;
- 3) планшет «Химический состав»;
- 4) диаграмма Fe-C;
- 5) кодограмма.

Методические указания

Чугун – это сплав железа с углеродом, где углерода от 2,14 % до 6,67 % и другими элементами.

Углерод в чугуне может находиться в виде свободного графита и в виде химического соединения с железом Fe_3C - цементита.

Чугуны, содержащие повышенное количество свободного графита имеют в своем изломе серый цвет и крупнозернистое строение. Эти чугуны применяют в литейном производстве и их называют литейными или серыми.

Чугуны с повышенным содержанием цементита очень тверды и хрупки и имеют белый цвет в изломе, их перерабатывают на сталь и называют белыми или пердедельными.

Таблица 8.1 - Химический состав белых чугунов, в процентах

Белый чугун	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор
Мартеновский	3,8-4,3	0,3-1,25	0,5-1,75	0,15-0,3
Томасовский	3,2-3,5	0,2-0,6	0,8-1,3	1,6-2,0
Бессемеровский	3,8-4,2	0,7-1,75	0,5-1,2	не более 0,7

На структуру чугунов, которые кроме железа и углерода содержат другие элементы, сильно влияет химический состав.

Например, кремний находится в пределах от 0,75 до 3,75 %.

Чем больше кремния в чугуне, тем меньше в нем связанного углерода и тем мягче чугун, так как кремний образует с железом силициды.

Силициды – $FeSi$ и Fe_2Si_3 , уменьшают количество карбидов железа, и сплав становится не таким хрупким.

Марганец находится в пределах от 0,5 до 1,5 %. Он увеличивает устойчивость цементита Fe_3C и делает чугун более хрупким. Если углерода около 0,5 - 1 %, тогда марганец парализует вредные примеси серы и увеличивает жидкотекучесть.

Фосфор находится в пределах от 0,3 до 0,8 %. Снижает температуру плавления до $905\text{ }^{\circ}\text{C}$, иногда содержание 0,3 % - если детали во время работы подвергаются ударным нагрузкам.

Сера находится в пределах до 0,07 % - вредная примесь придает хрупкость.

Серые чугуны маркируют буквами СЧ, затем ставят двухзначное число: например, СЧ00 – серый чугун без испытания механических свойств, СЧ15 – показывает, что чугун имеет $\sigma_b = 150\text{ МПа}$ – прочность при растяжении.

Дальнейшее повышение прочности и пластичности чугуна достигается модифицированием. Это достигается путем добавления в чугун магния (Mg).

Стандартом установлены следующие марки высокопрочного чугуна: ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ40. Число в марке указывает предел прочности при растяжении σ_b .

Ковкий чугун получают из белого чугуна термической обработкой (отжиг $900\text{-}950\text{ }^{\circ}\text{C}$). Его не куется, но он достаточно пластичен в противоположность серому чугуну, поэтому и называется ковким. Свойства ковкого чугуна зависят от величины графитовых соединений.

По стандарту ковкий чугун обозначают буквами КЧ и с добавлением двух чисел. Первое число указывает на величину предела прочности при растяжении, второе число обозначает относительное удлинение в процентах.

Например, марки: КЧ30-6, КЧ-33-8, КЧ35-10, КЧ37-12, КЧ45-6, КЧ50-4, КЧ56-4, КЧ60-3, КЧ63-2.

В последние годы на заводах с успехом применяют ускоренный отжиг на ковкий чугун, перед которым отливки простой формы из белого чугуна закаливают от 850° до $900\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ковкие чугуны дешевле стали, обладают хорошими механическими свойствами и высокой стойкостью к коррозии. Поэтому его хорошо применяют в сельском хозяйстве, машиностроении, автомобильной и тракторной промышленности, в станкостроении.

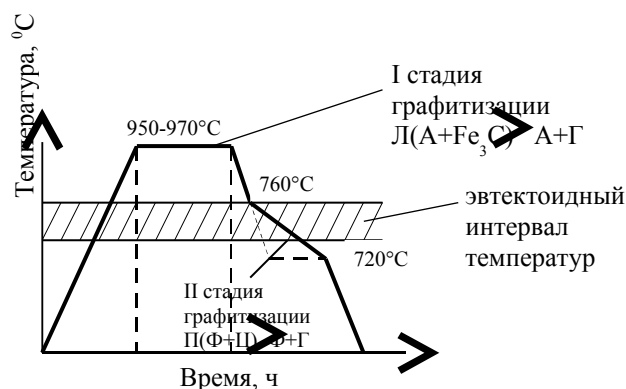


Рисунок 8.1 - Схема отжига ковкого чугуна

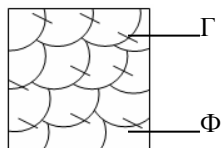
К специальной группе чугунов по ГОСТ 7769-82 относятся жаростойкие, которые обладают окалиностойкостью, трещиностойкостью, а также жаропрочные, обладающие высокой длительной прочностью и ползучестью при высоких температурах и коррозионно-стойкие чугуны.

Жаростойкость серых чугунов: ЧХ28, ЧХ32. Для повышения жаростойкости чугуны подвергают отжигу при 1020-1050 °С с охлаждением на воздухе и последующему отпуску при 550-600 °С. В качестве коррозионно-стойких применяют чугуны, легированные кремнием – ЧС13, ЧС15, ЧС17, и хромом - ЧХ22, ЧХ28, ЧХ32.

Порядок выполнения работы

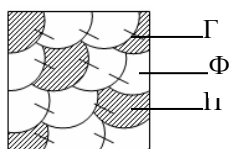
1 Схемы микроструктур серых чугунов:

а) ферритный серый чугун



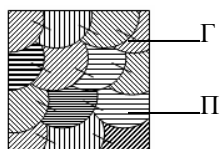
структура: феррит+графит (Ф+Г)
форма графита - пластинчатая

б) феррито-перлитный чугун



структура: феррит+перлит+графит (Ф+П+Г)
 форма графита – пластинчатая
 (цементита до 0,8 %, остальное углерод в свободном состоянии)

в) перлитный серый чугун



структура: перлит+графит (П+Г)
 форма графита - пластинчатая

Таблица 8.2 - Химический состав и свойства серых чугунов

Марка чугуна	Углерод С, %	Кремний Si, %	Марганец Mn, %	Сера S, %	Фосфор P, %	Механические свойства	
						σ_B , МПа	НВ твердость
СЧ15	3,5-3,7	2,0-2,6	0,5-0,8	$\leq 0,15$	$\leq 0,3$	280-320	229
СЧ20	3,2-3,4	1,4-2,2	$\leq 1,0$	$\leq 0,15$	$\leq 0,2$	196	241

2 Схемы микроструктур:

а) перлитный высокопрочный чугун



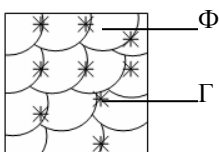
структура: перлит+графит (П+Г)
 форма графита – шаровидная

Таблица 8.3 - Химический состав и свойства высокопрочного чугуна, %

Марка чугуна	Углерод С, %	Кремний Si, %	Марганец Mn, %	Сера, S, %	Фосфор, P, %	Магний (Mn) или Ce, %	Механические свойства	
							σ_B , МПа	δ , %
ВЧ40	3,2	1,7	0,4	0,02	0,1	0,04	400	15
ВЧ50	3,5	2,0	0,55	0,02	0,1	0,055	500	7

3 Схема микроструктуры ковкого чугуна:

а) ферритный ковкий чугун



структура: феррит+графит (Ф+Г)
 форма графита - хлопьевидная

Таблица 8.4 - Химический состав и свойства ковкого чугуна

Марка чугуна	Углерод С, %	Кремний Si, %	Марганец Mn, %	Сера, S, %	Фосфор P, %	Механические свойства	
						σ_B , МПа	НВ, твердость
КЧ32-8	2,5-2,8	0,7	0,3	< 0,12	< 0,18	320	163
КЧ63-2	2,8-3,4	1,5	1	0,12	0,18	630	269

Вопросы для самопроверки

- 1 Что называют чугуном?
- 2 Виды чугунов по структуре и % углерода?
- 3 Что называют белым чугуном?
- 4 Что называют высокопрочным чугуном?
- 5 Что называют ковким чугуном?
- 6 Что называют легированным чугуном?
- 7 Сделать вывод к работе.

9 Лабораторная работа № 9 Исследования структуры и свойств быстрорежущей стали Р6М5

Цель: Провести исследования и понять влияния термической обработки и химического состава на структуру и механические свойства быстрорежущей стали Р6М5

Задание:

- 1) определить химический состав стали Р6М5;
- 2) выбрать и обосновать термическую обработку стали Р6М5;
- 3) определить свойства быстрорежущей стали Р6М5;
- 4) исследовать структуру стали Р6М5.

Оборудование и материалы:

- 1) микроскоп ММР-4;
- 2) твердомеры типа ТШ и ТК;

- 3) образцы для исследования (в состоянии поставки; после закалки; после трехкратного отпуска);
- 4) таблицы структур для сравнения;
- 5) инструмент из быстрорежущей стали;
- 6) справочная литература.

Методические указания

Быстрорежущие стали, марки Р6М5, обладают высокой твердостью, износостойкостью и красностойкостью при температурах до 600 °С. Эти стали используют для изготовления режущего инструмента. Работающего в тяжелых условиях, при больших скоростях резания.

Структура литой быстрорежущей стали, состоит из ледебуритной эвтектики (первичные карбиды) и продуктов распада аустенита – троостита и сорбита или не распавшегося аустенита. Ледебуритная эвтектика, располагающаяся по границам зерен, делает сталь хрупкой. Для устранения хрупкости литую сталь кууют или прокаливают, а затем отжигают.

Структура кованной и отожженной быстрорежущей стали Р18, состоит из крупных первичных карбидов, более мелких вторичных карбидов и сорбита.

Высокие режущие свойства быстрорежущая сталь приобретает после закалки при температуре 1260-1300 °С и многократного отпуска при 560 °С. После закалки структура быстрорежущей стали будет состоять из мартенсита, карбидов и остаточного аустенита (мартенсит обнаруживается очень плохо, поэтому структура кажется состоящей только из аустенита и карбидов). Структура стали, после закалки и трехкратного отпуска, будет состоять из мартенсита, карбидов и незначительного количества аустенита, невидимого в структуре.

При резании сталей и сплавов с аустенитной структурой, получивших более широкое применение в промышленности, стойкость инструментов и предельная скорость резания могут сильно снижаться, по сравнению с обычными конструкционными сталями и чугунами, имеющими относительно невысокую твердость (до НВ 220-250).

Это связано главным образом с тем, что теплопроводность аустенитных сплавов понижена. Вследствие этого теплота, выделяющаяся при резании, лишь в небольшой степени поглощается сходящей стружкой и в основном воспринимается режущей кромкой. Кроме этого, эти сплавы сильно упрочняются под режущей кромкой в процессе резания, из-за чего заметно возрастают усилия резания.

Для резания труднообрабатываемых материалов, малопригодны быстрорежущие стали типа Р6М5, сохраняющие высокую твердость HRC₆₀ и мартенситную структуру после нагрева не выше 615-620 °С.

Для обработки аустенитных сплавов необходимо выбирать быстрорежущие стали повышенной теплостойкости, а именно кобальтовые стали. Они сохраняют твердость HRC₆₀ после более высокого нагрева до 640-645 °С. Кроме того, кобальт заметно повышает теплостойкость быстрорежущей

стали, следовательно, снижает температуру режущей кромки из-за лучшего отвода тепла в тело инструмента. Стали с кобальтом, имеют высокую твердость – до 68 единиц твердости по Роквеллу.

Для сверл и фрез, применяемых для резания аустенитных сталей, рекомендуются кобальтовые сплавы, марок P12Ф4К5 или P8МЗК6С.

Таблица 9.1 - Химический состав сталей, в процентах

Сталь	Углерод С	Марганец Mn	Кремний Si	Хром Cr	Вольфрам W	Молибден Mo	Ванадий, V	Кобальт, Co
P12Ф4К5	1,3	0,3	0,3	3,8	12,5	1	3,5	5,5
P8МЗК6С	1,1	0,9	0,3	3,8	8	3,6	1,7	6

Термическая обработка кобальтовых сталей принципиально не отличается от обработки других быстрорежущих сталей.

Закалка до 1240-1250 °С (P13Ф4К5) и 1210-1220 °С (P8МЗК6С), что необходимо для растворения большого количества карбидов и насыщения аустенита (мартенсита) легирующими элементами. Более высокий нагрев недопустим: он вызывает рост зерна, что снижает прочность и вязкость. Структура стали после закалки: мартенсит, остаточный аустенит (15-30 %) и избыточные карбиды, не растворяющиеся при нагреве и задерживающие рост зерна. Твердость HRC_э60-62.

Затем инструменты отпускают при 550-560 °С (3 раза по 60 мин) Отпуск: а) вызывает выделение дисперсных карбидов мартенсита, что повышает твердость до HRC_э66-69; б) превращает мягкую составляющую аустенит в мартенсит; в) снимает напряжения, вызываемые мартенситным превращением. После отпуска инструмент шлифует, а затем подвергают цианированию, чаще всего жидкому с выдержкой 15-30 мин (в зависимости от сечения инструмента).

Твердость цианирования слоя на глубину 0,02-0,03 мм достигает HRC_э 69-70. Цианирование повышает стойкость инструментов на 50-80 %. После цианирования возможен кратковременный нагрев при 450-500 °С с охлаждением в масле, поверхность инструмента приобретает тогда синий цвет и несколько улучшает стойкость против воздушной коррозии.

Порядок выполнения работы

- 1) подготовить шлиф для исследования;
- 2) определить по таблице справочника химический состав и свойства стали P6M5;

Таблица 9.2 - Химический состав стали P6M5

Марка стали	Элементы, %				
	Углерод, С	Хром, Cr	Вольфрам, W	Ванадий, V	Молибден, Mo
P6M5	0,8-0,88	3,8-4,4	5,5-6,5	1,7-2,1	5,0-5,5

- 3) для заданных образцов обосновать термообработку и подобрать режимы термической обработки;
- 4) определить свойства стали, указав их величину;
- 5) провести исследование структуры стали Р6М5 до и после ТО.
- Увеличение микроскопа – 400Х
- Травление происходит в 4 % растворе азотной кислоты HNO_3 в спирте:

а) микроструктура стали Р6М5 в исходном состоянии

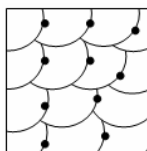
— П
— К



структура: сорбитообразный перлит и карбиды (П+К)

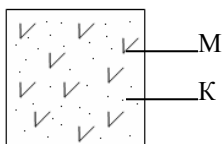
б) микроструктура стали Р6М5 после закалки на масло $\text{HRC}_{\text{с}}$ 62-64

—
—



структура: аустенит (А)
бал: 10-9 ГОСТ 5639-90

в) микроструктура стали Р6М5 после трехкратного отпуска HRC 62-60



структура: мартенсит + карбид (М+К)

Вопросы для самопроверки

- 1 Какую сталь называют быстрорежущей?
- 2 Как влияют легирующие элементы на свойства, и химический состав стали Р6М5?
- 3 Как влияет процесс отпуска на твердость стали?
- 4 Какой инструмент изготавливают из стали Р6М5?
- 5 Сделать вывод к работе.

К
А

10 Лабораторная работа № 10 Исследование микроструктуры цветных металлов и сплавов

Цель: Приобрести навыки проведения микроструктурного анализа цветных металлов и сплавов

Задание:

- 1) определить химический состав, основные свойства цветных сплавов на основе меди и алюминия;
- 2) произвести исследование структурных составляющих цветных металлов.

Оборудование и материалы:

- 1) микроскоп ММР – 4;
- 2) образцы для исследования; Латунь ЛЭО, Л59, Бронза ОЦС 6-3-3, Силумин АЛ-2, Дюраль Д16;
- 3) реактивы для травления: FeCl в HCl - для меди и HF_2 в H_2O - для алюминия
- 4) справочная литература.

Методические указания

Цветные сплавы. Сплавы на основе цветных металлов (медь, алюминий, магний, титан, никель и другие) обладают лучшими механическими и технологическими свойствами, чем чистые металлы, поэтому они нашли широкое применение в промышленности.

Медные сплавы – латуни и бронзы. Латунями называют сплавы меди с цинком, содержащие цинка не более 42 %. Чтобы придать латунным сплавам лучшие механические и технологические свойства, в них добавляют легирующие элементы - железо, никель, свинец, алюминий – от 2 до 8 %. Такие латуни называют специальными. Наибольшее применение имеют латуни марок Л62, Л68. Они служат для получения листов, предназначенных для изготовления деталей методом глубокой штамповки. Латуни марок Л59, ЛС59-1 применяют для получения катаных и прессованных прутков, из которых изготавливают втулки, гайки, кольца и т.д. Из специальных латуней, за счет высокой коррозионной стойки и хорошим механическим свойствам, получила широкое применение латунь марки Л070-1.

Латуни, содержащие цинка до 39 % - Л96; Л90; Л80; Л68, имеют структуру однородного раствора замещения цинка и меди. Они имеют пространственную решетку куба с центрированными гранями. Такие латуни при изменениях температуры никаких фазовых превращений не имеют. Латуни, содержащие цинка от 39 до 45 %, имеют структуру однородного раствора на базе электронного соединения, пространственная решетка у них –

центрированный куб. К ним принадлежат такие марки, как Л59, Л62. Латуни подвергают рекристаллизационному отжигу при температурах 600-700 °С. Его проводят для снятия наклепа, полученного в процессе холодной деформации.

Бронзами называют сплавы меди с любыми элементами, кроме цинка. В зависимости от химического состава бронзы разделяют на простые - оловянистые и специальные – безоловянистые. Для улучшения качества оловянистых бронз в них вводят свинец (повышает антифрикционные свойства и способствует лучшей обрабатываемости), цинк улучшает литейные свойства, фосфор повышает литейные, механические и антифрикционные свойства оловянистых бронз.

Бронзы, содержащие 22 % олова, практически не применяют, так как они очень хрупки. Бронзы, обрабатываемые давлением, содержат не более 5-6 % олова. Деформируемые оловянистые бронзы БрОФ 6,5-0,15; БрОЦ4-3; БрОЦС4-4-2,5 применяют для изготовления листов, проволоки, лент и прутков.

Литейные оловянистые бронзы БрОФ 10-1, БрОЦ 10-2, БрОЦС НЗ-7-5-1 идут на изготовление различных деталей машин, работающих в условиях морской воды, в условиях пара с добавлением до 2,5 МПа, а также вкладышей подшипников.

Алюминиевые бронзы БрА5, БрА7, БрПМц 9-2 применяют для изготовления лент, полос, трубок. Бронзы БрАЖН10-4-4Л, БрАЖ9-4Л применяют для фасонного литья. Добавки с бронз никеля, железа, марганца повышают ее сопротивление коррозии и улучшают механические свойства, например, бронза БрАЖН 10-4-4 в результате закалки в воде при температуре 920 °С и последующего отпуска при температуре 650 °С имеет прочность при растяжении $\sigma_B = 686$ МПа и твердость НВ 200-250.

Марганцовистая бронза БрМЦ5 сохраняет свои механические свойства при повышенных температурах (400-450 °С) применяют ее для изготовления направляющих втулок, седел, клапанов и др.

Свинцовистая бронза обладает высокими антифрикционными свойствами и применяется для сильно нагруженных подшипников с большими удельными давлениями (например, коренные подшипники турбин).

Бериллиевая бронза БрБ2 после закалки с температурой 820 °С и старения с температурой 300 °С имеет твердость по Бриннелю НВ 400 и предел прочности при растяжении $\sigma = 1176 \div 1274$ МПа. Применяют бериллиевую бронзу для изготовления пружин, мембран, инструментов, не дающих искру.

Алюминиевые сплавы обладают высокими механическими свойствами, небольшим удельным весом и устойчивы против коррозии. Различают две группы алюминиевых сплавов: литейные и деформируемые. Литейные сплавы применяют для изготовления литых деталей путем отливки в земляные и металлические формы. Деформируемые сплавы применяют для изготовления листов, проволоки, фасонных профилей и производства различных деталей путемковки, штамповки и прессования. Наиболее известные алюминиевые сплавы имеют марки АЛ1, АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ7, АЛ8, АЛ9, АЛ11, АЛ12. Большую группу литейных сплавов с основой алюминий-кремний

составляют силумины (АЛ2, АЛ4), которые обладают высокой жидкотекучестью и малой усадкой. Для получения плотной мелкозернистой структуры, а следовательно, и повышенных механических свойств сплавов АЛ2 подвергают модифицированию, т.е. обработке расплавленного силумина металлическим натрием или смесью фтористых солей натрия и калия в количестве около 20 процентов от массы расплавленного сплава. Сплав АЛ4 упрочняют термической обработкой.

Существуют литейные сплавы с основой алюминий – магний (АЛ7, АЛ12). Сплав АЛ12 применяют без термической обработки, а детали из сплава АЛ7 подвергают термической обработке.

Силумин АЛ2 – сплав алюминия с кремнием (10-13 %). Структура немодифицированного силумина АЛ2 состоит из α – твердого раствора кремния в алюминий и эвтектики $\alpha + Si$ грубого строения, в которой кремний находится в виде крупных игл. Структура немодифицированного силумина АЛ2 - мелкозернистая и состоит из первичных дендритов α – твердого раствора (светлый тон) и мелкой (дисперсной) эвтектики $\alpha + Si$ (темный тон).

Деформируемые алюминиевые сплавы разделяют на три группы: сплавы, не упрочняемые термической обработкой, сплавы, упрочняемые термической обработкой; сплавы дляковки и штамповки. К первой группе относят сплавы алюминия с магнием и сплавы алюминия с марганцем АМг, АМц. Они обладают высокой пластичностью, умеренной прочностью. Повышенным сопротивлением коррозии и применяются для изготовления деталей методом высокой штамповки.

Ко второй группе относят сплавы под названием дюралюминиевые Д1, Д3, Д6, Д18 и так далее. Основные компоненты этих сплавов – медь и магний, так как они при термической обработке увеличивают прочность сплава.

К третьей группе сплавов относят сплавы АК2, АК6, легированные, кроме меди и магния, дополнительно никелем, вводимым в небольшом количестве для увеличения вязкости и прочности. Эти сплавы применяют для изготовления поршней авиационных двигателей, лопастей винтов, картеров двигателей и др.

Антифрикционные сплавы. Для уменьшения трения вкладыши подшипников изготавливают из специальных материалов, к которым предъявляют особые требования. Основные из них следующие – это небольшой коэффициент трения с материалом вращающегося вала, микрокапиллярность, т.е. способность удерживать смазку, достаточная прочность, износостойкость и коррозионная стойкость. В качестве подшипниковых сплавов в зависимости от скорости вращения и удельного давления вала применяют:

- 1) баббиты (на оловянной или свинцовой основах) Б83, Б16, БК2 и др. Основные компоненты в оловянных баббитах – это сурьма, медь и олово. А в свинцовистых баббитах – свинец, сурьма, олово и медь;
- 2) бронзы оловянистые БрОСЦ4-4-4, БрОФ6,5-1,5 и свинцовые БрС30 применяются в наиболее нагруженных подшипниках, испытывающие ударные нагрузки;

3) антифрикционные серые чугуны АСЧ1, АВЧ1 применяются при больших удельных давлениях и скоростях до 5 м/с. Пластичной основой в них является феррит, а твердые опорные включения – это цементит и перлит. Имеющиеся в чугуне графитовые включения образуют каналы, удерживающие смазку, и играют роль смазки.

Структура баббитов представляет собой совокупность двух и более фаз, одна из которых (основа) всегда пластичная, вязкая, а другие фазы - твердые. Пластичная структура способна поглощать твердые частицы, попавшие на поверхность, предотвращая тем самым задиры трущихся поверхностей. Структура баббита Б83 имеет фазу – твердый раствор сурьмы в олове (темный цвет) и две фазы, представляющие собой химические соединения SnSb (светлые кристаллы в виде кубиков или треугольников) и Cu₃Sn (светлые мелкие кристаллы в виде звездочек, точек, игл).

Порядок выполнения работы

Указываем в таблице 10.1 химический состав и свойства сплавов.

Таблица 10.1 - Химический состав и свойства латуней ГОСТ 15527-70

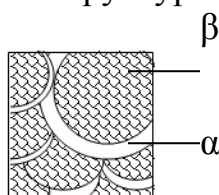
Марка материала	Элементы, %		Механические свойства		
	Медь, Cu	Цинк, Zn	σ_B , МПа	δ , %	НВ
Л70	70	30	250-350	50-55	55
Л59	59	40	400-450	35-40	77

1 Структура Л70



α - твердый раствор Zn на основе Cu.

2 Структура Л59

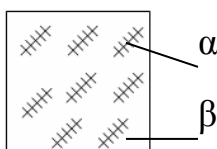


α - твердый раствор Zn на основе Cu
 твердый раствор Cu в Zn.

Таблица 10.2 - Химический состав и механические свойства бронзы ГОСТ 5017-74

Марка материала	Элементы, %				Механические свойства		
	Медь, Cu	Олово, Sn	Цинк, Zn	Свинец Pb	σ_B , МПа	δ , %	НВ
БрОЦС-6-3-3	82	6	3	3	180	4	60

3 Структура бронзы БрОЦС-6-3-3



α - твердый раствор Sn в Cu

β - твердый раствор различных элементов в Cu.

Травление сплавов на медной основе проводят в растворе хлорного железа FeCl₃ в соляной кислоте HCl.

Таблица 10.3 - Химический состав и свойства алюминиевого сплава АЛ-2

Марка материала	Элементы, %					Механические свойства		
	Кремний Si	Магний Mg	Медь Cu	Марганец Mn	Алюминий Al	σ_B , МПа	δ , %	НВ
Д-16	0,5	1,2-1,8	3,8-4,9	0,3-0,9	-	470	17	105

4 Структура алюминиевого деформируемого сплава Д16 – Дюраль



α - твердый раствор на основе Al. Растворимые соединения Cu, Mg, Si.

Травление алюминиевых сплавов производится фтористо-водородной кислотой HF₂ в воде.

Вопросы для самопроверки

- 1 Назвать сплавы на основе меди. Их характеристика, применение.
- 2 Назвать сплавы на основе алюминия. Их свойства, маркировка, применение.

- 3 Какие факторы, влияют на структуру и свойства цветных сплавов?
- 4 Сделать вывод к работе.

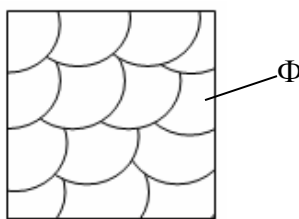
Список использованных источников

- 1 **Журавлев, В.Н.** Машиностроительные стали: справочник/В.Н. Журавлев – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 480с.
- 2 **Журавлева, Л.В.** Электроматериаловедение: учеб. для нач. проф. образования/Л.В. Журавлева – М.: ПрофОбрИздат, 2001. –312с.
- 3 **Лахтин, Ю.М.** Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений/Ю.М. Лахтин – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 528с.
- 4 **Кнорозов, Б.В.** Технология металлов и материаловедение: учеб. пособие для студентов/Б.В. Кнорозов – М.: Металлургия, 1987. – 800с.
- 5 **Кузьмин, Б.А.** Металлургия, металловедение и конструкционные материалы/Б.А. Кузьмин. – М.: «Высшая школа», 1972. – 304с.
- 6 **Сидорин, И.И.** Основы материаловедения: учебник для вузов/И.И. Сидорин; под ред. И.И. Сидорина. - М.: Машиностроение, 1990. – 436с.

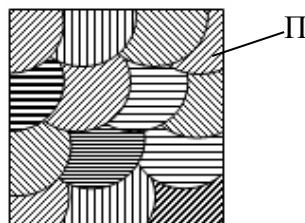
7 Электротехнические и конструкционные материалы: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования /В.А. Филиков [и др.]; под ред. В.А. Филикова. – М.: Мастерство: Высшая школа, 2000. –280с.

Приложение А (справочное)

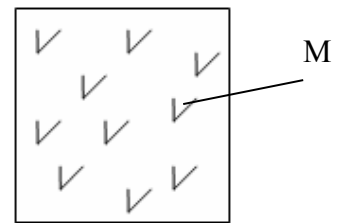
Условное обозначение структурных составляющих



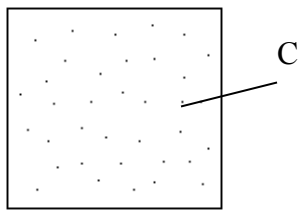
Феррит



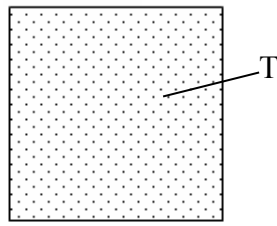
Перлит



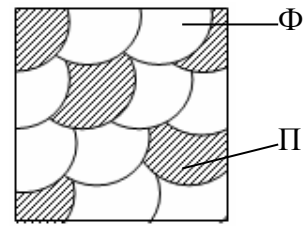
Мартенсит



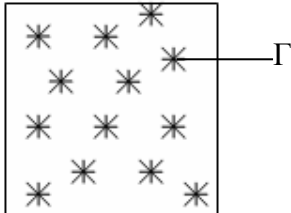
Сорбит



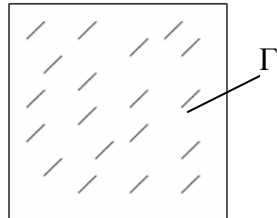
Троостит



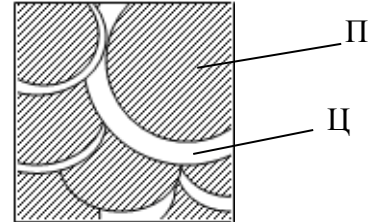
Ферритно-перлитная смесь



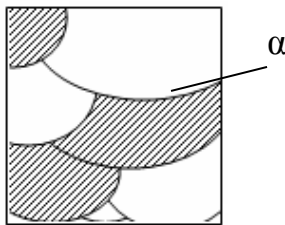
Графит
хлопьевидный



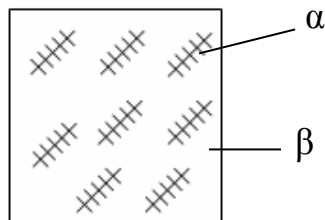
Графит
нитевидный



Перлит+цементит



Латунь Л70



Бронза
БрОЦС-6-3-3

Приложение Б (справочное)

Таблица Б.1 – Соотношение чисел твердости

Дш 10 мм	Твердость					Дш 10мм	Твердость				
	По Бринел лю	По Роквеллу		шарик	По Викерсу		По Бринел лю	По Роквеллу		шарик	По Викерсу
	P=30000 Н	P=600 Н	P=1500 Н	P=1000 Н	Алм. пирамида		P=30000 Н	P=600 Н	P=1500 Н	P=1000 Н	Алм. пирамида
d ₀ мм	HB	HRA	HRC _s	HRB	HV	d ₀ мм	HB	HRA	HRC _s	HRB	HV
2,20	782	89	72	-	1220	4,10	217	61	20	97	217

2,25	744	87	69	-	1114	4,15	212	60	19	96	212
2,30	713	85	67	-	1021	4,20	207	60	18	95	207
2,35	683	84	65	-	940	4,25	201	59	17	94	201
2,40	652	83	63	-	867	4,30	197	58	-	93	197
2,45	627	82	61	-	803	4,35	192	58	-	92	192
2,50	600	81	59	-	746	4,40	187	57	-	91	187
2,55	578	80	58	-	694	4,45	183	56	-	89	183
2,60	555	79	56	-	649	4,50	179	56	-	88	179
2,65	532	78	54	-	606	4,55	174	55	-	87	174
2,70	512	77	52	-	587	4,60	170	55	-	86	170
2,75	494	77	51	-	551	4,65	167	54	-	85	167
2,80	477	76	49	-	534	4,70	163	53	-	84	163
2,85	460	75	48	-	502	4,75	159	53	-	83	159
2,90	444	74	47	-	474	4,80	156	52	-	82	156
2,95	429	73	45	-	460	4,85	149	-	-	80	149
3,00	415	72	44	-	435	4,90	146	-	-	79	146
3,05	401	72	43	-	423	4,95	143	-	-	78	143
3,10	388	71	41	-	401	5,00	140	-	-	77	140
3,15	375	71	40	-	390	5,05	137	-	-	75	137
3,20	363	70	39	-	380	5,10	134	-	-	74	134
3,25	352	69	38	-	361	5,15	131	-	-	73	131
3,30	341	69	37	-	344	5,20	128	-	-	72	128
3,35	331	68	36	-	334	5,25	126	-	-	71	126
3,40	321	68	35	-	328	5,30	121	-	-	68	121
3,45	311	67	34	-	317	5,40	118	-	-	67	118
3,50	302	67	33	-	307	5,45	116	-	-	65	116
3,55	293	66	31	-	299	5,50	114	-	-	64	114
3,60	285	66	30	-	288	5,55	111	-	-	63	111
3,65	277	65	29	-	280	5,60	109	-	-	61	109
3,70	269	65	28	-	271	5,65	107	-	-	60	107
3,75	262	64	27	-	269	5,70	175	-	-	58	175
3,80	255	64	26	-	255	5,75	103	-	-	57	103
3,85	248	63	25	-	248	5,80	101	-	-	56	101
3,90	241	63	24	-	241	5,85	99,2	-	-	55	99,2
3,95	235	62	23	99	235	5,90	97,3	-	-	53	97,3
4,00	229	62	22	98	229	5,95	95,5	-	-	51	95,5
4,05	223	61	21	97	223	6,00	93,5	-	-	50	93,5