

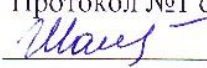
Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нестерова Людмила Викторовна
Должность: Директор филиала Инди (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»
Дата подписания: 26.03.2023 22:38:37
Уникальный программный ключ:
381fbe5f0c4ccc6e500e8bc981c25bb218288e83


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Индустриальный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Югорский государственный университет»
(Инди (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»)

**Методические указания
по выполнению практических и лабораторных работ
по дисциплине ОП.04 Материаловедение**

15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования
(по отраслям)

РАССМОТРЕНО:
Предметной цикловой
Комиссией специальных технических
дисциплин
Протокол №1 от 09.09.2021
 Шарипова И.А.

СОГЛАСОВАНО:
заседанием Methodsoveta
протокол №1 от 16.09.2021
Председатель Methodsoveta
 Н.И. Савватеева

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ по учебной дисциплине ОП.04. «Материаловедение» разработаны в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 15.02.01 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)»

Разработал Шашко М.В. – преподаватель ИндиИ (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Югорский государственный университет».

Содержание	Стр.
Пояснительная записка	4
Рекомендации к оформлению отчета по выполнению лабораторной и практической работы	4
Критерии оценки работ	5
Перечень лабораторных работ	5
Перечень практических работ	5
Лабораторная работа №1. Определение механических свойств (испытание на растяжение).	6
Лабораторная работа №2. Определение твердости образца материала методами Роквелла и Бринелля.	9
Лабораторная работа №3. Изучение структуры стали после термической обработки	14
Практическая работа №1. Выбор марки конструкционной углеродистой стали для изготовления заданной детали в зависимости от условий эксплуатации.	16
Практическая работа №2. Выбор марки легированной стали для изготовления заданной детали в зависимости от условий эксплуатации	18
Практическая работа №3. Изучение классификации конструкционных материалов, определение их марок и области применения.	20
Практическая работа №4. Определение вида конструкционных материалов.	23
Практическая работа № 5. Выбор состава сплавов для изготовления детали, работающих в условиях интенсивного износа.	27
Практическая работа №6. Подбор материалов для режущих инструментов, предназначенных для обработки поверхностей с заданными свойствами.	29
Практическая работа № 7. Расчет режимов резанья для различных видов работ.	32
Приложение №1	35
Приложение №2	40
Список литературы	41

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ по дисциплине материаловедение 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям), (далее Методические указания) составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины Материаловедение

Целью методических указаний является:

- организация самостоятельной работы студентов на практических и лабораторных занятиях;
- закрепление и углубление теоретических знаний;
- приобретение навыков работы с литературными источниками.

В методических указаниях представлен перечень практических и лабораторных работ с указанием номера темы, по которой данная работа выполняется и количество часов, отведенных на выполнение каждой работы.

Даны рекомендации по оформлению работ, указан порядок выполнения и список литературы, необходимой при подготовке и выполнении практической и лабораторной работы студентами.

Практические и лабораторные работы проводятся в соответствии с календарно - тематическим планированием по данной дисциплине и выполняются во время практических занятий.

Практические и лабораторные работы проводятся студентами в парах. Невыполненные по причине пропусков практические и лабораторные работы выполняются студентом самостоятельно и сдаются на проверку преподавателю в установленные сроки.

Результаты выполнения практических и лабораторных заданий выставляются преподавателем в журнал учебных занятий.

В дальнейшем, при изменении Федеральных государственных образовательных стандартов, в методические указания могут вноситься изменения

Рекомендации к оформлению отчета по выполнению лабораторных и практических работ

- Оформление отчетов по выполнению практических работ осуществляется в тетради по материаловедению для практических и лабораторных работ.
- От предыдущей работы отступают 3-4 клетки и записывают дату проведения. В центре следующей строки записывают номер практической работы. Далее, каждый раз с новой строки записывают тему и цель работы.
- Рисунки должны иметь размер не меньше, чем 6×6 см. и обозначения составных частей.
- Рисунки должны располагаться на левой стороне тетрадного листа, подписи к рисункам — под рисунком.
- Таблицы заполняются четко и аккуратно. Таблица должна занимать всю ширину тетрадной страницы.
- Схемы должны быть крупными и четкими, выполненными простым карандашом (допускается использование цветных карандашей), содержать только главные, наиболее характерные особенности, детали.
- Ответы на вопросы должны быть аргументированы и изложены своими словами.
- В конце каждой работы записывается вывод по итогам выполненной работы (вывод формулируется исходя из цели работы).

Критерии оценки работ

- Наличие описания цели, задач выполняемой работы, хода работы и запись краткой формулировки вывода по выполненной работе (удовлетворительно);

- Наличие описания цели, задач выполняемой работы, хода работы и развернутая и достаточно полная формулировка вывода по выполненной работе (хорошо);
- Наличие описания цели, задач выполняемой работы, хода работы, развернутая и достаточно полная формулировка вывода по данной работе и выполнение дополнительного задания (отлично).

Перечень лабораторных работ

№ п\п	Наименование лабораторных работ
1	Определение механических свойств (испытание на растяжение).
2	Определение твердости образца материала методами Роквелла и Бринелля.
3	Изучение структуры стали после термической обработки

Перечень практических работ

№ п/п	Наименование практических работ
1	Практическая работа №1. Выбор марки конструкционной углеродистой стали для изготовления заданной детали в зависимости от условий эксплуатации
2	Выбор марки легированной стали для изготовления заданной детали в зависимости от условий эксплуатации
3	Изучение классификации конструкционных материалов, определение их марок и области применения.
4	Определение вида конструкционных материалов.
5	Выбор состава сплавов для изготовления детали, работающих в условиях интенсивного износа.
6	Подбор материалов для режущих инструментов, предназначенных для обработки поверхностей с заданными свойствами.
7	Расчет режимов резанья для различных видов работ.

Лабораторная работа №1 Определение механических свойств (испытание на растяжение).

Цель работы: Ознакомиться с проведением испытания на растяжение и определением показателей прочности и пластичности.

Приборы и материалы: Диаграммы растяжения малоуглеродистых сталей.

Теоретический материал

Испытание на растяжение является наиболее распространённым видом испытания материалов, так как при нем наиболее ярко выявляются характеристики прочности и пластичности материалов. При определении качества материала, выпускаемого металлургической промышленностью, одним из основных видов испытания также принято испытание на растяжение.

При статических испытаниях на растяжение определяют следующие механические характеристики материалов:

Предел пропорциональности. $\sigma_{пц}$ - наибольшее напряжение, для которого справедлив закон Гука.

Предел упругости. $\sigma_{у}$ - наибольшее напряжение, при котором в образце не возникает остаточных деформаций.

Предел текучести. $\sigma_{т}$ - напряжение при котором происходит рост пластической деформации без заметного увеличения нагрузки.

Предел прочности. $\sigma_{пч}$ - наибольшее условное напряжение, которое определяется делением максимальной нагрузки, выдержанной образцом до разрушения, на первоначальную площадь его поперечного сечения.

Относительное остаточное удлинение при разрыве. σ – величина характеризующая пластичность материала. Она определяется отношением остаточного удлинения образца к его первоначальной длине.

Относительное остаточное сужение. ψ -величина, так же характеризующая пластичность материала. Она определяется отношением изменения площади поперечного сечения образца в месте разрыва к первоначальной площади поперечного сечения.

Машина для испытания.

Для проведения испытаний на растяжение можно использовать универсальную испытательную машину УММ-5, испытательную машину Р-5, пресс Гагарина, испытательные машины ИМ-4Р, ИМ-12А, или ИМ-4А, а также универсальную гидравлическую машину УММ-20 или другие испытательные машины с механическим или гидравлическим приводом, имеющие диаграммный аппарат для регистрации результатов испытаний.

Формулы определения прочности: Предел текучести $\delta_{т} = \frac{F_{т}}{A_0}$

Временное сопротивление $\delta_{в} = \frac{F_{max}}{A_0}$

Относительное удлинение $\sigma = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$

Истинное сопротивление разрыву $\delta_{ист} = \frac{F_{max}}{A_1}$;

Относительное сужение $\psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0}$

Задание

1. Изобразите диаграмму растяжения образца из малоуглеродистой стали (Ст.3). Покажите полные, упругие и остаточные абсолютные деформации при нагружении силой, большей, чем F_T . На каком участке образца происходят основные деформации удлинения? Какие нагрузки фиксируются в этот момент?
2. Выделите на диаграмме растяжения образца из мягкой стали упругую часть его полного удлинения для момента действия максимальной силы.
3. Определить относительное удлинение δ и марку конструкционной стали (ГОСТ 1050-88) если при испытании стандартного образца из этой стали (рис 1) на разрыв его начального размера составляли:

№ варианта	Начальный диаметр d_0	Начальная длина l_0
1	10	100
2	12	110
3	13	112
4	14	113
5	15	114

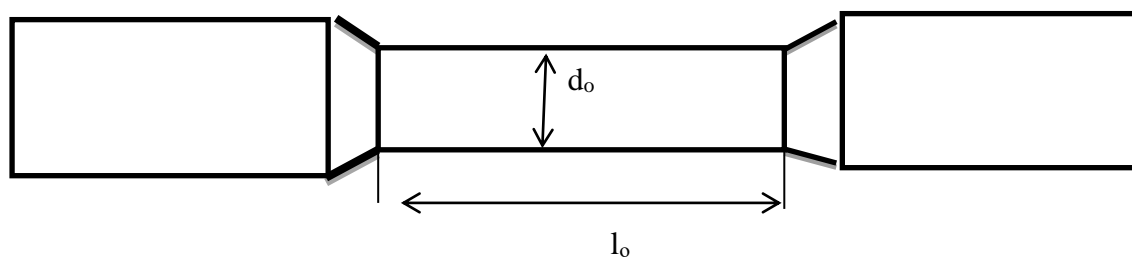


Рис 1 Образец для испытаний

Контрольные вопросы

1. Перечислите механические характеристики, определяемые в результате испытаний материала на растяжение. Укажите характеристики прочности и пластичности.
2. Дайте определение предела пропорциональности.
3. Дайте определение предела упругости.
4. Дайте определение предела текучести.
5. Дайте определение предела прочности.
6. Как определить предел текучести при отсутствии площадки текучести?
7. Как определяется остаточная деформация после разрушения образца?
8. Какое явление называется наклепом? До какого предела можно довести предел пропорциональности материалов с помощью наклепа?
9. Как определяется работа, затраченная на разрушение образца? О каком свойстве материала можно судить по удельной работе, затраченной на разрушение образца?
10. Как определить марку стали и допускаемые напряжения для нее после проведения лабораторных испытаний?
11. Чем отличается диаграмма истинных напряжений при растяжении от условной диаграммы?
12. Можно ли определить модуль упругости материала по диаграмме напряжений?
13. Как определить работу, затрачиваемую на деформации текучести лабораторного образца

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Диаграмма растяжения
4. Расчет основных характеристик прочности и пластичности.

Рекомендуемая литература: ОИ1;ОИ3.

Лабораторная работа N2 Определение твердости образца материалов методами Роквелла и Бринелля

Цель работы: Измерение твердости металлов и сплавов, ознакомление с методами определения твердости и приобретение навыков в работе с приборами типа Бринелль

Теоретический материал

Твердость – это сопротивление материала проникновению в его поверхность стандартного тела (индентора), не деформирующегося при испытании.

Широкое распространение объясняется тем, что не требуются специальные образцы.

Это неразрушающий метод контроля. Основным методом оценки качества термической обработке изделия. О твердости судят либо по глубине проникновения индентора (метод Роквелла), либо по величине отпечатка от вдавливания (методы Бринелля, Виккерса, микротвердости).

Во всех случаях происходит пластическая деформация материала. Чем больше сопротивление материала пластической деформации, тем выше твердость.

Наибольшее распространение получили методы Бринелля, Роквелла, Виккерса и микротвердости. Схемы испытаний представлены на рис.1.

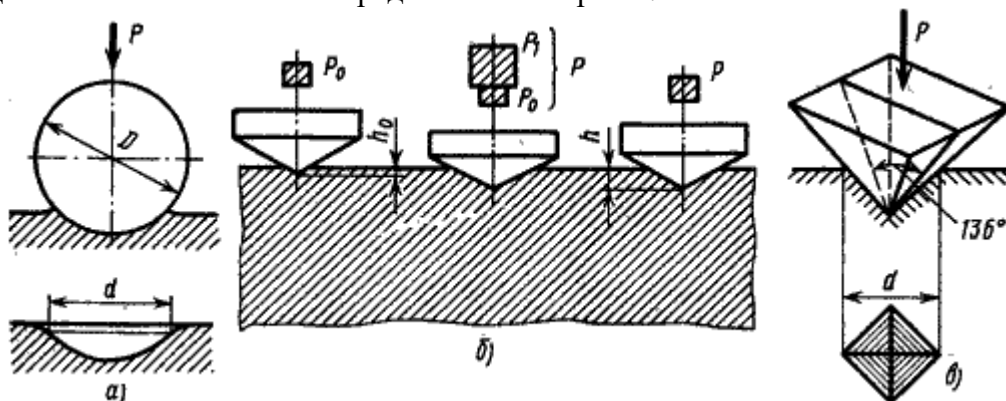


Рис. 1. Схемы определения твердости: а – по Бринеллю; б – по Роквеллу; в – по Виккерсу

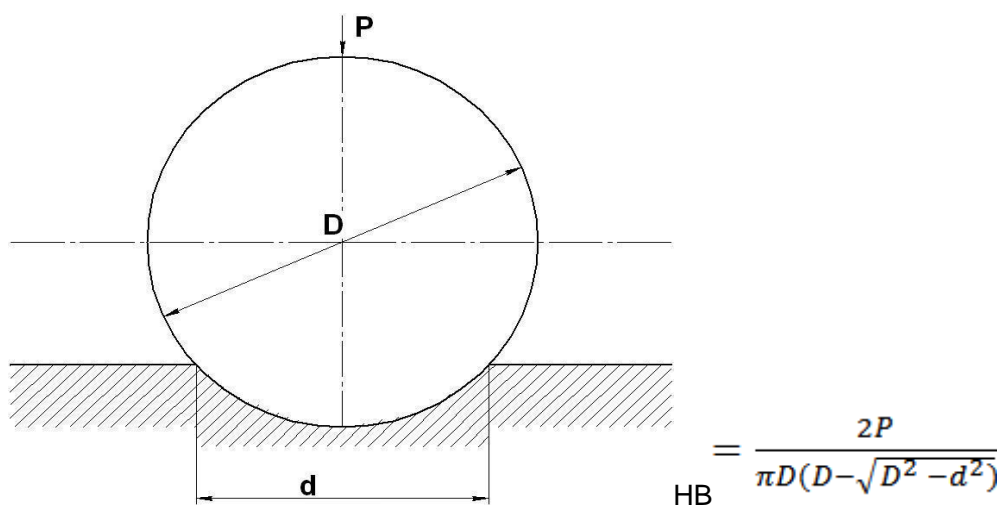
Задание

1. Описать методику определения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу.
2. Привести схемы испытаний на твердость различными способами.
3. Привести расчёт определения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу.
4. Перевести твердость по Бринеллю в твердость по Роквеллу и Виккерсу.
5. Рассчитать твердость по Бринеллю по вариантам

Индивидуальное задание

Вариант №1

1. Рассчитать твердость по Бринеллю, Н/мм²
 Схема испытаний образцов на твердость по Бринеллю



где P- усилие, Н;
 d – диаметр отпечатка, мм;
 D – диаметр шарика, мм

Данные для расчетов:

Толщина образца, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка для материалов P, Н		
		Сталь, чугун	Цветные металлы	Алюминий, баббит
	2,5	1875	625	156
от 3 до 6	5	7500	2500	625
6	10	30000	10000	2500

Рассчитать глубину отпечатка мм и заполнить таблицу

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

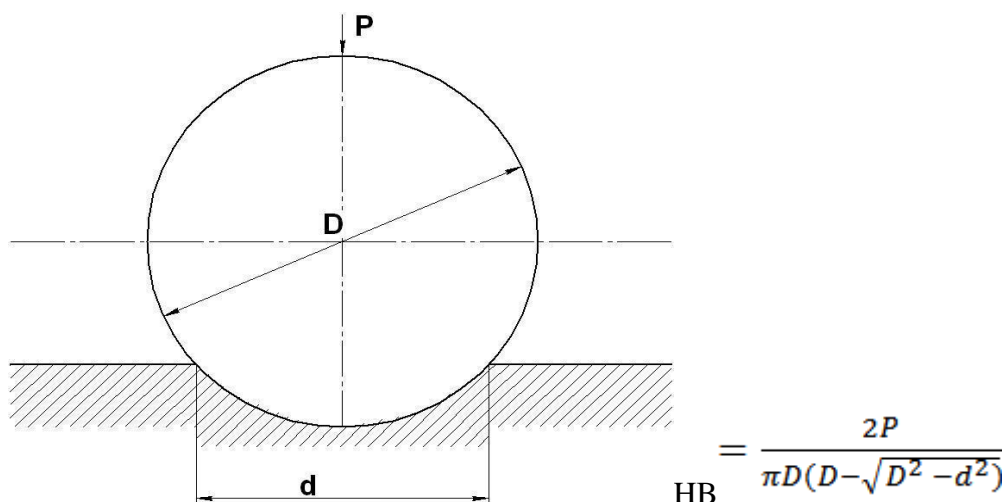
№ отпечатков	Первое измерение	Второе измерение	Среднее значение	Глубина отпечатка	Число твердости (сталь, чугун)	Число твердости (цветные металлы)	Число твердости (алюминий, баббит)
	d ₁ , мм	d ₂ , мм	d _{ср} , мм	h, мм	Н/мм ²	Н/мм ²	Н/мм ²
1	1,86	1,88					
2	4,25	4,21					
3	8,66	8,65					

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость?
2. Единицы измерения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу
3. Сущность метода Бринелля
4. Сущность метода Роквелла
5. Сущность метода Виккерса
6. Расшифруйте запись: 311HB, 287HV, 52HRC

Вариант №2

1. Рассчитать твердость по Бринеллю, Н/мм²
Схема испытаний образцов на твердость по Бринеллю



где P- усилие, Н;
d – диаметр отпечатка, мм;
D – диаметр шарика, мм

Данные для расчетов:

Толщина образца, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка для материалов P, Н		
		Сталь, чугун	Цветные металлы	Алюминий, баббит
	2,5	1839	613	153
от 3 до 6	5	7355	2452	613
6	10	29420	9807	2452

Рассчитать глубину отпечатка мм и заполнить таблицу

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

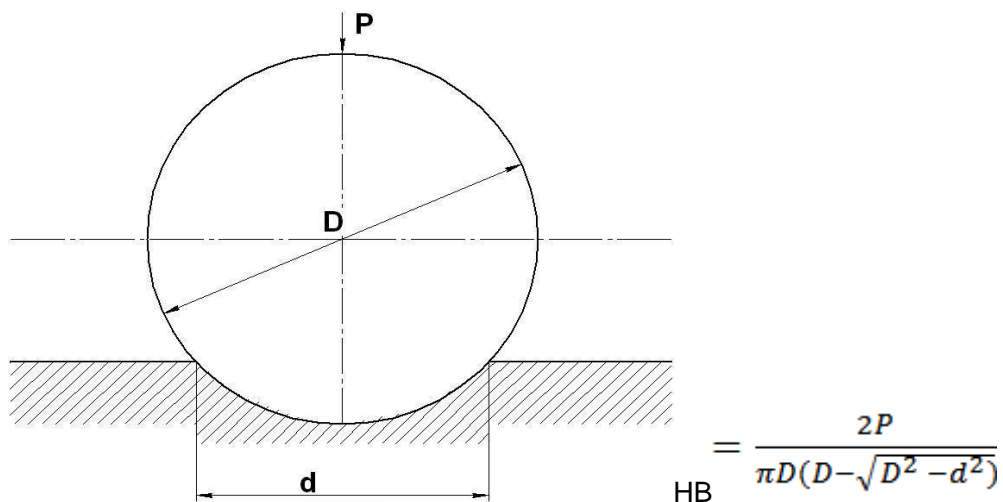
№ отпечатков	Первое измерение	Второе измерение	Среднее значение	Глубина отпечатка	Число твердости (сталь, чугун)	Число твердости (цветные металлы)	Число твердости (алюминий, баббит)
	d ₁ , мм	d ₂ , мм	d _{ср} , мм	h, мм	Н/мм ²	Н/мм ²	Н/мм ²
1	1,86	1,88					
2	4,25	4,21					
3	8,66	8,65					

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость?
2. Единицы измерения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу
3. Сущность метода Бринелля
4. Сущность метода Роквелла
5. Сущность метода Виккерса
6. Расшифруйте запись: 255HB, 404HV, 21HRC

Вариант №3

1. Рассчитать твердость по Бринеллю, Н/мм²
 Схема испытаний образцов на твердость по Бринеллю



где P- усилие, Н;
d – диаметр отпечатка, мм;
D – диаметр шарика, мм

Данные для расчетов:

Толщина образца, мм	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка для материалов Р, Н		
		Сталь, чугун	Цветные металлы	Алюминий, баббит
от 2 до 3	1,0	300	100	25
	2,0	1200	400	100
	2,5	1875	625	156

1. Рассчитать глубину отпечатка мм и заполнить таблицу

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$$

№ отпечатков	Первое измерение	Второе измерение	Среднее значение	Глубина отпечатка	Число твердости (сталь, чугун)	Число твердости (цветные металлы)	Число твердости (алюминий, баббит)
	d ₁ , мм	d ₂ , мм	d _{ср} , мм	h, мм	Н/мм ²	Н/мм ²	Н/мм ²
1	0,84	0,86					
2	1,25	1,22					
3	2,12	2,08					

Контрольные вопросы

1. Что такое твердость?
2. Единицы измерения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу
3. Сущность метода Бринелля
4. Сущность метода Роквелла
5. Сущность метода Виккерса
6. Расшифруйте запись: 192НВ, 212НВ, 30НРС

Порядок оформления отчета

1. Цель работы и задания по ее выполнению.
2. Краткие сведения по методике выполнения работы.
3. Таблица с расчетами твердости сталей.

Тема 2.1. Термическая обработка сталей.

Лабораторная работа №3 Изучение структуры стали после термической обработки

Цель работы: изучить влияние различных видов термической и химико-термической обработки на микроструктуру и свойства сталей.

Приборы и материалы: фотографии микроструктур после термической и химико-термической обработки сталей.

Теоретический материал

Различают следующие виды термической обработки:

1. Отжиг I рода – возможен для любых металлов и сплавов.

Его проведение не обусловлено фазовыми превращениями в твердом состоянии.

Нагрев, при отжиге первого рода, повышая подвижность атомов, частично или полностью устраняет химическую неоднородность, уменьшает внутреннее напряжения.

Основное значение имеет температура нагрева и время выдержки. Характерным является медленное охлаждение

Разновидностями отжига первого рода являются:

- диффузионный;
- рекристаллизационный;
- отжиг для снятия напряжения послековки, сварки, литья.

2. *Отжиг II рода* – отжиг металлов и сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве и охлаждении.

3. *Закалка* – проводится для сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии при нагреве и охлаждении, с целью повышения твердости и прочности путем образования неравновесных структур (сорбит, троостит, мартенсит).

4. *Отпуск* – проводится с целью снятия внутренних напряжений, снижения твердости и увеличения пластичности и вязкости закаленных сталей.

Структуры стали после охлаждения

Бейнит представляет собой двухфазную структуру из несколько перенасыщенного твердого раствора углерода в α -железе с искаженной кристаллической решеткой ОЦК и дисперсных кристаллов карбидов. Он характеризуется высокой твердостью HRC 38...46 и прочностью.

Мартенсит является перенасыщенным твердым раствором внедрения углерода в искаженной кристаллической решетке железа ОЦК.

В машиностроении получили наибольшее применение следующие виды химико-термической обработки:

Цементация - поверхностное насыщение углеродом обычно в газовой науглероживающей среде при температуре 920...950 °С в течении 8...10 часов. После цементации детали подвергаются закалке от температуры 800...840 °С и низкому отпуску при 160...200 °С.

Нитроцементация - поверхностное насыщение одновременно углеродом и азотом в газовой среде при температуре 840...860 °С с выдержкой 4...8 часов. После завершения выдержки проводят закалку деталей и низкий отпуск при температуре 160...180 °С.

Азотирование – насыщение поверхностного слоя азотом в газовой среде диссоциированного аммиака при температуре 500...520 °С в течение 25...50 часов.

Задание

1. Изучить микроструктуру конструкционных сталей после различных видов термической и химико – термической обработки.
2. Зарисовать микроструктуру стали
3. Результаты оформить в виде таблицы №1

Таблица

№	Наименование и марка стали	Термическая обработка	Микроструктура стали	
			зарисовка	наименование

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Оборудование, приборы и материалы, использованные при выполнении работы.
3. Теоретические положения: понятия о перлитном, бейнитном и мартенситном фазовых превращениях; характеристики перлита, сорбита, троостита, бейнита и мартенсита. Характеристики структуры после отпуска закаленной стали при разных температурах. Понятие о цементации, нитроцементации и азотировании. Зарисовки диаграммы состояния железо-углерод и диаграммы изотермического превращения переохлажденного аустенита доэвтектоидной углеродистой стали.
4. Зарисовки схем микроструктур стали после наиболее характерных разновидностей термической обработки (образцы 20, 21, 22, 24, 25, 27, 29-1, 29-2, 32), наименование и марка стали, вид термической обработки, составляющие структуры.

Контрольные вопросы.

1. Какие фазовые превращения происходят при нагреве доэвтектоидных сталей до температур образования аустенита?
2. Какие три фазовые превращения происходят при распаде переохлажденного аустенита?
3. Что представляют собой перлитное, бейнитное и мартенситное превращения?
4. Какая разновидность мартенсита образуется в конструкционной стали?
5. Какие структурные изменения происходят при повышении температуры отпуска закаленных сталей?
6. Что представляют собой перлит, сорбит, троостит, бейнит, мартенсит?
7. Что представляют собой отпущенный мартенсит, троостит отпуска, сорбит отпуска?
8. В чем заключается химико-термическая обработка материалов?
9. Какие основные разновидности химико-термической обработки применяются в машиностроении?
10. Какую микроструктуру имеет поверхностный слой после цементации?
11. Какую микроструктуру имеет поверхностный слой после цементации, закалки и низкого отпуска?

Рекомендуемая литература: ОИ1;ОИ3

Тема 3.1.Классификация углеродистой стали и область применения.

Практическая работа.№1.Выбор марки конструкционной углеродистой стали для изготовления заданной детали в зависимости от условий эксплуатации.

Цель работы: Изучить принципы выбора марки конструкционной углеродистой стали для изготовления заданной детали в зависимости от условий эксплуатации.
Научиться пользоваться справочной литературой

Задание: На вал машины диаметром 40 мм действуют напряжения кручения и изгиба. Предел текучести материала в середине детали должен быть $\sigma_{0,2} \geq 800$ МПа.

Требуется:

1. Обосновать выбор упрочняющей термической обработки детали.
2. Обосновать выбор группы и марки стали.
3. Обосновать условия и режим термообработки.
4. Выбрать нагревательное устройство.
5. Составить технологическую маршрутную карту обработки детали.

Пример решения:

Исходя из условий задачи видно, что на деталь действуют напряжения изгиба и кручения, т.е. деталь находится в сложнапряженном состоянии. Принимаем объемное упрочнение и назначаем термическую обработку, состоящую из полной закалки и высокого отпуска.

Используем группу улучшаемых конструкционных сталей, у которых прокаливаемость при закалке не менее 40 мм. Исходя из заданных численных значений предела текучести $\sigma_{0,2} \geq 800$ МПа, принимаем группу стали для высоконагруженных деталей машин. Предварительно выбираем хромоникелевую сталь марки 40ХН. Проверка по справочным данным показала, что использование стали 40ХН при $d = 40$ мм обеспечивает $\sigma_{0,2} \geq 800$ МПа. После проведенного анализа назначаем окончательно марку стали 40ХН и операции упрочняющей термической обработки, включающие полную закалку и высокий отпуск.

Назначаем *режимы термической обработки.*

Режим закалки:

Температура нагрева:

$$t_{\text{нагр}} = t_{\text{Ac3}} + (30 \dots 50) = 820 + (30 \dots 50) = 850 \dots 870 \text{ } ^\circ\text{C};$$

время нагрева и выдержки для размера сечения 40 мм составляет при норме 1 мин./мм:

$$1 \text{ мин./мм} \times 40 \text{ мм} = 40 \text{ мин};$$

Охлаждающая среда – минеральное масло.

Режим отпуска:

По справочным материалам для стали 40ХН с целью обеспечения $\sigma_{0,2} \geq 800$ МПа назначаем температуру отпуска $550 \text{ } ^\circ\text{C}$. В качестве *нагревательных устройств* принимаем:

Закалка: камерная печь серии СНО с электрическим нагревом и воздушной атмосферой типа СНО-4.8.2,5/10, $t_{\text{max}}=1000 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Отпуск: шахтная печь серии ПН с электронагревом и воздушной атмосферой типа ПН-32, $t_{\text{max}}=650 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Составим технологическую маршрутную карту на операции термообработки.

Маршрутная карта термической обработки

Разраб.	Коробова Н.В.		
Согл.		НГТУ	
Утв.	Сорокин В.К.	Вал	
МО1	Сталь 40ХН ГОСТ4543-71	$\sigma_{0,2} = 800$ МПа, d=40 мм	
МО2			
А 03	Закалка полная		
Б 04	Электродпечь СНО-4.8.2,5/10		
О 05	Закалить деталь		
Т 06	Поддон		
07			
А 08	Отпуск высокотемпературный		
Б 09	Электродпечь ПН-32		
О 10	Отпустить деталь		
Т 11	Корзинка, подвеска		
12			
13			
14			
15			
МК			

Содержание отчета

В отчете приводятся:

1. Цель работы и задания по ее выполнению.
2. Краткие сведения по методике выполнения работы.
3. Технологическая маршрутная карта на операции термической обработки.
5. Выводы о выборе термической обработки.

Рекомендуемая литература: ОИ1,ОИ3

Тема 3.2 Классификация легированной стали и область применения.

Практическая работа №2. Выбор марки легированной стали для изготовления заданной детали в зависимости от условий эксплуатации.

Цель работы: Изучить принцип выбора марки стали в зависимости от условий эксплуатации. Научиться работать со справочной литературой.

Задание

Выбрать марку стали, вид и режим термической обработки для зубчатых колес диаметром 60 мм коробки перемены передач. Твердость поверхности зубьев должна быть не менее HRC 58; толщина поверхностного твердого слоя 0,8...1,0 мм.

Предел текучести в сердцевине должен быть не менее 600 МПа.

Требуется: обосновать выбор марки стали, упрочняющей термической обработки. Назначить режимы проведения обработки, нагревательные устройства. Составить технологическую маршрутную карту термической обработки детали.

Решение: В соответствии с заданием выбираем поверхностное упрочнение: цементация, закалка и низкий отпуск. Типовая глубина упрочняемого слоя в данном случае составит 1,5...1,8 мм, что удовлетворяет заданным условиям. Выбираем сталь марки 20X.

Упрочнение детали осуществляется проведением цементации, закалки и низкого отпуска. В соответствии со справочными данными это позволяет получить для стали 20X предел текучести $\sigma_{0,2} = 700$ МПа.

Принимаем на основе анализа цементуемую сталь 20X.

Назначение режимов термообработки.

Режим цементации:

Температура нагрева – 930 °С; время цементации составит 9 часов; науглероживающая среда – эндогаз.

Режим закалки:

Температура нагрева – 850 °С; среда охлаждения – минеральное масло.

Режим отпуска:

Закаленные детали подвергают отпуску при 160...180 °С в течение 1 часа.

Выбор нагревательных устройств.

1. Цементация.

Шахтная печь Ц-105. Вид нагрева – электрический. Атмосфера – науглероживающая. Максимальная температура 950 °С.

2. Закалка.

Камерная печь СНО-4.8.2,5/10. Вид нагрева – электрический. Атмосфера – воздушная. Максимальная температура 1000 °С.

3. Отпуск.

Шахтная печь ПН-32. Вид нагрева – электрический. Атмосфера – воздушная. Максимальная температура 650 °С.

Составляем технологическую маршрутную карту на операции цементации и термической обработки цементованных деталей.

Маршрутная карта термической обработки

Таблица 1

Разраб.	Сдобняков Е.В.	НГТУ	
Согл.			
Утв.	Сорокин В.К.	Зубчатое колесо	
МО1	Сталь 20Х ГОСТ4543	Диаметр 60 мм $\sigma_{0,2} = 800$ МПа,	
МО2			
А 03	Цементация		
Б 04	Шахтная печь Ц-105		
О 05	Цементировать деталь		
Т 06	Корзинка, подвеска		
07			
А 08	Закалка		
Б 09	Электрод печь СНО-4.8.2,5/10		
О 10	Закалить деталь		
Т 11	Поддон		
12			
А 13	Отпуск высокотемпературный		
Б 14	Электрод печь ПН-32		
О 15	Отпустить деталь		
МК			

Содержание отчета

1. Цель работы и задания по ее выполнению.
2. Краткие сведения по методике выполнения работы.
3. Технологическая маршрутная карта на операции термической обработки.
4. Выводы о выборе термической обработки.

Рекомендуемая литература: ОИ1,ОИЗ

Тема 3.3.Классификация чугунов и область применения

Практическая работа №3. Изучение классификации конструкционных материалов, определение их марок и области применения.

Цель: Изучить классификацию конструкционных материалов определение марок и области применения

Теоретический материал Маркировка стали

Стали обыкновенного качества обозначают буквами "Ст" и условным номером марки (от 0 до 6) .Буква "Г" после номера марки указывает на повышенное содержание марганца в стали. Перед маркой указывают группу стали, причем группа "А" в обозначении марки стали не ставится.

Например: БСт0 - углеродистая сталь обыкновенного качества, номер марки 0, группы «Б», первой категории (стали марок Ст0 и БСт0 по степени раскисления не разделяют);

Ст3кп2 - углеродистая сталь обыкновенного качества, кипящая, номер марки 3, второй категории, поставляется потребителям по механическим свойствам (группа «А»);

ВСт4Г - углеродистая сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием марганца, спокойная, номер марки 4, первой категории с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа «В»).

Качественные углеродистые стали маркируют следующим образом: В начале марки указывают содержание углерода в сотых долях процента (цифра соответствует его средней концентрации) для сталей конструкционных: 10кп – сталь углеродистая качественная, кипящая, содержит 0,1% углерода; 80 - сталь углеродистая качественная, спокойная, содержит 0,8% углерода;

Инструментальные стали: углерод указывается в десятых долях процента для инструментальных сталей, которые дополнительно снабжаются буквой "У"

У7 – углеродистая инструментальная, качественная сталь, содержащая 0,7% углерода, спокойная (все инструментальные стали хорошо раскислены);

У10 - углеродистая инструментальная, качественная сталь, спокойная содержит 1,0% углерода;

В основу маркировки **качественных легированных сталей** положена буквенно-цифровая система (ГОСТ 4543-71).

Легировующие элементы, входящие в состав стали, обозначают русскими буквами:

А – азот	К – кобальт	Т – титан
Б – ниобий	М – молибден	Ф- ванадий
В – вольфрам	Н – никель	Х – хром
Г – марганец	П – фосфор	Ц – цирконий
Д – медь	Р – бор	Ч – редкоземельные металлы
Е – селен	С – кремний	Ю – алюминий

Количество углерода, как и при обозначениях углеродистых сталей указывается в сотых долях процента цифрой, стоящей в начале обозначения; количество легировующего элемента указывается цифрой, стоящей после соответствующего индекса. Отсутствие цифры после индекса элемента указывает на то, что его содержание 0,8-1,5%, за исключением

молибдена и ванадия (содержание которых в солях обычно до 0,2-0,3%), а также бора (в стали с буквой Р его должно быть не менее 0,0010%).

Например:

09Г2С – качественная низколегированная сталь, спокойная, содержит приблизительно 0,09% углерода, до 2,0% марганца и около 1,5% кремния;

18ХЗН4М4 – качественная высоколегированная сталь, спокойная содержит 0,18% углерода, 3,0% хрома, 4,0% никеля, 4,0% молибдена.

Высококачественные и особовысококачественные стали маркируют, так же как и качественные, но в конце марки высококачественной стали ставят букву «А», (эта буква в середине марочного обозначения указывает на наличие азота, специально введённого в сталь), а после марки особовысококачественной - через тире букву «Ш».

Например:

12ХНА – высококачественная углеродистая сталь, содержащая 0,12% углерода, хрома и никеля в среднем 0,8-1,5% каждого в отдельности;

У8А – высококачественная углеродистая инструментальная сталь, с содержанием углерода 0,8%;

30ХГС-Ш – особовысококачественная среднелегированная сталь, содержащая 0,30% углерода, хрома, марганца и кремния от 0,8 до 1,5% каждого в отдельности.

Специальные методы получения высоколегированных сталей обозначают соответствующими буквами, проставляемыми через тире в конце марки: ВД – вакуумно-дуговой переплав, Ш – электрошлаковый переплав, СШ – обработка синтетическим шлаком и др.

Отдельные группы сталей со специальными свойствами обозначают несколько иначе.

Шарикоподшипниковые стали маркируют буквами "ШХ", после которых указывают содержание хрома в десятых долях процента:

ШХ6 - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 0,6% хрома;

ШХ15ГС - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 1,5% хрома и от 0,8 до 1,5% марганца и кремния.

Быстрорежущие стали (сложнолегированные) обозначают буквой "Р", следующая за ней цифра указывает на процентное содержание в ней вольфрама:

Р18-быстрорежущая сталь, содержащая 18,0% вольфрама;

Р6М5К5-быстрорежущая сталь, содержащая 6,0% вольфрама 5,0% молибдена 5,0% кобальта.

Автоматные стали обозначают буквой "А" и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в сотых долях процента:

А12 - автоматная сталь, содержащая 0,12% углерода (все автоматные стали имеют повышенное содержание серы и фосфора);

А40Г - автоматная сталь с 0,40% углерода и повышенным до 1,5% содержанием марганца.

Литейные стали имеют в конце маркировки букву «Л»:

30Л – литейная качественная среднеуглеродистая сталь, спокойная, содержащая 0,30% углерода.

Задание

Используя лекционный материал: составить классификацию.

1. Распределить стали по химическому составу, назначению и качеству в соответствии с их классификацией по предложенной схеме



2. Расшифровать марки железоуглеродистых сплавов

Вариант	Марка сплава	Вариант	Марка сплава
1	08кп, СЧ10, 5ХМГ	14	У12А, 20Х17Н2, ВЧ70
2	БСт6кп, ХВГ, ВЧ35	15	60, 4Х5МФС, КЧ45-7
3	15, 9ХФ, КЧ 30-6	16	ВСт2пс, 5ХНМ, СЧ35
4	08пс, 9ХС, СЧ15	17	У10А, 12Х13, ВЧ60
5	40, 9ХВГ, ВЧ40	18	85, 5ХГМ, КЧ50-5
6	65, 9Х5ВФ, КЧ 33-8	19	Ст4пс, Х12Ф1, СЧ10
7	Ст3кп, 6ХВФ, СЧ20	20	У10, 08Х17Т, ВЧ80
8	У13А, 06ХН2МДТ, ВЧ45	21	25, 6ХС, КЧ55-4
9	БСт5пс, Х12ВМФ, КЧ35-10	22	ВСт3кп, 6ХВ2С, СЧ15
10	У10А, 08Х18Н10, СЧ25	23	45, Х12, ВЧ100
11	ВСт3Гсп, 4ХС, ВЧ50	24	У8Г, 08Х18Н10Т, КЧ60-3
12	У7, 09Х15Н8Ю, КЧ37-12	25	БСт2пс, Х12ВМФ, СЧ20
13	20, 6ХВ2С, СЧ30	26	10пс, 5Х3МФС, ВЧ35

Контрольные вопросы

1. Влияние углерода и примесей на свойства сталей.
2. Классификация и маркировка углеродистых сталей
3. Углеродистые стали обыкновенного качества (ГОСТ 380).
4. Классификация чугунов.
5. Строение, свойства, классификация и маркировка серых чугунов.
6. Влияние состава чугуна на процесс графитизации.
7. Распределение легирующих элементов в стали.

Рекомендуемая литература: ОИ1, ОИ3

Практическая работа №4. Определение вида конструкционных материалов.

Цель работы: Определить вид и марку конструкционных материалов.

Прибыты и оборудование: фотографии микрошлифов цветных сплавов; изображение микроструктуры цветных сплавов.

Теоретический материал

Цветные металлы и их сплавы обладают различными физико-химическими, механическими и технологическими свойствами, благодаря которым они нашли широкое применение: высокой устойчивостью против коррозии, электро- и теплопроводностью, способностью подвергаться различным видам обработки.

Медь. По ГОСТ 859-2001 первичная техническая медь выпускается в виде катодов, слитков, полуфабрикатов, прутков, которые перерабатываются в круглые, квадратные, шестигранные горячекатаные и тянутые ленты, труб, проволоки электротехнической, фольги медной и рулонной и электролитической и медных порошков. Медь в этой продукции в зависимости от массовой доли примесей выпускается следующих марок: М00А, М00БК, М0А, М0, МБ, М1, М2, М2Р, М3, М3Р, М4. В маркировке первичной технической меди приняты следующие обозначения: М – медь; цифры от 00 до 4 – массовая доля естественных примесей от 0,01 до 1,00 %; Б – бескислородная, Р – раскисленная, А – анодная, К – катодная

Латуни. Сплавы меди с цинком называются латунями.

По сравнению с медью латунь обладает более высокой прочностью, твердостью, упругостью, коррозионной стойкостью, меньшей пластичностью и высокими технологическими свойствами (литейными свойствами, деформируемостью и обрабатываемостью резанием).

По ГОСТ 15527-70 латунь выпускается в виде проволоки, лент, полос, труб, тянутых и прессованных изделий в отожженном и нагартованном состоянии.

Простые латуни состоят из меди и цинка.

Марки простых латуней: Л96, Л90, Л85, Л80, Л70, Л68, Л63, Л60. Латуни маркируются буквой Л – латунь, после которой стоят цифры, указывающие содержание в ней меди в процентах. Например, Л63 означает, что латунь состоит из 63% меди и 37% цинка.

Сложные латуни маркируются буквой Л – латунь, после которой следуют буквы, обозначающие легирующие элементы: А – алюминий, Ж – железо, Мц – марганец, К – кремний, С – свинец, О – олово, Мш – мышьяк, Н – никель. Первые цифры, стоящие за буквами, обозначают массовую долю меди в процентах, последующие цифры – массовую долю компонентов в процентах в той последовательности, в какой они приведены в буквенной части условного обозначения. Количество цинка определяется по разности. Например, латунь марки ЛС60-1 имеет следующее содержание компонентов: 60% меди, 1% свинца, 39% цинка.

Бронзы. Бронзами называются сплавы меди с оловом и другими химическими элементами. По способу переработки различают литейные и деформируемые бронзы, по химическому составу – оловянистые и безоловянистые.

Маркируют бронзы буквами Бр – бронза, за которыми следуют буквы, обозначающие легирующие элементы, введенные в бронзу: А – алюминий, Ж – железо, Н – никель, С – свинец, Су – сурьма, Ц – цинк, Ф – фосфор, и далее цифры, показывающие содержание этих элементов в процентах. Количество меди определяется по разности.

Алюминий. По ГОСТ 11069-2001 в зависимости от химической чистоты выпускается первичный алюминий трех групп: особой чистоты (А999), высокой чистоты (А995, А99, А97,

А95), технической чистоты (А85, А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е, А0). В маркировке первичного алюминия цифры соответствуют массовой доле чистого алюминия. Например, марка алюминия А999 означает, что массовая доля чистого алюминия составляет 99,999%, примесей не более 0,001%.

Разновидностью деформируемых алюминиевых сплавов являются силумины, которые иногда также применяются в качестве литейных сплавов. Сплавы в чушках используются для подшихтовки при выплавке деформируемых сплавов, сплавы в слитках – для обработки давлением и в виде готовых изделий, полученных обработкой давлением в горячем и холодном состоянии: прутки, фасонные профили, трубы, листы, ленты, полосы, поковки, штамповки и проволока.

Деформируемые алюминиевые сплавы, неупрочняемые термической обработкой (ММ, М, ДМН, АМ4С, АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг4,5, АМгВС, АМг5, АМг6), - это группы сплавов системы алюминий – марганец и сплавы системы алюминий – магний, так называемые сплавы АМг.

Дюралюминий (Д1, Д16, В65, Д18, В95 и др.) – это наиболее распространенный представитель деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой.

Алюминиевые сплавы для поковок и штамповок (АК4, АК4-1, АК5, АК6, АК8) обладают высокой прочностью, твердостью, а также пластичностью в горячем состоянии.

Магний. В зависимости от массовой доли примесей по ГОСТ 804-95 выпускается первичный магний следующих марок: Мг96 (99,96% магния), Мг95 (99,95% магния), Мг90 (99,90% магния). В состав примесей входят такие химические элементы, как железо, алюминий, марганец, кремний, никель, медь.

По ГОСТ 2856-79 выпускаются следующие магниевые сплавы для производства фасонных отливок в виде чушек: МЛ3, МЛ4, МЛ4пч, МЛ5, МЛ5пч, МЛ6, МЛ8, МЛ9, МЛ10, МЛ11, МЛ12, МЛ15, МЛ19 (пч – повышенной чистоты).

Из этих сплавов получают фасонные отливки сложной формы.

Литейные магниевые сплавы применяют для изготовления деталей в самолетостроении и приборостроении (арматура, штурвалы, корпуса приборов и др.).

К деформируемым магниевым сплавам относятся сплавы на основе алюминия, цинка, марганца, циркония с различной степенью легирования.

По ГОСТ 14957-76 выпускаются следующие марки магниевых деформируемых сплавов: МА1, МА2, МА5, МА8, МА11, МА13, МА14, ВМД1.

Магниевые деформируемые сплавы идут на изготовление различных деталей в авиационной, автомобильной промышленности и станкостроении: масло- и бензобаки, арматура топливных, гидравлических и масляных систем, обшивка самолетов, детали грузоподъемных машин, автомобилей и др.

Титан. В зависимости от массовой доли примесей выпускают технический титан следующих марок: ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ1 (ГОСТ 19807-74).

Титановые литейные сплавы выпускают следующих марок: ВТ1, ВТ5Л, ВТ3-1Л, ВТ1Л, ВТ21Л. Титановые литейные идут на изготовление фасонных отливок различной формы и труб.

Задание

1. По теоретической части: изучить механические характеристики конструкционных материалов.
2. По готовым микрошлифам изучить микроструктуру конструкционных материалов
3. Зарисовать микроструктуру
4. Установить вид конструкционного материала
5. Определить марку конструкционного материала и расшифровать.
6. Определить область применения.
7. Задания оформить в виде таблицы

Таблица

Зарисовка микроструктуру	Вид и марка конструкционного материала	Область применения конструкционного материала

Индивидуальное задание

Вариант №1

Задание 1. Из перечисленных ниже марок оловянных бронз укажите сначала литейные, а затем деформируемые бронзы: БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-4, БрО10, БрОЦСНЗ-7-5- 1, БрОФ10-1, БрОФ4-0,25, БрОЦС5- 5-5, БрОФ6,5-0,4.

Задание 2. Какой химический состав имеют следующие материалы: ЛМцА57-1-1, ЛО90-1, ЛО70-1, ЛО62-1, БрОЗЦ12С5, БрОЗЦТС5Н1.

Вариант №2

Задание 1 Из перечисленных марок металлических материалов выберите марки антифрикционных сплавов: БрС30, АК4, ШХ6, У7, Б83, Р8, БН, БСт5, БрОЦС5-5-5, АСЧ- 1, Б16, ШХ15, БК, БСт6, БТ, Т15К6, ВТ14.

Задание 2. Какой химический состав имеют следующие материалы: БрАЖ9-4, БрКМц3-1, БрБ2, БрМц5, БрС30, Л96, ЛС80-3, ЛЖМц59-1-1, ЛА77-2, БрО4Ц4С17, БрО5Ц5С5.

Вариант №3

Задание 1 Из перечисленных марок металлических материалов выберите марки антифрикционных сплавов: БрС30, АК4, ШХ6, У7, Б83, Р8, БН, БСт5, БрОЦС5-5-5, АСЧ- 1, Б16, ШХ15, БК, БСт6, БТ, Т15К6, ВТ14.

Задание 2 Каков химический состав и назначение следующих марок латуней: ЛА77-2, ЛАЖ60-1-1, ЛАМш59-3-2, ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5, БрО5С25, БрО6Ц6С3.

Вариант №4

Задание 1. Какие из указанных марок литейных алюминиевых сплавов наиболее пригодны для производства отливок и почему: АЛ7, АЛ2, АЛ4, АЛ8, АЛ23, АЛ9, АЛ19?

Задание 2 Каков химический состав и назначение следующих марок латуней: ЛЖМц59-1-1, ЛЖС58-1-1, ЛН65-5, ЛЖц58-2, БрО10Ф01, БрО10Ц2.

Контрольные вопросы

1. Области применения титановых сплавов.
2. Алюминиевые сплавы, маркировка свойства область применения.
3. Литейные алюминиевые сплавы.
4. Магний и его сплавы.
5. Деформируемые магниевые сплавы.
6. Литейные магниевые сплавы.

7. Медный сплав латунь.
8. Деформируемые латуни, маркировка свойства область применения.
9. Литейные латуни, маркировка свойства область применения.
10. Медный сплав бронза.
11. Деформируемые бронзы, маркировка свойства область применения.
12. Литейные бронзы, маркировка свойства область применения.
13. Титан и его сплавы.

Содержание отчета

1. Цель работы
2. Заполненная таблица
3. Индивидуальное задание.

Рекомендуемая литература: ОИ1;ОИ3

Тема 3.5.Износостойкие материалы.

Практическая работа № 5. Выбор состава сплавов для изготовления детали, работающих в условиях интенсивного износа.

Цель работы: Научиться выбирать материалы для типовых деталей машин и назначать для них упрочняющую термическую и химико-термическую обработку.

Теоретический материал

Виды машиностроительных сталей и их упрочняющая термообработка
Сталь – основной металлический материал, широко применяемый для изготовления разнообразных деталей машин и приборов. Ее использование обусловлено сочетанием ценного комплекса механических, физико-химических и технологических свойств.

Принципы выбора машиностроительных сталей

При выборе стали для изготовления детали машины вначале необходимо проанализировать условия работы этой детали и определить, какой класс сталей (улучшаемые, цементуемые, азотируемые и др.) наиболее эффективно использовать в данном случае. Затем, руководствуясь справочными данными, следует выбрать конкретную сталь, удовлетворяющую требованиям по прочности, ударной вязкости и т.д.

Если для изготовления какой-либо детали подходят несколько марок сталей, то необходимо выбрать наиболее дешевую. При этом нужно учитывать, что сталь обыкновенного качества дешевле качественной стали, а углеродистая сталь дешевле легированной (табл. 6 приложения). Удорожание стали вследствие легирования можно оценить по формуле

Рекомендации по выбору материалов для некоторых типовых деталей

Оси и валы изготавливают из углеродистых и легированных конструкционных сталей, так как они обладают высокой прочностью, способностью к поверхностному и объемному упрочнению, легкостью обработки на станках. Для осей и валов без термообработки используют углеродистые стали Ст3, Ст4, Ст5 25, 30, 35, 40 и 45. Оси и валы, к которым предъявляют повышенные требования к несущей способности и долговечности шлицев и цапф, выполняют из среднеуглеродистых или легированных сталей с улучшением 35, 40, 40Х, 40ХН и др. Для повышения износостойкости цапф валов, вращающихся в подшипниках скольжения, валы делают из сталей 20, 20Х, 12ХН3А и других с последующей цементацией и закалкой цапф. Ответственные тяжело нагруженные валы изготавливают из легированных сталей 40ХН, 40ХНМА, 30ХГТ и др. Тяжелонагруженные валы сложной формы, например коленчатые валы двигателей, делают также из модифицированного (высокопрочного) чугуна.

Варианты индивидуальных заданий

Вариант №1.

Выбрать марку углеродистой стали по ГОСТ 1050-88 для изготовления центра пиноли задней бабки токарного станка. Условия работы – трение при средних нагрузках. Обосновать выбор. Расшифровать марку. Назначить режимы термообработки. Выбрать способ защиты от коррозии.

Вариант №2.

Выбрать марку углеродистой стали по ГОСТ 1050-88 для изготовления ступицы. По условиям эксплуатации требуется повышенная прочность и поверхностная твердость. Обосновать выбор. Расшифровать марку. Назначить режимы термообработки. Выбрать способ защиты от коррозии.

Вариант №3.

Выбрать марку углеродистой стали по ГОСТ 1050-88 для изготовления детали «Коленчатый вал», работающей при знакопеременных нагрузках. Обосновать выбор. Расшифровать марку. Назначить режимы термообработки. Выбрать способ защиты от коррозии.

Вариант №4.

Выбрать марку углеродистой стали по ГОСТ 1050-88 для изготовления детали «Ось» малой длины диаметром 20 мм. Условия эксплуатации требуют высокой твердости поверхности и вязкой сердцевины. Обосновать выбор. Расшифровать марку. Назначить режимы термообработки. Выбрать способ защиты от коррозии.

Вариант №5.

Выбрать марку углеродистой стали по ГОСТ 1050-88 для изготовления детали «Тяга», работающей на растяжение, а в местах крепления – на трение. Условия работы – трение при средних нагрузках. Обосновать выбор. Назначить режимы термообработки. Выбрать способ защиты от коррозии.

Вариант №6

Выбрать марку углеродистой стали по ГОСТ 1050-88 для изготовления шпинделя токарного станка. Условия эксплуатации требуют повышенной прочности. Обосновать выбор. Расшифровать марку. Назначить режимы термообработки. Выбрать способ защиты от коррозии.

Вариант №7

Выбрать марку углеродистой стали по ГОСТ 1050-88 для изготовления детали «Зубчатое колесо», передающей знакопеременные нагрузки. Обосновать выбор. Расшифровать марку. Назначить режимы термообработки. Выбрать способ защиты от коррозии.

Вариант №8.

Выбрать марку углеродистой стали по ГОСТ 1050-88 для изготовления детали «Пружина», работающей при средних нагрузках. Обосновать выбор. Расшифровать марку. Назначить режимы термообработки. Выбрать способ защиты от коррозии.

Рекомендуемая литература: ОИ1;ОИ3.

Практическая работа №6. Подбор материалов для режущих инструментов, предназначенных для обработки поверхностей с заданными свойствами.

Цель работы: Получить навыки выбора материалов для изготовления режущего, штампового и измерительного инструмента в зависимости от условий его работы и научиться назначать упрочняющую термическую и химико-термическую обработку.

1. Требования, предъявляемые к инструментальным сталям

Инструментальные стали предназначены для изготовления режущего, измерительного инструмента и штампов холодного и горячего деформирования. В процессе эксплуатации все виды инструмента, особенно металлорежущий и штампы, подвергаются истиранию, испытывают высокие давления, а также высокие напряжения, чаще всего, изгиба или кручения. Для обеспечения износостойкости инструментальным сталям должна быть присуща высокая твердость, а для сохранения формы инструмента, предупреждения его поломок и выкрашивания рабочих кромок – высокая прочность при удовлетворительной вязкости. К важному свойству инструментальных сталей, подвергающихся при резании или деформировании существенному нагреву, относится теплостойкость (красностойкость), т.е. устойчивость против отпуска с соответствующим изменением свойств (снижением твердости и износостойкости), а также разгаростойкость – отсутствие склонности к образованию поверхностных трещин при многократных циклах нагревания и охлаждения. Стали для измерительного инструмента должны иметь высокую чистоту поверхности и стабильность размеров в готовом изделии.

2. Углеродистые инструментальные стали

Углеродистые стали поставляют после отжига на зернистый перлит с гарантией на химический состав и твердость. Благодаря невысокой твердости в состоянии поставки НВ 187. . .217 углеродистые стали хорошо обрабатываются резанием и деформируются, что позволяет применять накатку, насечку и другие высокопроизводительные методы изготовления инструмента. Из-за низкой прокаливаемости (табл. 15 приложения) углеродистые стали пригодны для мелкого инструмента или для инструмента сечением до 25 мм с незакаленной сердцевиной, в которой режущая часть приходится на поверхностный слой (метчики, развертки, напильники и т.п.). Несквозная закалка уменьшает деформации инструмента и повышает за счет вязкой сердцевины его устойчивость к ударам и вибрациям. В сечениях более 25 мм закаленный слой получается тонким и продавливается во время работы. Стали У7-У9 подвергают полной, а стали У10-У13 – неполной закалке. Инструмент сечением более 15 мм охлаждают в воде или водных растворах солей и щелочей. Инструменты меньшего сечения для уменьшения деформаций и опасности растрескивания закаливают в масле или расплавах солей при 160...200 °С. Стали У7, У8, У9, обеспечивающие более высокую вязкость, применяют для инструментов, подвергающихся ударам: деревообделочного, слесарного, кузнечного, а также пуансонов, матриц и др. После закалки их отпускают при 275...350 °С на троостит (HRC 48. . .51). Заэвтектоидные стали У10, У11, У12 используют после низкого отпуска (150...180 °С) со структурой мартенсита и включениями карбидов, обеспечивающих повышенную износостойкость. Их применяют для инструментов с высокой твердостью на рабочих гранях (HRC 62. . .64): режущего (напильники, пилы, метчики, сверла, резцы и т.д.), измерительного (калибры простой формы и невысоких классов точности) и небольших штампов холодной высадки и вытяжки, работающих при невысоких нагрузках. Сталь У13 применяют для инструментов, требующих наиболее высокой твердости: шаберов, гравировального инструмента.

Высококачественные стали имеют то же назначение, что и качественные, но из-за несколько лучшей вязкости их чаще используют для инструментов с более тонкой режущей кромкой.-

Пример решения

Выбрать материал реза для обработки конструкционной стали с твердостью до HRC 30, жаропрочных и конструкционных сталей со скоростью резания не менее 80 м/мин. Привести химический состав и механические свойства материала в готовом изделии. Назначить вид и режимы термической обработки, описать структуру материала в состоянии поставки и приобретенную после термической обработки.

Решение:

Учитывая высокие требуемые скорость резания и теплостойкость при обработке твердых конструкционных и легированных сталей, останавливаем свой выбор на быстрорежущих сталях повышенной производительности. Расчет индекса стоимости показывает, что наиболее дешевой является сталь P12Ф3, которую и выбираем. Эта сталь имеет следующий химический состав.

Быстрорежущие стали относятся к карбидному (ледебуритному) классу. В состоянии поставки фазовый состав стали представляет собой легированный феррит и карбиды. Для снижения твердости и улучшения обрабатываемости резанием сталь подвергают отжигу при температуре 840...860 °С. Структура отожженных сталей состоит из сорбитообразного перлита, вторичных и более крупных первичных карбидов.

Для обеспечения высоких режущих свойств необходимо провести закалку и трехкратный отпуск. Во избежание появления трещин заготовки при закалке нагревают медленно с прогревами при 450 и 850 °С, применяя соляные ванны для уменьшения окисления и обезуглероживания. Температура закалки –1230...1260 °С. Для уменьшения деформации инструмента применяем ступенчатую закалку с выдержкой в соляной ванне при 500...550°С.

После закалки сталь не обладает максимальной твердостью (HRC 60. ..62), так как в структуре кроме мартенсита и первичных карбидов присутствует 30...40 % остаточного аустенита. Остаточный аустенит превращают в мартенсит при отпуске (550...570 °С) или обработке холодом. Проведение трехкратного отпуска обеспечивает повышение твердости до HRC 65. ..69. Таким образом, применение выбранной стали обеспечит сохранение мартенситной структуры и твердости при нагреве режущей кромки до 620...635 °С, повышение допустимой скорости резания в 2...4 раза и стойкости инструмента до переточки в 10...30 раз по сравнению с обычными легированными инструментальными сталями.

Задачи для решения

Задача 1-20. Выбрать материал для изготовления указанного инструмента. Рекомендовать термическую и химико-термическую обработку, обеспечивающую заданные свойства. Привести химический состав выбранного материала, а также микроструктуру в готовом изделии.

1. Штангенциркуль.
2. Шаблон для разметки.
3. Измерительная линейка.
4. Протяжка для обработки низкоуглеродистых сталей.
5. Протяжка для обработки коррозионностойких сталей аустенитного класса.
6. Ручной метчик, не испытывающий значительного разогрева режущей кромки.
7. Машинный метчик, работающий в условиях значительного разогрева

- режущей кромки.
8. Ножницы по резке металла.
 9. Долото
 10. Молоток.
 11. Бритвенные ножи.
 12. Хирургический скальпель.
 13. Торцовая фреза (рис. 6.6) для обработки низкоуглеродистых сталей.
 14. Торцовая фреза для обработки жаропрочных сталей аустенитного класса.
 15. Торцовая фреза для обработки чугуна.
 16. Матрица штампа для прессования нержавеющей и жаростойких сталей (при условии разогрева ≤ 650 °С).
 17. Крупный молотовый .
 18. Штамп для холодной чеканки латуни.
 19. Пресс-форма для литья под давлением медных сплавов.
 20. Пресс-форма для литья под давлением магниевых сплавов.
 21. Напильник.
 22. Проходной резец для обработки углеродистых сталей с высокой скоростью (свыше 100 м/с).
 23. Проходной резец для обработки коррозионностойких сталей.
 24. Проходной резец для обработки чугуна.
 25. Пуансон вытяжного штампа (рис. 3.3,а) для холодной листовой штамповки.
 26. Плашка
 27. Пуансон вырубного штампа для холодной листовой штамповки.
 28. Сверло для обработки жаропрочных сталей.
 29. Развертка для обработки коррозионностойких сталей.
 30. Зубило
 31. Зенкер для обработки жаропрочных сталей.

Рекомендуемая литература: ОИ1,ОИ3.

Тема 3.8.Обработка металлов резанием.

Практическая работа № 7. Расчет режимов резанья для различных видов работ.

Цель работы: Научиться производить расчет элементов режимов резания табличным и аналитическим методами. Самостоятельно работать со справочной и методической литературой; пользоваться инженерными калькуляторами.

Оборудование и материалы: Справочная литература, паспортные данные станков, калькулятор.

Теоретический материал

Точение является наиболее распространенным методом обработки наружных, внутренних и торцовых поверхностей тел вращения (цилиндрических, конических, сферических и фасонных поверхностей). Точение выполняется на токарных станках токарными резцами различных типов. Заготовку крепят в шпинделе станка, и она вращается, а резец, закрепленный в резцедержателе, совершает продольное или поперечное поступательное движение.

Порядок выполнения работы

1. Определение и запись исходных данных.
Условие задачи.

2. Выбор элементов режимов резания.

- 2.1. Определение глубины резания.

$$t = \frac{D-d}{2}, \text{мм} \quad (1)$$

где D —диаметр заготовки, мм

d — диаметр детали, мм

- 2.2. Определение частоты вращения шпинделя.

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \text{мин}^{-1} \quad (2)$$

- 2.3. Определение скорости резания.

$$V_D = \frac{\pi \cdot D \cdot n_p}{1000}, \frac{\text{м}}{\text{мин}} \quad (3)$$

- 2.4. Определение скорости движения подачи.

$$V_s = S_m = S_0 \cdot n, \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (4)$$

- 2.5. Определение основного машинного времени,

$$T_o = \frac{L_{px}}{n_d \cdot S_{od}}, \text{ мин} \quad (5)$$

2.6. Определение длины рабочего хода.

$$L_{px} = l_{рез} + y + \Delta \quad (6)$$

$L_{рез}$ —длина резания, мм.

y - величина врезания, мм; Δ - величина перебега, мм; [2,с.300...]

Варианты индивидуальных заданий

Вариант №1 На токарном станке 1К62 обтачивается за один проход стальной вал диаметром 50 мм из заготовки диаметром 60 мм на длину 200 мм. Обработка производится проходным резцом с главным углом в плане $\phi = 60^\circ$. Теоретическое значение поперечной подачи и скорости резания равны $S_T = 0,6$ мм/об, $V_T = 120$ м/мин. Усилие резания $P_z = 300$ кГ. Назначить режимы резания с учетом паспортных данных станка.

Вариант №2 На токарном станке 1К62 растачивалась за один проход стальная втулка диаметром 30 мм из заготовки диаметром 28 мм на длину 70 мм. Обработка производится проходным резцом с главным углом в плане $\phi = 45^\circ$. Теоретическое значение поперечной подачи и скорости резания равны $S_T = 0,4$ мм/об, $V_T = 33$ м/мин. Усилие резания $P_z = 600$ кГ. Назначить режимы резания с учетом паспортных данных станка.

Задача №3 На токарном станке 1К62 обтачивается предварительно за один проход стальной вал до диаметра 70 мм из заготовки диаметром 80 мм на длину 400 мм. Обработка производится проходным резцом с главным углом в плане $\phi = 60^\circ$. Теоретическое значение поперечной подачи и скорости резания равны $S_T = 1,2$ мм/об, $V_T = 79,17$ м/мин. Усилие резания $P_z = 400$ кГ. Назначить режимы резания с учетом паспортных данных станка.

Задача №4 На токарном станке 1К62 обтачивается предварительно за один проход стальной вал диаметром 35 мм из заготовки диаметром 40 мм на длину 400 мм. Обработка производится быстрорежущим резцом P18 с главным углом в плане $\phi = 45^\circ$. Теоретическое значение поперечной подачи и скорости резания равны $S_T = 1,1$ мм/об, $V_T = 50$ м/мин. Усилие резания $P_z = 300$ кГ. Назначить режимы резания с учетом паспортных данных станка.

Вариант №5 На токарном станке 1К62 произвести растачивание в один проход стального кольца до диаметра 60 мм из заготовки с внутренним диаметром 110 мм на длину 80 мм. Обработка производится расточным резцом с главным углом в плане $\phi = 60^\circ$. Теоретическое значение поперечной подачи и скорости резания равны $S_T = 0,44$ мм/об, $V_T = 140$ м/мин. Усилие резания $P_z = 230$ кГ. Назначить режимы резания с учетом паспортных данных станка.

Вариант №6 На токарном станке 1К62 обтачивается предварительно за один проход стальной вал диаметром 50 мм из заготовки диаметром 60 мм на длину 200 мм. Обработка производится проходным резцом с главным углом в плане $\phi = 60^\circ$. Теоретическое значение поперечной подачи и скорости равны $S_T = 0,68$ мм/об, $V_T = 150,72$ м/мин. Усилие резания $P_z = 275$ кГ. Назначить режимы резания с учетом паспортных данных станка.

Вариант №7 На вертикально-сверлильном станке 2Н135 сверлиться отверстие диаметром 10 мм на глубину 50 мм. Теоретическое значение поперечной подачи и скорости равны $S_T =$

0,40 мм/об, $V_T = 25$ м/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 85$ Н*м. Назначить режимы резания с учетом паспортных данных станка.

Вариант №8 На вертикально-сверлильном станке 2Н135 сверлиться сквозное отверстие диаметром 28 мм в детали толщиной 95 мм. Теоретическое значение поперечной подачи и скорости равны $S_T = 0,45$ мм/об, $V_T = 28$ м/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 97$ Н*м. Назначить режимы резания с учетом паспортных данных станка

Вариант №10 На вертикально-сверлильном станке 2Н135 сверлиться сквозное отверстие диаметром 30 мм в детали толщиной 75 мм. Теоретическое значение поперечной подачи и скорости равны $S_T = 0,40$ мм/об, $V_T = 25$ м/мин. Крутящий момент $M_{кр} = 85$ Н*м. Назначить режимы резания с учетом паспортных данных станка

Рекомендуемая литература: ОИ1,ОИ3.

Справочные материалы

Таблица 2

Нагревательные устройства термических производств машиностроения (примеры)

Обозначение серии	Тип нагревательного устройства	Конструкция устройства	Характер среды	Максимальная рабочая температура, °С	Назначение при термообработке
Вид нагрева – электрический					
СНО	СНО-482,5/10	камерная	воздушная атмосфера	1000	закалка, отжиг
СНЗ	СНЗ-362/10	камерная	защитная атмосфера	1000	закалка, отжиг
ОКБ	ОКБ-210	камерная	защитная атмосфера	1300	закалка
СШЗ	СШЗ-66/7	шахтная	защитная атмосфера	700	отпуск закаленных изделий
ПН	ПН-32	шахтная	воздушная атмосфера	650	отпуск закаленных изделий
Ш	Ш-30	шахтная	воздушная атмосфера	950	закалка
Ц	Ц-105Б	шахтная	науглероживающая атмосфера	950	цементация
США	США-66/6	шахтная	аммиак	600	азотирование
СВС	СВС-244/10	ванна электродная	расплавленная соль	1000	закалка
СВГ	СВГ-20/8,5	печь-ванна	расплавленная соль	850	отпуск закаленных изделий
Вид нагрева – индукционный					
МГЗ	МГЗ-208АК	машинный генератор ТВЧ	воздух	частота тока 8000 Гц	поверхностная индукционная закалка

Таблица 3

Время нагрева и выдержки в электрических и газовых печах, соляных ваннах при закалке стали

Сечение поперечное (диаметр детали), мм	Продолжительность, мин				
	Печи электрические	Печи газовые		Соляные ванны (жидкая среда)	
		Нагрев и выдержка	Нагрев	Выдержка	Нагрев

25	1,0 на 1 мм сечения	20	5	7	3
50		40	10	17	8
100		80	20	33	17
150		120	30	50	25
200		160	40	65	35

Таблица 4

Группы улучшаемых конструкционных сталей по степени нагруженности деталей машин и механическим свойствам после закалки и высокого отпуска

Улучшаемые стали (основные разновидности, примеры марок)	Механические свойства сердцевины	
	Предел прочности, σ_B , МПа	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа
1. Малонагруженные детали машин (прокаливаемость при закалке в сечениях до 10-12 мм; $\sigma_{0,2} < 600$ МПа).		
Углеродистые стали марок 35,40,45	600...700	400...600
2. Средненагруженные детали машин (прокаливаемость при закалке в сечениях до 20-50 мм; $\sigma_{0,2} < 850$ МПа).		
Хромистые: 40Х, 45Х Марганцовистые: 45Г2 Хромомарганцовистые (дополнительно вводят титан или бор): 30ХГТ; 40ХГР	900...1100	700...850
3. Высоконагруженные детали машин (прокаливаемость при закалке в сечениях до 75-100 мм; $\sigma_{0,2} < 1100$ МПа).		
Хромоникелевые: 40ХН Хромоникельмолибденовые: 40ХН2М Хромоникельмолибденованадиевые: 38ХН3МФА	1000...1200	800...1100

Механические свойства некоторых типовых конструкционных среднеуглеродистых сталей после закалки и высокого отпуска при температуре 540...600 °С

Таблица 5

Марка улучшаемой стали	Оптовая цена *	$t_{зак}$, °С	Среднее значение критического диаметра, мм **	Предназначены для деталей с поперечным сечением, мм	Механические свойства		
					$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	НВ
40	1,0	830	12	15...20	450	660	167...207
45	1,0	810	12	15...20	490	730	205...210
40Х	1,2	860	15	25...35	800	900	163...168
40ХН	1,6	820	25	50...75	800	1000	166...170
30ХГС	1,4	880	25	50...75	980	1080	207...217
40ХН2М	2,1	850	100	75...100	950	1050	280...310
38ХН3МФА	2,6	850	100	100...200	1070	1150	230

Примечания:

* Относительные единицы: за 1,0 принята оптовая цена углеродистой качественной стали;
 ** Диаметр образца, закаливающегося насквозь с получением в центре микроструктуры из 90% мартенсита и 10% троостита.

Таблица 6

Основные способы поверхностного упрочнения деталей машин

Типовая глубина упрочняемого слоя, мм	Упрочняющая обработка	Твердость поверхностного слоя	
		HV	HRC
0,1...0,2	Борирование	1800...2000	-
0,3...0,5	Азотирование	850...1050	65...68
0,2...0,8	Нитроцементация, закалка и низкий отпуск	-	58...64
0,5...1,0	Лазерное термоупрочнение	950...1200	67...72
1,5...1,8	Цементация, закалка и низкий отпуск	-	58...62
1,5...2,0	Объемно-поверхностная закалка и низкий отпуск	-	58...61
1,6...5,0	Поверхностная индукционная закалка ТВЧ и низкий отпуск	-	45...55

Группы цементуемых конструкционных сталей по степени нагруженности деталей машин и механическим свойствам сердцевины деталей после цементации, закалки и низкого отпуска

Таблица 7

Типовые примеры марок цементуемых сталей	Механические свойства сердцевины деталей	
	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа
1. Малонагруженные детали машин (прокаливаемость при закалке малая; $\sigma_{0,2} < 300$ МПа)		
Углеродистые стали марок 10, 15, 20	380...460	245...300
2. Средненагруженные детали машин (прокаливаемость при закалке в сечениях 10...20 мм; $\sigma_{0,2} < 700$ МПа)		
Легированные стали марок 15X, 20X, 15XP, 20XH и др.	730...830	590...700
3. Высоконагруженные детали машин (прокаливаемость при закалке в зависимости от марки стали от 20 до 100 мм; $\sigma_{0,2} < 1080$ МПа)		
Легированные стали марок 25ХГТ, 20ХГР, 25ХГМ, 12ХН3А, 12Х2Н4А, 15ХГН2ТА, 20ХН2М и др.	980...1270	830...1080

Характеристики основных видов поверхностного упрочнения

Таблица 8

Операции упрочняющей термической обработки	Типовая глубина упрочняемого слоя	Твердость поверхностного слоя		Поперечное сечение детали, мм	Предел текучести сердцевины $\sigma_{0,2}$, МПа	Примеры типовых марок сталей
		HV	HRC			
Химико-термическая обработка						
Цементация, закалка и	1,5...1,8	-	58...62	До 50...60	390...830	20X, 25ХГТ, 20ХН2М

низкий отпуск						и др.
Нитроцементация, закалка и низкий отпуск	0,2...0,8	-	58...64	До 30	930	35Х, 25ХГМ, и др.

Борирование	0,1...0,2	1800 ... 2000	-	До 150	Зависит от марки стали и термообработки	Конструкционные стали (40Х, 30ХГСА и др.)
Азотирование	0,3...0,5	850... 1050	65...68	До 60...200	880...590	38Х2МЮА и др.

Поверхностная термическая обработка

Поверхностная индукционная закалка (закалка с нагревом ТВЧ) и низкий отпуск	1,6...5,0	-	45...55	40...100	375	40Х, 45 и др.
Объемно-поверхностная индукционная закалка с глубинным нагревом и низкий отпуск	1,5...2,0	-	58...61	6	1850	55ПП
Лазерная закалка (термоупрочнение) и низкий отпуск	0,5...1,0	950... 1200	67...72	16...25	460...780	45, 45Х и др.

Механические свойства в сердцевине некоторых типичных цементуемых сталей после цементации и низкого отпуска при 180...200 °С
(по данным Ю.М. Лахтина)

Таблица 9

Марка стали	Рекомендуемое максимальное поперечное рабочее сечение, мм	Температура закалки, °С	Механические свойства			
			σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %
20Х	35	820	650	800	11	40
18ХГТ	35	870	900	1000	9	50
20ХГР	40...60	880	800	1000	9	50
20ХГМ	60...80	860	1100	1200	10	45
30ХГТ	60...80	850	1300	1500	9	40

12X2H4A	100...120	800	110	1300	9	45
18X2H4MA	более 120	860	850	1150	12	50

Таблица 10

Данные по поверхностной индукционной закалке

Диаметр изделия, мм	Рекомендуемая глубина закаленного слоя, мм
40	1,6...3,1
60	2,3...3,9
80	2,6...4,5
100	2,9...5,0

Глубина закаленного слоя, мм	Рекомендуемая частота тока, Гц
1,5	25000*
2,0	15000*
3,0	8000**
4,0	4000**

Генератор тока: * ламповый или машинный; ** машинный.

НЕФТЕЮГАНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ
(филиал) федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Югорский государственный университет»

Специальность

15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям)
Лабораторная работа

«Определение механических свойств материалов (испытание на растяжение).

по дисциплине
Материаловедение

Выполнил:
Студент 2-го курса
гр.
Соколов Ю.В.

Принял:
преподаватель
Шашко М.В.

Нефтеюганск 201...г

Список литературы

Основные источники

1. Овчинников В. В. Металловедение [Текст]: учебник/В.В. Овчинников. -М.: Ид Форум: Инфра-М, 2012.-320с
2. Металловедение [Электронный ресурс]:В.В. Овчинников. -М.: Ид Форум: ИД ФОРУМ:НИЦ ИНФРА-М, 2015.-320с –Режим доступа:<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=473204> (ЭБС Znanium)
3. Основы металловедения [Электронный ресурс]: учебник / Ю.М Лахтин -М.: НИЦ Инфра - М, 2013. -272с –Режим доступа:<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=363145> (ЭБС Znanium)

Дополнительные источники

1. Металловедение [Электронный ресурс]: учебник / В.Т Батиенков, Г.Г. Сеферов, А.Л. Фоменко, Г.Г Сеферов; Под ред.В.Т. Батиенкова-М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. -151с – Режим доступа:<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=417979> (ЭБС Znanium)
2. Соколова Е.Н Материаловедение (металлообработка) [Текст]: раб.тетрадь: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.Н. Соколова. – 8-е изд., стер. – М.: «Академия», 2016-96с
3. Соколова Е.Н Материаловедение Лабораторный практикум [Текст]: учеб.пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.Н. Соколова, А.О Борисова, Л.В. Давыденко. – 3-е изд., стер. – М.: «Академия», 2016-128с

Интернет-ресурсов

1. <http://materialu-adam.blogspot.com/>
2. <http://www.twirpx.com/files/machinery/material/>