

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Технологии машиностроения»

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Методические указания
к выполнению практических работ
по дисциплине для студентов
Политехнического института,
Морского института,
Института ядерной энергии и промышленности
дневной и заочной форм обучения

Севастополь
СевГУ
2021

УДК 620.22(076.5)
ББК 30.3я73
М34

Р е ц е н з е н т :

А.Ю. Тараховский - канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры «Технологии машиностроения»

Составители : Л. Б. Шрон, Э. С. Гордеева, А. Г. Колесов, Э. Э. Ягьяев

М34 Материаловедение : методические указания к выполнению практических работ по дисциплине для студентов Политехнического института, Морского института, Института ядерной энергии и промышленности дневной и заочной форм обучения / Севастопольский государственный университет, Политехнический институт, кафедра «Технологии машиностроения» ; сост.: Л. Б. Шрон, Э. С. Гордеева, А. Г. Колесов, Э. Э. Ягьяев. – Севастополь : СевГУ, 2021. – 52 с. – Текст : электронный.

Целью методических указаний является помощь студентам при выполнении практических работ по дисциплине «Материаловедение».

УДК 620.22(076.5)
ББК 30.3я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Технологии машиностроения», протокол № 13 от 01 июня 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Практическая работа 1	4
2. Практическая работа 2	7
3. Практическая работа 3	9
4. Практическая работа 4	14
5. Практическая работа 5	22
6. Практическая работа 6	31
Библиографический список	36
Приложение А	37
Приложение Б	41
Приложение В	43
Приложение Г	45
Приложение Д	46
Приложение Е	48

Практическая работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Закрепление теоретического материала по методам определения твердости.
2. Расчет характеристик основных механических материалов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Под твердостью металла понимают сопротивление, оказываемое материалом при вдавливании в него более твердого тела. Вдавливаемый предмет при использовании прибора-твердомера называется индентором.

Наибольшее распространение получили статические методы испытания. К ним относятся методы Бринелля, Роквелла и Виккерса.

Число твердости по Бринеллю определяется как отношение нагрузки P , передаваемой через шарик на образец, к площади отпечатка, полученного от внедрения индентора:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad H / \text{мм}^2 \text{ (единиц HB)} \quad (1)$$

где P – нагрузка на шарик, Н; F – поверхность отпечатка, мм^2 ; D – диаметр шарика, мм; d – диаметр отпечатка, мм.

По методу Бринелля, применяя индентор из закаленной стали, можно измерять твердость пластмасс, цветных и черных металлов и сплавов в пределах от 8 до 450 единиц HB.

Число твердости по Роквеллу HR является условной величиной и определяется разностью глубин, на которые переместился индентор под действием последовательно приложенных предварительной и общей нагрузок.

Твердость вычисляется, как безразмерная величина по формуле

$$HR = \frac{k - (h - h_0)}{0,002}, \quad (2)$$

где h и h_0 – величины перемещения индентора под действием соответственно предварительной ($P_0 = h_0$) и общей ($P = h$) нагрузок; k – постоянная величина, равная при испытании конусом 0,2 мм, шариком 0,26 мм.

В зависимости от типа индентора шарика или конуса, а также от нагрузки, при которой проводят испытания, число твердости обозначают HRB, HRC, HRA.

Испытание на твердость по методу Виккерса производят вдавливанием в испытуемый образец четырехгранной алмазной пирамиды с углом при вершине 136° , под действием нагрузок 10, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 1000 и 1200Н.

Числа твердости по Виккерсу и Бринеллю имеют одинаковую размерность, а для материалов с твердостью до 450 ед. они совпадают.

Число твердости по Виккерсу обозначается HV и определяется, как соотношение нагрузки к площади пирамидального отпечатка, т.е.

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2H}{d^2} \sin \frac{\alpha}{2} = 1,854 \frac{P}{d^2}, \quad H / \text{мм}^2, \quad (3)$$

где P – нагрузка на пирамиду, Н; F – площадь отпечатка, мм²; d – среднее арифметическое длин обеих диагоналей отпечатка, мм; $\alpha = 136^\circ$ – угол между противоположными гранями пирамиды.

Статические испытания на растяжение (ГОСТ 1497-84), сжатие, изгиб, кручение и срез проводятся при плавном и постепенно возрастающем нагружении образца вплоть до его разрушения. При этом в любой момент можно с достаточной точностью при помощи силоизмерительного устройства испытательной машины определить величину усилия, приложенного к образцу, а при помощи тензометров измерить величину деформации образца.

Наиболее часто проводят испытания материалов на разрыв при растяжении на специальных разрывных машинах МР-0,05, МР-0,5 или гидравлических прессах.

Любая механическая нагрузка, действующая на материал, вызывает в нем напряжение σ , которое вычисляется по формуле

$$\sigma = P / F, \text{ МПа}, \quad (4)$$

где P – действующая нагрузка, Н; F – площадь сечения образца, мм².

Условный предел прочности (или временное сопротивление разрыву) σ_b – напряжение, отвечающее наибольшей нагрузке, выдерживаемой образцом в процессе испытания

$$\sigma_b = P_b / F_0.$$

По результатам таких испытаний вычисляют также характеристики и пластичности:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \times 100\%, \quad (5)$$

где l_0 и l_k – длины образцов до и после растяжения соответственно.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Изучить приведенный теоретический раздел.

3.2. Выбрать и записать вариант индивидуального задания в таблицы 1 и 2, используя таблицы А1 и А2.

3.3. Определить метод измерения твердости, вид индентора и описать предлагаемые методы.

3.4. Сравнить предложенные изделия по твердости, используя таблицу перевода твердостей АЗ. Сделать выводы.

3.5. Рассчитать предел прочности и относительное удлинение по формулам 4 и 5 теоретического раздела. Результаты занести в таблицу 2.

3.6. Сравнить механические характеристики прочности и пластичности предложенных материалов.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика твердости различных изделий

Вариант задания	Наименование изделия	Обозначение твердости	Метод измерения	Вид индентора

Таблица 2 – Результаты расчета прочности и пластичности

№ вар	Материал	Параметры образцов			$R_{\text{в}},$ Н	$\sigma_{\text{в}},$ МПа	$\delta, \%$
		$F_0,$ мм ²	$L_0,$ мм	$L_k,$ мм			

3.7. Сделать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Наименование работы.

4.2. Цель работы.

4.3. Вариант индивидуального задания.

4.4. Таблица 1 – Сравнительная характеристика твердости различных изделий.

4.5. Таблица 2 – Результаты расчета прочности и пластичности.

4.6. Выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Что такое твердость?

5.2. Какой индентор используется на приборе Бринеля?

5.3. Как обозначается твердость по методу Бринеля?

5.4. Какой индентор используется на приборе Роквелла?

5.5. Как обозначается твердость по методу Роквелла?

5.6. Какой индентор используется на приборе Виккерса?

5.7. Как обозначается твердость по методу Виккерса?

5.8. Дайте определение статической прочности.

5.9. Что такое пластичность?

5.10. Назовите характеристики пластичности и приведите их размерности.

Практическая работа № 2

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И НАГРЕВА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение влияния пластической деформации и нагрева на структуру и свойства металлов. Определение температуры рекристаллизационного отжига.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

При деформации металла в холодном состоянии образуется наклеп – упрочнение металла, которое объясняется увеличением числа дефектов кристаллического строения (дислокаций, межузельных атомов).

К недостаткам наклепа можно также отнести ухудшение коррозионной стойкости металла и анизотропию свойств (разные свойства в разном направлении)

Для снятия наклепа металл подвергают термической обработке – рекристаллизационному отжигу. Рекристаллизационный отжиг – это термическая обработка холоднодеформированного металла или сплава, при которой главным процессом является рекристаллизация, в результате которой восстанавливается структура и свойства наклепанного металла.

$$t_{p.o.} = (T_{рек} - 273^0) + (100...150)^0 \text{ C}, \quad (1)$$

где $t_{p.o.}$ – оптимальная температура рекристаллизационного отжига, ^0C ; $T_{рек.}$ – абсолютная температура рекристаллизации, выраженная в ^0K .

Температура начала рекристаллизации находится в определенной зависимости от температуры плавления материала. Это минимальная температура, при которой происходит зарождение новых равноосных зерен на границе текстуры:

$$T_{рек.} = \alpha \cdot T_{пл.}, ^0\text{K}, \quad (2)$$

где $T_{рек.}$ – абсолютная температура рекристаллизации, ^0K ; $T_{пл.}$ – абсолютная температура плавления материала, ^0K ; α – коэффициент, учитывающий чистоту металла; $\alpha = (0,1...0,4)$ – для чистых металлов (для технически чистых металлов $\alpha = 0,4$), $\alpha = (0,6...0,8)$ – для сплавов.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Изучить приведенный теоретический раздел.

3.2. Выбрать и записать вариант индивидуального задания, используя таблицу Б1.

3.3. Рассчитать температуру рекристаллизации предложенных материалов по формуле 2.

3.4. Определить температуру рекристаллизационного отжига по формуле 1.

3.5. По заданным температурам деформации определить будет ли возникать наклеп при такой температуре?

3.5. Построить график рекристаллизационного отжига с обозначением зеренной структуры.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Наименование работы.

4.2. Цель работы.

4.3. Вариант индивидуального задания.

4.4. Расчет температуры рекристаллизации.

4.5. Расчет температуры рекристаллизационного отжига.

4.6. Графики рекристаллизационного отжига предложенных материалов с обозначением температур и зеренных структур.

4.7. Заключение о возникновении наклепа в деформируемых при заданной температуре материалах.

4.8. Выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Что такое наклеп?

5.2. Как меняется зеренная структура при наклепе?

5.3. Как восстановить структуру и свойства, которые металл имел до возникновения наклепа?

5.4. Что такое температура рекристаллизации?

5.5. Какое практическое значение имеет температура рекристаллизации?

5.6. Как определяется температура рекристаллизации?

5.7. Как определить температуру рекристаллизационного отжига?

5.8. Происходит ли упрочнение металла при горячей пластической деформации?

5.9. При какой температуре осуществляется горячая пластическая деформация?

5.10. Назовите недостатки наклепанного металла.

Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И СООТНОШЕНИЯ ФАЗ В СПЛАВЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1. Изучение диаграммы состояния «Железо – карбид железа».
- 1.2. Приобретение практических навыков в определении фазового состава и соотношения фаз в сплаве по правилу отрезков.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В зависимости от температуры и содержания углерода, железоуглеродистые сплавы образуют следующие фазы и структурные составляющие:

1. Жидкая фаза – жидкий раствор углерода в железе.

2. Твердые фазы:

2.1. Феррит (Ф) - твёрдый раствор углерода в α -железе. Он имеет ОЦК решётку. Максимальная растворимость углерода при 727 °С составляет 0,02 %, при комнатной температуре – 0,006%, обладает самой низкой прочностью из всех фаз и структурных составляющих, но очень пластичен и вязок (HB80, $\sigma_b = 250$ МПа; $\delta = 50$ %; $\psi = 80$ %)

2.2. Аустенит (А) – твердый раствор углерода в γ -железе. Он имеет ГЦК-решётку. Максимальная растворимость углерода при $t = 1147$ °С составляет 2,14 %; он более твердый и прочный по сравнению с ферритом (HB160; $\sigma_b = 700$ МПа, $\delta = 40...50$ %).

2.3. Цементит (Ц) – химическое соединение Fe_3C – карбид железа. В нём содержится 6,67 % углерода. Цементит обладает высокой твёрдостью $HB \geq 800$, очень низкой пластичностью, хрупкостью.

В зависимости от условий существования различают цементит первичный Ц₁, который образуется из жидкости при затвердевании расплава; вторичный Ц₂– образуется при распаде аустенита; третичный Ц₃– образуется при выделении углерода из феррита.

2.4. Перлит (П)- механическая смесь (эвтектоид) феррита (88 %) и цементита (12%), содержащая 0,8% углерода; образуется при 727 °С в результате распада аустенита в процессе его охлаждения. Он обладает высокой прочностью по сравнению с аустенитом и ферритом (HB160...200, $\sigma_b = 800$ МПа; $\delta = 15$ %).

2.5. Ледебурит (Л) – механическая смесь (эвтектика) аустенита и цементита, образуется из жидкого расплава при $t = 1147$ °С при содержании углерода 4,3 %. Очень твердый и хрупкий (HB 600...700). Так, как при температуре ниже 727 °С аустенит превращается в перлит, то ледебурит при таких температурах (<727 °С) состоит из перлита и цементита.

Феррит, аустенит, цементит называются равновесными фазами железоуглеродистых сплавов. В то же время феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит являются структурными составляющими.

Диаграмма состояния « Железо – карбид железа» построена в координатах температура – содержание углерода. Она представляет собой графическое изображение состояния сплавов.

Механические свойства сплава зависят от его состава и строения. Зная структуру сплава при комнатной температуре и свойства структурных составляющих, можно судить о свойствах сплава.

На рисунке 1 приложения В представлена диаграмма «Железо – карбид железа».

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ДИАГРАММЫ « ЖЕЛЕЗО – КАРБИД ЖЕЛЕЗА» Основные линии фазовых превращений

1. Линия ACD – линия ликвидус. Выше нее сплавы находятся в жидком состоянии.

2. Линия ACF – линия солидус. Выше нее сплавы находятся в жидко-твердом состоянии, ниже – в твердом.

3. Линия ECF – ледебуритная эвтектическая линия.

4. Линия PSK – перлитная эвтектоидная линия.

5. Линия ES – линия переменной растворимости углерода в аустените.

6. линия PQ – линия переменной растворимости углерода в феррите.

7. Линия GS и линия PG – линии начала и конца превращения аустенита в феррит соответственно.

Основные фазовые области

На диаграмме различают однофазные и двухфазные области.

1. Однофазные области:

- жидкий раствор углерода в железе – выше линии ликвидус.
- аустенитная область (А) – область, заключенная между точками А,Е,С,Г;
- Ферритная область (Ф) – область, заключенная между точками QPG.

2. Двухфазные области:

2.1. Жидко – твёрдая область:

- жидкость + аустенит – область, заключенная между точками А, С, Е;
- жидкость + цементит – область, заключенная между точками С, Д, F.

2.2. Феррит + аустенит – область, заключенная между точками Р, S, G.

2.3. Цементит + аустенит – область, заключенная между точками F, E, S, K.

2.4. Феррит + цементит – область, заключенная между точками К, S, Р, Q, L.

Правило отрезков

Это правило справедливо для любой двухфазной области диаграммы. Оно разбивается на два подправила – правило каноды и правило рычага.

Правило каноды позволяет определить фазовый состав сплава, т.е. содержание углерода в каждой фазе.

Правило рычага позволяет определить соотношение фаз в сплаве, количество в процентном отношении каждой фазы.

Правило каноды

Для определения состава фаз на диаграмме «Железо – карбид железа» необходимо сделать следующие построения:

1. На оси концентраций углерода найти точку с заданной концентрацией углерода. Из этой точки восстановить перпендикуляр.
2. На оси температур найти точку с заданной температурой. Через эту точку провести каноду – линию, параллельную оси концентраций углерода.
3. Найти точку пересечения каноды с перпендикуляром и определить какие фазы содержит сплав в этой точке.
4. Найти точки пересечения каноды с линиями диаграммы, в исследуемой двухфазной области.
5. Опустить перпендикуляры из этих точек на ось концентраций углерода. Количество углерода в этих точках соответствует количеству углерода в фазах.

Правило рычага

Для определения соотношения фаз необходимо выполнить следующее:

1. Рассмотреть отрезки, образовавшиеся от пересечения каноды с линиями диаграммы в исследуемой двухфазной области и перпендикуляром.
2. Определить длины этих отрезков.
3. Найти соотношение фаз в сплаве – соотношение длин отрезков.

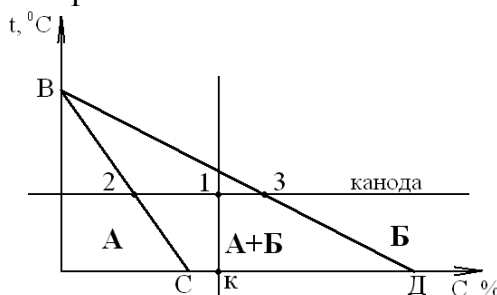


Рисунок 1 – Пример нахождения соотношения фаз в сплаве

Ниже линии ВС находится область с фазой А, выше линии ВД находится область с фазой Б.

Для сплава с содержанием углерода, соответствующим точке К, длина отрезка 1-2 соответствует количеству фазы Б, длина отрезка 1-3 соответствует количеству фазы А.

Соотношение фаз:

$$\text{Фаза Б} / \text{Фаза А} = \text{Длина отрезка 1-2} / \text{Длина отрезка 1-3}.$$

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Выписать индивидуальное задание, используя таблицу В1. Вариант задания соответствует порядковому номеру студента в групповом журнале.

3.2. Вычертить диаграмму «Железо – карбид железа» и проанализировать ее.

3.3. Для сплава с заданным содержанием углерода описать превращения, происходящие при охлаждении сплава от расплавленного состояния до комнатной температуры.

3.4. Определить какую микроструктуру и фазы имеет сплав при комнатной температуре. Дать характеристику этих фаз. Указать, как такой сплав называется.

3.5. По правилу каноны определить количество углерода в каждой фазе при комнатной температуре.

3.6. По правилу рычага определить соотношение фаз при комнатной температуре.

3.7. Определить какие фазы содержит сплав при заданной температуре. Дать характеристику этих фаз.

3.8. По правилу каноны определить количество углерода в каждой фазе при заданной температуре.

3.9. По правилу рычага определить соотношение этих фаз при заданной температуре.

3.10. Сделать вывод по изменению фазового состава и соотношения фаз при комнатной и заданной температурах.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Наименование работы.

4.2. Цель работы.

4.3. Вариант индивидуального задания.

4.4. Диаграмма состояния «Железо – карбид железа» и ее анализ.

4.5. Описание превращений в сплаве, происходящих при охлаждении сплава от температуры плавления до комнатной температуры.

4.6. Описание микроструктуры и фаз сплава при комнатной температуре и их характеристика.

4.7. Расчет количества углерода в каждой фазе при комнатной температуре по правилу каноны.

4.8. Расчет соотношения фаз сплава при комнатной температуре по правилу рычага.

4.9. Описание микроструктуры и фаз сплава при заданной температуре и их характеристика.

4.10. Расчет количества углерода в каждой фазе при заданной температуре по правилу каноны.

4.11. Расчет соотношения фаз сплава при заданной температуре по правилу рычага.

4.12. Вывод по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Практическое значение диаграммы «Железо – карбид железа».

5.2. Что такое критические точки диаграммы?

5.3. Что такое фаза?

- 5.4. Назовите однофазные области диаграммы.
- 5.5. Назовите двухфазные области диаграммы.
- 5.6. Назовите твердые фазы железоуглеродистых сплавов.
- 5.7. Дайте определение феррита.
- 5.8. Дайте определение аустенита.
- 5.9. Дайте определение цементита.
- 5.10. Дайте определение перлита.
- 5.11. Дайте определение ледебурита.
- 5.12. Какие фазы содержит сплав с содержанием углерода 0,5 % при комнатной температуре?
- 5.13. Какие фазы содержит сплав с содержанием углерода 0,5 % при температуре 750 °C?
- 5.14. Какие фазы содержит сплав с содержанием углерода 2,5 % при комнатной температуре?

Практическая работа № 4
КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА
ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ И ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с маркировкой черных металлов и твердых сплавов, их составом, назначением и свойствами.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Конструкционными называются материалы, предназначенные для изготовления деталей машин, конструкций и сооружений.

Инструментальными называются материалы, обладающие высокой твердостью, прочностью и износостойкостью и, применяемые для изготовления различного инструмента.

Требования, предъявляемые к инструментальным материалам, зависят от вида изготавливаемых из них инструментов: режущие, ударно-штамповые или измерительные.

2.1. МАРКИРОВКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

2.1.1. Конструкционные углеродистые стали

Стали обыкновенного качества (ГОСТ 380-94)

Маркируют сочетанием букв «Ст» и цифрой (от 0 до 6), показывающей номер марки стали в ГОСТе, чем выше номер, тем в стали больше углерода. Например: Ст1, Ст3

Эти стали поставляются по трем группам:

- группа А. Ст0...Ст6 – поставляются потребителю по механическим свойствам.
- группа Б. Ст1...Ст6 – поставляется потребителю по химическому составу.
- группа В. Ст2...Ст6 – поставляется потребителю по химическому составу и механическим свойствам.

Стали групп Б и В имеют в начале марки буквы Б или В, указывающие на их принадлежность к этим группам. Группа А в обозначении марки не указывается.

Степень раскисления обозначается добавлением в конце марки индексов: полуспокойных – «пс», кипящих – «кп». Если индекса нет – сталь спокойная. Например: Ст3сп, БСт2пс, ВСт3кп.

Качественные стали (ГОСТ 1050-88)

Эти стали маркируются двузначными числами, обозначающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Например, сталь 10 содержит в среднем 0,1 % углерода, сталь 45 – 0,45 % углерода, сталь 08 – 0,08 % углерода и т.п. Спокойные стали маркируют без индекса, полуспокойные и кипящие с индексами «пс» и «кп» соответственно.

Высококачественные стали (ГОСТ 1050-88)

Маркируются также, как качественная, но в конце марки ставится буква А. Например: 20А.

Особовысококачественные стали (ГОСТ 1050-88)

Особовысококачественные маркируются аналогично качественным, но в конце марки через тире могут стоять следующие буквы: Ш – получена электрошлаковым переплавом. Например 40-Ш.

СШ – обработана синтетическим шлаком. Например 40-СШ.

ЭЛ – получена электронно-лучевым переплавом. Например 45-ЭЛ.

ВД – получена вакуумно-дуговым переплавом. Например 50-ВД.

2.1.2. Конструкционные легированные стали

(ГОСТ 4543-71)

Разрабатываются на базе углеродистых конструкционных сталей введением в состав легирующих компонентов, обеспечивающих специфические эксплуатационные свойства.

В связи с этим легированные конструкционные стали маркируются, как и углеродистые, двузначным числом в начале марки, которое обозначает среднее содержание углерода в сотых долях процента, далее стоят буквы, указывающие на легирующие компоненты. После каждой буквы стоит цифра, указывающая на количество данного легирующего элемента. Если после буквы нет цифры, то среднее количество этого элемента составляет около 1 %. Легирующие элементы обозначаются буквами русского алфавита. Идентификаторы легирующих элементов указаны в табл. 1.

Таблица 1 - Идентификаторы легирующих элементов

Буквенное обозначение	Легирующий элемент	Буквенное обозначение	Легирующий элемент
1	2	3	4
А*	N – азот	Н	Ni – никель
Б	Nb – ниобий	Р	В – бор
В	W – вольфрам	С*	Si – кремний, Pb – свинец
Г	Mn – марганец	Т	Ti – титан
Д	Cu – медь	Ф	V – ванадий
Е	Se – селен	Х	Cr – хром
К	Co – кобальт	Ц	Zr – цирконий
Л*	Li – литий	Ч	редкоземельные
М	Mo – молибден	Ю	Al – алюминий
Примечания: * буква А и Л обозначают азот и литий соответственно, если они стоят в середине буквенного обозначения марки; буква С обозначает свинец, если это сталь автоматная			

В начале марок легированных сталей может стоять 0 или 00. Один ноль показывает, что углерода в марке содержится не более 0,08 %, а два ноля – не более 0,04 %. Например 0X18H11, 00X18H10.

Легированные стали могут быть качественными, высококачественными и особовысококачественными.

Буква А, стоящая в конце марки обозначает, что сталь высококачественная.

Все высоколегированные конструкционные стали (≥ 10 % легирующих элементов) являются высококачественными, буква А в конце марки не ставится.

В особовысококачественных сталях в конце марки через тире могут стоять буквы -Ш, -ЭШ, -ВД, -ЭЛ.

2.1.3. Стали с особой маркировкой

Шарикоподшипниковые стали (ГОСТ 801-78). В начале марки стоит буква Ш, указывающая на то, что сталь шарикоподшипниковая. Углерода в этих сталях около 1 %. Основным легирующим элементом является хром. Его количество указывается цифрой, стоящей после буквы Х в десятых долях процента. Качество этих сталей не ниже высокого. Например ШХ15 – шарикоподшипниковая сталь, содержащая около 1 % углерода и 1,5 % хрома, высококачественная. ШХ15СГ-Ш – шарикоподшипниковая сталь, содержащая около 1 % углерода, 1,5 % хрома, 1 % кремния, 1 % марганца, особовысококачественная (электрошлаковый переплав).

Автоматные (ГОСТ 1414-75). В начале марки стоит буква А, указывающая на то, что сталь автоматная. Цифра в маркировке автоматной стали указывает на среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Автоматные стали могут быть сернистые, свинцовосодержащие, селеносодержащие и кальцийсодержащие.

В сернистых сталях повышено содержание серы (0,08 – 0,3 %). Для устранения красноломкости в этих сталях увеличено количество марганца (0,7 – 1,55 %). Например: А12, А20, А30.

Свинцовосодержащие стали подразделяют на углеродистые с повышенным содержанием серы (АС14, АС35Г2); и легированные назоуглеродистые (АС12ХН, АС20ХГНМ) и среднеуглеродистые (АС30ХМ, АС38ХГМ). Буква С в маркировке обозначает свинец (0,15 – 0,35 %).

Селеносодержащие подразделяют на углеродистые (А35Е, А45Е) и хромистую (А40ХЕ). Буква Е обозначает селен (0,4 – 0,1 %).

Кальцийсодержащие содержат от 0,002 до 0,008 % кальция, а также имеют добавки свинца и телура. Эти стали маркируются АЦ20, АЦ30. Буква Ц обозначает кальций.

2.2. МАРКИРОВКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

2.2.1. Углеродистые инструментальные стали

Эти стали относятся к группе сталей, не обладающих теплостойкостью. Они сохраняют свои свойства до температуры 250 °С.

Маркировка стали начинается с буквы У с последующими цифрами от 7 до 14, которые показывают среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например: У10: $\approx 1\%C$; У8: $\approx 0,8\%C$.

Инструментальных сталей обыкновенного качества не бывает.

В высококачественных сталях в конце марки ставят букву А. Например: У10А, У7А - высококачественные.

В особовысококачественных сталях в конце марки стоят буквы: СШ (обработаны синтетическим шлаком), Ш (электрошлаковый переплав), ЭЛ (электронно-лучевой переплав), ВД (вакуумно-дуговой переплав) и др. Например: У12-Ш, У7-ВД.

2.2.2. Легированные инструментальные стали

Эти стали относятся к группе не теплостойких или полутеплостойких. Они сохраняют свои свойства до температуры 250 °С и 450 °С соответственно.

В марке этих сталей в начале может стоять однозначное число (либо оно может отсутствовать). Число показывает среднее содержание углерода в десятых долях процента (если число отсутствует, то среднее содержание углерода составляет $\approx 1\%$). Легирующие элементы в маркировке стали обозначаются буквами русского алфавита (маркировка стран СНГ), а среднее количество легирующего элемента указывается цифрой, стоящей после соответствующей буквы, если цифры нет, то среднее содержание легирующего элемента не превышает 1 – 1,5 %. Идентификаторы легирующих элементов указаны в табл. 1.

Все легированные инструментальные стали являются высококачественными, в конце марки буква А не ставится. Например: 6ХС, ХВГ, Х, 9ХС.

В особовысококачественных сталях в конце марки через тире стоят буквы СШ, Ш, ЭЛ, ВД. Например: 6ХС-Ш.

2.2.3. Быстрорежущие стали

Эти стали относятся к группе теплостойких, сохраняющих свои свойства до температуры 650 °С.

Марка этих сталей начинается с буквы Р (rapid – от французского – быстрый).

Далее стоит цифра, указывающая на среднее процентное содержание основного легирующего компонента – вольфрама.

Базовый состав быстрорежущих сталей содержат 2 – 4 % хрома, 1,5 % ванадия – в маркировке не указываются.

Углерода в этих сталях 0,8 - 0,88 %.

Например: Р18 – 18% вольфрама; 2 - 4% хрома; до 1,5 % ванадия; 0,8 - 0,88 % углерода.

Быстрорежущие стали могут быть легированы молибденом, кобальтом.

Например: Р6М6 – 6 % вольфрама; 5 % молибдена; С - 0,8 - 0,88 %; до 4 % хрома; до 1,5 % ванадия;

Р6М5К5 – 6 % вольфрама; 5 % молибдена; 5 % - кобальта; С - 0,8 - 0,88 %; до 4 % хрома; до 1,5 % ванадия.

В быстрорежущих сталях с повышенным содержанием углерода марка начинается с двузначного числа, показывающего среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например: 10Р6М4К2- 1% углерода; 6% вольфрама; 4% молибдена; 2% - кобальта; до 4% хрома; до 1,5 % ванадия.

Быстрорежущие стали могут быть высококачественными и особо высококачественными. В высококачественных сталях в конце марки буква А не ставится. В особо высококачественных сталях в конце марки через тире стоят буквы: СШ, Ш, ЭЛ, ВД, МП. Например: Р6М5-Ш, Р6М5К5-ЭЛ.

2.3. ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Твердые сплавы изготовляют методом порошковой металлургии на основе карбидов различных металлов. Основными из них являются карбиды вольфрама, титана, тантала, сцементированных небольшим количеством кобальта. Эти карбиды обладают высокой твердостью, износостойкостью. Инструменты, оснащенные твердым сплавом, хорошо сопротивляются истиранию сходящей стружкой и материалом заготовки, они относятся к группе теплостойких материалов и не теряют своих режущих свойств при температуре нагрева до 750 - 1100 °С. Их применяют для изготовления режущих частей таких инструментов как резцы, фрезы, сверла, зенкеры, развертки и др.

В зависимости от химического состава металлокерамические твердые сплавы разделяют на три основные группы: однокарбидные, двухкарбидные и трехкарбидные.

2.3.1. Однокарбидные твердые сплавы

Сплавы группы ВК – вольфрамокобальтовые, такие как: ВК3, ВК4, ВК6, ВК8, ВК10 и др. В марке сплавов цифра показывает процентное содержание кобальта. Остальное составляет карбид вольфрама.

Для обозначения зернистости в конце марки ставится:

- буква М для мелкозернистой структуры (размеры карбидов от 0,5 до 1,5 мкм);
- буквы ОМ указывают на особомелкозернистую структуру;
- буква В после цифры указывает на крупнозернистую структуру (размеры карбидов от 3 до 5 мкм).

Например: сплав ВК8М содержит 8 % кобальта и 92 % карбида вольфрама. Структура сплава мелкозернистая.

2.3.2. Двухкарбидные твердые сплавы

Сплавы группы ТК – титановольфрамокобальтовые, такие как: Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12и др. В марке цифра после буквы К показывает

процентное содержание кобальта, а после буквы Т – процентное содержание карбидов титана. Остальное составляет карбид вольфрама.

Например: сплав Т15К6В содержит 6 % кобальта, 15 % карбида титана, остальное составляет карбид вольфрама. Структура сплава крупнозернистая.

2.3.3. Трехкарбидные твердые сплавы

Сплавы группы ТТК – титанотанталовольфрамокобальтовые, такие как: ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8, ТТ20К9 и др.. В марке цифра после буквы К показывает процентное содержание кобальта, а после букв ТТ – процентное содержание карбидов титана и карбидов тантала. Остальное составляет карбид вольфрама.

Например: сплав ТТ7К12 содержит 12 % кобальта, 7 % карбидов титана и тантала, остальное составляет карбиды вольфрама.

2.4. МАРКИРОВКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЧУГУНОВ

2.4.1. Обычный серый чугун (ГОСТ 1412-85)

Маркировка начинается с букв СЧ, что означает «серый чугун», далее ставится цифра, означающая предел прочности чугуна при растяжении (МПа). Например: СЧ 30 обычный серый чугун, $\sigma_b = 30 \text{ кгс/мм}^2 = 300 \text{ МПа}$. (В литературе встречается маркировка по старому ГОСТу, например, СЧ 30-15 - $\sigma_b = 30 \text{ кгс/мм}^2 = 300 \text{ МПа}$ - предел прочности чугуна при растяжении; $\sigma_{изг} = 15 \text{ кгс/мм}^2 = 150 \text{ МПа}$ - предел прочности при изгибе).

2.4.2. Ковкий чугун (ГОСТ 1215-85)

Маркировка начинается с букв КЧ, что означает «ковкий чугун», далее ставится группа цифр через тире. Первая группа цифр означает предел прочности чугуна при растяжении (МПа), а вторая – относительное удлинение (%). Например: КЧ 37-12 ковкий чугун $\sigma_b = 37 \text{ кгс/мм}^2 = 370 \text{ МПа}$, $\delta = 12 \%$.

2.4.3. Высокопрочный чугун (ГОСТ 7293-85)

Маркировка начинается с букв ВЧ, что означает «высокопрочный чугун», далее ставится цифра, означающая предел прочности чугуна при растяжении (МПа). Например: ВЧ 70 высокопрочный чугун, $\sigma_b = 70 \text{ кгс/мм}^2 = 700 \text{ МПа}$. (В литературе встречается маркировка по старому ГОСТу, например, ВЧ 70-2 - $\sigma_b = 70 \text{ кгс/мм}^2 = 700 \text{ МПа}$ предел прочности чугуна при растяжении; $\delta = 2 \%$ - относительное удлинение).

2.4.4. Антифрикционные чугуны (ГОСТ 1585-85)

Антифрикционные свойства определяются соотношением феррита, перлита, и графита. В этих чугунах имеются добавки хрома, меди и титана.

Маркировка начинается с букв АЧ, что означает «антифрикционный чугун», далее могут стоять буквы С – серый чугун, К – ковкий чугун и В – высокопрочный чугун. Цифра, стоящая после букв, указывает на порядковый номер

чугуна в Государственном стандарте. Например: АЧС-1 – антифрикционный серый чугун, АЧК-2 – антифрикционный ковкий чугун, АЧВ-1 – антифрикционный высокопрочный чугун.

2.4.5. Легированные чугуны (ГОСТ 7769-82)

Легированные чугуны – это чугуны, в которых введены специальные элементы, например, хром, ванадий, молибден, никель, титан и т.д. Легирующие элементы повышают прочность, твердость, износостойкость, жаростойкость, коррозионную стойкость и др. свойства.

Легирующие элементы в чугунах обозначаются так же, как в маркировке сталей (см. табл. 1). Маркировка этих чугунов начинается с трехзначного числа, указывающего на среднее содержание углерода в сотых долях процента, далее ставят буквы и цифры, обозначающие легирующие элементы и их среднее содержание в процентах. Например: чугун марки 230Х13Н3 содержит С – 2,3 %, Cr – 13 %, Ni – 3 %.

В некоторых марках содержание углерода не указывается. Например: чугун марки ЧХ32 содержит 32 % хрома, чугун марки ЧН15Д7 содержит 15 % никеля, 7 % меди. Среднее содержание углерода в этих чугунах 2 – 4 %.

В конце марки может стоять буква «Ш», что означает, что чугун имеет шаровидную форму графита. Например: 230Х13Н3Ш – 2,3 % С, Cr – 13 %, Ni – 3 %, Ш – с шаровидным графитом.

В начале марки могут стоять буквы ЖЧ или ИЧ, что означает жаропрочный и износостойкий чугун соответственно.

Например: ЖЧ230Н15Д7Х2. Жаропрочный чугун, 2,3 % С, 15 % Ni, 7 % Cu, 2 % Cr.

ИЧ250Х13М. Износостойкий чугун, 2,5 % С, 13 % Cr, 1 % Mo.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Выписать индивидуальное задание, используя таблицу Г1. Вариант задания соответствует порядковому номеру студента в групповом журнале.

3.2. Расшифровать марки материалов, предложенных в индивидуальном задании.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

4.1. Наименование работы

4.2. Цель работы

4.3. Расшифровка марок материалов.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

5.1. Что такое сталь?

5.2. Как маркируются стали обыкновенного качества?

5.3. Что обозначает буква А в начале марки стали?

5.4. Что обозначает буква А в конце марки стали?

5.5. Как определить содержание углерода в легированной конструкционной стали?

5.6. Как определить содержание углерода в легированной инструментальной стали?

5.7. Как маркируются углеродистые инструментальные стали?

5.8. Какой основной легирующий элемент в быстрорежущей стали?

5.9. Как маркируются чугуны?

5.10. Что означает первая группа цифр в маркировке чугунов?

5.11. Что означает вторая группа цифр в маркировке чугунов?

5.12. Как маркируются твердые сплавы?

Практическая работа № 5 ИЗУЧЕНИЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с маркировкой конструкционных материалов на основе цветных металлов, их составом, свойствами и назначением. Получить навыки обоснованного выбора материала для изготовления различных деталей.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Наибольшее применение в промышленности в качестве конструкционных материалов из цветных сплавов нашли: медь, алюминий, магний, титан и сплавы на их основе.

Классификацию цветных металлов и их сплавов, как правило, производят по:

1. Способу изготовления из них заготовок и деталей

1.1. Деформируемые, предназначенные для получения полуфабрикатов (листов, плит, прутков, труб, профилей и т.д.), а также поковок и штамповок путем прокатки, прессования,ковки и штамповки.

1.2. Литейные, предназначенные для фасонного литья.

1.3. Порошковые, получаемые методом порошковой металлургии.

2. Способности упрочняться термической обработкой.

2.1. Упрочняемые термической обработкой.

2.2. Не упрочняемые термической обработкой.

2.1. МЕДЬ И ЕЕ СПЛАВЫ

Медь (ГОСТ 859-2001) электропроводна, теплопроводна, коррозионно-стойкая, пластична. Имеет: плотность $\rho = 8,95 \text{ г/см}^3$; $t_{пл} = 1083^\circ\text{C}$; предел прочности $\sigma_B = 160 \dots 450 \text{ МПа}$; относительное удлинение $\delta = 25 \dots 45 \%$.

Марки: М4, М3, М2, М1, М0, М00, М000 (содержание составляет более 99 % и по мере уменьшения номера чистота меди возрастает).

М4 $\geq 99,0 \%$ Cu

М3 $\geq 99,5 \%$ Cu

М2 $\geq 99,7 \%$ Cu

М1 $\geq 99,9 \%$ Cu

М0 $\geq 99,95 \%$ Cu

М00 $\geq 99,99 \%$ Cu

2.1.1. Латунь - сплавы меди с цинком (до 45 % Zn), а также с другими элементами: кремнием, свинцом, марганцем, железом, никелем и др.

Маркировка латуней

Простые латуни маркируются буквой Л, далее стоит цифра, указывающая содержание меди.

Например: Л90 (латунь, содержащая 90 % Cu, остальное Zn)

Л68 (латунь, содержащая 68 % Cu, остальное Zn).

Сложные латуни маркируются буквой Л, далее стоят буквы, обозначающие легирующие элементы. Эти элементы обозначаются в марках начальными буквами русского алфавита, с которого начинается название легирующего элемента. Идентификаторы легирующих элементов приведены в таблице 1. Первая двузначная цифра, стоящая после букв, указывает на содержание меди, следующие цифры после тире указывают на содержание легирующих элементов в той же последовательности, в которой стоят буквы, обозначающие этот элемент.

Например: ЛАЖ60-2-1 (латунь, содержащая 60 % Cu, 2 % Al, 1 % Fe, остальное Zn).

В маркировке литейных латуней, содержащих повышенное содержание цинка и легирующих элементов количество цинка и легирующих элементов указано сразу после буквы, обозначающей легирующий элемент.

Например: ЛЦ25С2 – латунь, содержащая 25 % цинка, 2 % свинца, остальное медь.

Таблица 1 – Идентификаторы легирующих элементов в медных сплавах

Элемент	Al	Fe	Mn	Si	Pb	Sn	Ni	Ti
Обозначение	А	Ж	Мц	К	С	О	Н	Т
Элемент	Sb	Ag	Cd	Mg	Zr	Be	P	
Обозначение	Су	Ср	Кд	Мг	Цр	Б	Ф	

2.1.2. Бронзы – сплавы меди с различными химическими элементами, цинк может входит в их состав, но не как основной легирующий элемент (в небольшом количестве).

Маркировка бронз

Маркируются буквами Бр, далее идут буквы, указывающие на легирующие элементы в порядке убывания их численного количества. После букв стоят цифры, показывающие на содержание легирующих элементов в том же порядке, в котором они указаны в маркировке.

Например: БрАЖН 10-4-4 (бронза алюминиевая содержит 10 % Al, 4 % Fe, 4 % Ni, остальное – Cu).

В маркировке литейных бронз количество легирующих элементов может быть указано сразу после буквы, обозначающей легирующий элемент.

Например: БрОЗЦ12С5 – бронза, содержащая 3 % олова, 12 % цинка, 5 % свинца, остальное медь; БрА10Ж4Н4Л – бронза литейная, содержащая 10 % алюминия, 4 % железа, 4 % никеля, остальное медь.

2.2. АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

Алюминий – металл серебристого цвета, легкий, $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$, $t_{\text{пл}} = 660^\circ\text{C}$, с низкой прочностью, с высокой пластичностью – $\delta = 70\%$, хорошо обрабатывается давлением, обладает высокой тепло и электропроводностью, коррозионной стойкостью в атмосфере и морской воде, относительно хорошо сваривается, обработка резанием затруднена.

Маркируется: Буквой А в начале маркировки, цифра, стоящая после буквы показывает процент алюминия сверх 99 %.

Например:

Технически чистый: А0 – 99,0 % Al;

А6 – 99,6% Al;

А7 – 99,7% Al.

Высокой чистоты: А95 – 99,95% Al;

А96 – 99,96% Al;

А97 – 99,97% Al;

Химически чистый: А99 – 99,99% Al.

2.2.1. Деформируемые алюминиевые сплавы (ГОСТ 4784-97) делятся на две группы: упрочняемые термообработкой и не упрочняемые.

Упрочняемые термообработкой. К этим сплавам относятся дуралюмины, высокопрочные, ковочные, жаропрочные сплавы и др.

Дуралюмины – это сплавы алюминия с медью (до 5,7 %), магнием и марганцем.

Основные свойства: высокая прочность $\sigma_B = 400$ МПа, высокая пластичность, хорошая обрабатываемость давлением и резанием, плохо свариваются, низкая коррозионная стойкость. Маркируются буквой Д, что обозначает дуралюмин, цифра стоящая после буквы, указывает на номер сплава в ГОСТе.

Например: Д1, Д16, Д20.

Высокопрочные алюминиевые сплавы – сплавы алюминия могут содержать до 2 % меди, до 2,5 % магния, до 7 % цинка.

Основные свойства: самая высокая прочность из всех деформируемых алюминиевых сплавов $\sigma_B = 700$ МПа, высокая удельная прочность, высокая пластичность. Маркируется буквой В, последующие цифры указывают на процентное содержание алюминия, недостающее до 100% количество приходится на медь, магний и цинк.

Например В95 содержит 95 % алюминия, остальное медь, магний, цинк.

Ковочные алюминиевые сплавы – сплавы алюминия с $\approx 3\%$ меди, $\approx 0,6\%$ магния, $\approx 0,7\%$ марганца, $\approx 1,6\%$ кремния.

Основные свойства: такие же, как и дуралюминов, но они имеют повышенную пластичность.

Маркируются буквами АК, цифра, стоящая после букв указывает на номер в ГОСТе.

Например: АК6, АК8.

Жаропрочные алюминиевые сплавы – сплавы алюминия с $\approx 1,5\%$ железа, $\approx 1,5\%$ никеля, $\approx 2,5\%$ меди, $\approx 1,8\%$ магния.

Основные свойства – повышенная прочность при нагреве до 300°C в течение 100 часов, $\sigma_{100} = 450$ МПа, но пластичность меньше, чем у дуралюмина.

Маркируются буквами АК, цифра стоящая после букв (меньше 6) указывает на номер в ГОСТе.

Например: АК2, АК4.

Не упрочняемые термообработкой. К этим сплавам относятся алюминево-марганцевые и алюминево-магниевые сплавы.

Алумеиневево-марганцевые сплавы обладают следующими свойствами: высокой удельной прочностью и коррозионной стойкостью на воздухе; самой низкой прочностью при растяжении среди алуминеиновых сплавов, высокой технологической пластичностью и свариваемостью.

Маркируются буквами АМц, далее могут стоять следующие буквы: М - мягкий после отжига, П - полунагартованный, Н - нагартованный (наклепанный).

Например: АМц, АМцМ, АМцН.

Алумеиневево-магниевые сплавы обладают более высокой прочностью, повышенной вибрационной устойчивостью и усталостной прочностью, хорошей свариваемостью.

Маркируются буквами АМг, цифра, стоящая после букв указывает на номер в ГОСТе.

Например: АМг5, АМг6.

2.2.2. Литейные алуминеиновые сплавы (ГОСТ 2685-97)

Литейные алуминеиновые сплавы – это сплавы алюминия с кремнием (9...13%). Такие сплавы называются силуминами.

Основные свойства: высокая жидкотекучесть; низкая прочность и пластичность, поэтому изделия из них получают литьем; плохо свариваются.

Простые силумины легированы только кремнием, сложные легированы другими элементами, например, медью.

Маркируются буквами АЛ, цифра, стоящая после букв указывает на номер в ГОСТе.

Например: АЛ2, АЛ4, АЛ7.

2.2.3. Порошковые алуминеиновые сплавы

Эти сплавы получают методом порошковой металлургии (прессование и спекание порошков)

Спеченный алуминеиновый порошок (ТУ 1-9-71-71).

Эти сплавы содержат 6...23% Al_2O_3 (корунд), которые обладают очень высокой твердостью.

Основные свойства: повышенная жаропрочность $\sigma_{100} = 80...120$ МПа (работают при $t \leq 500$ °С); повышенная износостойкость; повышенная удельная прочность; коррозионностойкие.

Маркируются буквами САП, цифра, стоящая после букв указывает на порядковый номер сплава.

Например: САП1, САП3.

Спеченный алуминеиновый сплав (ОСТ 190204-75).

Эти сплавы содержат порошки Al, Si, Ti, Ni, которые путем сплавления получить невозможно.

Основные свойства: высокая прочность $\sigma_B \leq 800$ МПа; повышенная жаропрочность (работают при $t \leq 500$ °С); высокая износостойкость; обладают малым или заданным коэффициентом теплового расширения, электросопротивления.

Маркируются буквами САС, цифра, стоящая после букв указывает на порядковый номер сплава (чем выше №, тем выше свойства)

Например: САС1, САС2, САС3.

2.3. МАГНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

Магний – металл серебристо-серого цвета, очень легкий, имеет самую низкую плотность $\rho = 1,74$ г/см³, легкоплавок ($t_{пл} = 651$ °С), низкая прочность $\sigma_B = 115$ МПа, пластичность $\delta = 8$ %, легко окисляется и восстанавливается на воздухе, с выделением большого количества тепла.

Маркируется буквами Мг, цифра, стоящая далее указывает на процентное содержание магния (сверх 99 %).

Например: Мг90 – 99,90 % Mg;

Мг95 – 99,95 % Mg;

Мг96 – 99,96 % Mg.

Как конструкционный материал чистый магний не используется, а используются сплавы на его основе.

Сплавы на основе магния

В состав магниевых сплавов чаще вводят алюминий, цинк, марганец, цирконий, редкоземельные элементы.

Алюминий и цинк в количестве 5 – 7 % повышает механические свойства магния. Марганец улучшает коррозионную стойкость. Цирконий измельчает зерно и повышает прочность и пластичность. Редкоземельные металлы, торий и кальций увеличивают жаропрочность магниевых сплавов.

Магниевые сплавы, как и алюминиевые, могут быть упрочнены закалкой без полиморфных превращений и старением.

Магниевые сплавы хорошо поглощают вибрации, что важно для авиации, транспорта и машиностроения. Эти сплавы обладают хорошей обрабатываемостью резанием. Магниевые сплавы немагнитны и не дают искры при ударах и трении. Они в горячем состоянии хорошо прессуются, куются и прокатываются. Применяются в виде поковок, штамповок, листов, профилей, прутков, труб и т.д.

2.3.1. Деформируемые магниевые сплавы (ГОСТ 14957-76)

Эти сплавы поставляются в виде листов, полосы профилей, прутков и поковок. Их целесообразно применять для конструкций, кратковременно работающих при повышенных температурах. Это объясняется тем, что их теплоемкость в 2,5 раза выше, чем у стали. Они могут поглотить много тепла, не перегреваясь.

Маркируются буквами МА, цифры, стоящие после букв указывают на номер в ГОСТе. В начале марки может стоять буква В, что означает высокопрочный.

Например: МА5, МА1, ВМ65-1.

Они бывают невысокой прочности (МА1), средней прочности (МА8, МА9), высокопрочные (МА2-1, МА5), жаропрочные (МА11).

2.3.2. Литейные магниевые сплавы (ГОСТ 2856-79)

Эти сплавы предназначены для изготовления деталей методом фасонного литья. При плавке и литье применяются специальные присадки для предотвращения возгорания сплава (плавка под флюсом, введение защитных присадок в формовочную и стержневую смесь) для исключения загорания металла в форме.

Маркируются буквами МЛ, цифры, стоящие после букв, указывают на номер в ГОСТе. В начале марки может стоять буква В, что означает высокопрочный.

Например: МЛ3, МЛ5 ВМЛ-1.

2.4. ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ

Титан – металл серебристо-белого цвета, малой плотности - $\rho = 4,5 \text{ г/см}^3$, прочность - $\sigma_B = 200 \dots 380 \text{ МПа}$, пластичный - $\delta = 20 \dots 30\%$, температура плавления $t_{пл} = 1668 \text{ }^\circ\text{C}$, немагнитен, коррозионностойкий в пресной и морской воде, во многих кислотах. По своим антикоррозионным свойствам превосходит другие цветные металлы и легированные стали, удовлетворительно обрабатывается давлением, трудно обрабатывается резанием, обладает низкой электропроводностью, малочувствителен к хрупким разрушениям, сохраняет свои свойства при нагреве до температуры $400 \text{ }^\circ\text{C}$.

Технический титан маркируется: ВТ1-0 (99,48 % Ti), ВТ1-00 (99,53 % Ti), ВТ1-1 (99,44 % Ti).

ВТ – разработчик «ВИАМ» (Всероссийский НИИ авиационных материалов). Цифры, стоящие после букв, указывают на порядковый номер в ГОСТе.

Чем больше нулей, тем выше чистота титана. Чем больше примесей, тем выше прочность и ниже пластичность.

Сплавы на основе титана

Титановые сплавы обычно легируют :Fe, Al, Mn, Cr, Sn, V, Si – все эти элементы повышают прочность сплавов, но одновременно снижают пластичность и вязкость. Жаропрочность повышают Al, Zr, Mo, а коррозионную стойкость в растворах кислот – Zr, Mo, Nb, Ta.

Промышленные титановые сплавы по сравнению с техническим титаном имеют при достаточно хорошей пластичности, высокой коррозионной стойкости и малой плотности более высокую прочность при комнатной и повышенной температурах.

Титановые сплавы маркируются:

ВТ – «ВИАМ» (Всероссийский НИИ авиационных сплавов)

ОТ – опытный титановый сплав

ПТ – «Прометей» разработчик ЦНИИ КМ «Прометей» г. С. Петербург.

Цифры, стоящие после букв, указывают на порядковый номер сплава в ГОСТе.

В конце маркировки могут стоять буквы:

У – улучшенный.

М – модифицированный.

И – специального назначения.

Л – литейный сплав.

В – сплав, где марганец заменен эквивалентным количеством ванадия.

Например: ВТ5, ВТ5-1, ВТ14, ОТ6, ПТ7М., ВТ6Л.

2.5. БАББИТЫ

Баббиты – это антифрикционные сплавы, которые применяют для заливки вкладышей подшипников скольжения. Эти сплавы должны иметь достаточную твердость, сравнительно легко деформироваться под влиянием местных напряжений, удерживать смазочный материал на поверхности, иметь малый коэффициент трения между валом и подшипником. Кроме того, температура плавления этих сплавов не должна быть высокой, и сплавы должны обладать хорошей теплопроводностью и устойчивостью к коррозии.

Для обеспечения данных свойств, структура этих сплавов должна состоять из мягкой и пластичной основы и включений более твердых частиц.

Наиболее широко применяют сплавы на оловянной и свинцовой основе (ГОСТ 1320-74)

Оловянные баббиты обладают хорошей прирабатываемостью к валу и износостойкостью. Они маркируются буквой Б. Далее стоят цифры, указывающие на среднее процентное содержание в сплаве олова. Например: Б88 и Б83.

Свинцовые баббиты имеют более низкую износостойкость (при повышенных давлениях), более хрупкие, чем оловянные.

Свинцовые баббиты также, как и оловянные, маркируются буквой Б. Далее могут стоять буквы Н и С, обозначающие легирующие элементы никель (0,1 – 0,5%) и сурьму соответственно. Например: БН, БС6, Б16. Цифры в маркировке этих баббитов обозначают среднее процентное содержание олова.

Свинцово-кальциевые баббиты (ГОСТ 1209-78) в своем составе имеют небольшое количество кальция (0,3 – 1%), который повышает антифрикционные свойства. Они маркируются буквами БК. Далее могут стоять цифры, которые указывают на среднее процентное содержание олова. Например БК, БК2.

Если в маркировке этих баббитов дополнительно стоят буквы А и Ш, это означает, что в сплавы введены алюминий и мышьяк, повышающие антифрикционные и механические свойства сплавов. Например: БКА, БК2Ш.

2.6. ПРИПОИ

Припой – это сплавы, используемые при пайке металлов высокой проводимости. Различают припой двух типов: для низкотемпературной пайки, имеющие температуру плавления до 400 °С и для высокотемпературной пайки с более высокой температурой плавления. Для получения хорошего соединения припой должен иметь более низкую температуру плавления, чем металл, подвергающийся пайке. В расплавленном состоянии припой должен хорошо смачивать поверхности. Температурные коэффициенты линейного расширения металла и припоя должны быть близки.

Для этих целей используют припой на основе Sn (олово), Pb (свинец), Zn (цинк), Ag (серебро), имеющих хорошую электрическую проводимость.

Для низкотемпературной пайки применяют оловянно-свинцовые и оловянно-цинковые припои (ГОСТ 21931-76).

Для высокотемпературной пайки используют медь, медно-цинковые припои (ГОСТ 21737-78), медно-фосфорные припои и припои, содержащие серебро.

Маркировка припоев начинается с русской буквы П, затем следуют буквы русского алфавита, показывающие основные компоненты припоя. Цифра, стоящая после букв, показывает среднее количественное содержание основного компонента в процентах.

Например: ПОС-50 – припой оловянно-свинцовый, содержащий 50 % олова, остальное – свинец;

ПОЦ-70 – припой оловянно-цинковый, содержащий 70 % олова, остальное – цинк

ПСр-61 – припой на основе серебра, содержащий 61 % серебра, остальное – медь или медь с цинком.

В медно-цинковых и медно-фосфористых припоях цифры указывают на среднее процентное содержание меди и фосфора.

Например: ПМЦ-48 – припой медно-цинковый, содержащий 48 % меди, остальное – цинк;

ПМФ7 – припой медно-фосфористый, содержащий 7 % фосфора, остальное – медь.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Выписать индивидуальные задания 1 и 2 по таблицам Д1, Д2 приложения Д.

3.2. Расшифровать предложенные в таблице Д1 марки материала.

3.3. Расшифровать три марки материала, предложенные для заданной детали и описать их свойства (таблица Д2).

3.2. Из трех предложенных марок материала для заданной детали выбрать одну. Обосновать выбор.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Наименование работы
- 4.2. Цель работы
- 4.3. Расшифровка марок материала из таблицы Д1
- 4.4. Расшифровка трех марок материала из таблицы Д2 с описанием их свойств.
- 4.5. Обоснование выбора необходимой марки материала для заданной детали.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Как маркируется чистая медь?
- 5.2. Что такое бронза и принцип ее маркировки?
- 5.3. Что такое латунь и принцип ее маркировки?
- 5.4. Как определить чистоту алюминия по его маркировке?
- 5.5. Что обозначает цифра в маркировке алюминиевых деформируемых и литейных сплавов?
- 5.6. Что такое баббит и как он маркируется?
- 5.7. Что обозначают цифры в маркировке титановых сплавов?
- 5.8. Каков принцип маркировки магниевых сплавов?
- 5.9. На какой основе изготавливают припои?
- 5.10. Как маркируются припои?

Практическая работа № 6

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ СТАЛИ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Приобрести навыки назначения режимов термической обработки для заготовок и готовых изделий.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Термическая обработка является важной операцией на различных этапах технологического цикла изготовления многих деталей. Сочетанием химического состава (марки) стали и выбором необходимого способа термической обработки можно достичь наиболее высоких механических свойств деталей и машин.

Термическая обработка состоит из трех циклов: нагрев материала до расчетной температуры, выдержка при этой температуре и охлаждение с заданной скоростью. Различают 4 основных вида термической обработки:

- Отжиг
- Нормализацию
- Закалку
- Отпуск.

Отжиг и нормализация относятся к предварительной термообработке, которая используется для заготовок. Закалка и последующий отпуск относятся к окончательной термообработке, которая используется для готовых изделий.

Отжиг заключается в нагреве стали до расчетных температур, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении вместе с печью.

Различают следующие виды отжига: полный, неполный, изотермический.

После отжига углеродистой стали образуются структуры, указанные на диаграмме состояния «железо – цементит». После отжига сталь обладает низкой твердостью и прочностью при высокой пластичности. Фазовая перекристаллизация, происходящая при отжиге, измельчает зерно стали и устраняет различные структурные дефекты.

Отжиг в промышленности в большинстве случаев является предварительной термической обработкой. Отжигу подвергают отливки, поковки, прокат для улучшения обрабатываемости резанием.

Полный отжиг заключается в нагреве доэвтектоидной стали на $(30 - 50)^\circ\text{C}$ выше точки A_{C3} , выдержке при этой температуре для полного прогрева и завершения фазовых превращений в объеме металла и последующем медленном охлаждении. При этом происходит полная фазовая перекристаллизация стали.

При нагреве до температуры выше точки A_{C3} на $(30 - 50)^\circ\text{C}$ образуется аустенит, характеризующийся мелким зерном, и поэтому при охлаждении возникает мелкозернистая структура, обеспечивающая высокую вязкость и пластичность.

Полному отжигу обычно подвергают сортовой прокат, поковки и фасонные отливки из доэвтектоидных сталей.

Для заэвтектоидных сталей полный отжиг на производят, т.к. после него цементит (Fe_3C) выпадает на границах зерен пластинчатого перлита в виде сетки, что охрупчивает сталь.

Неполный отжиг отличается от полного тем, что сталь нагревают до более низкой температуры (немного выше точки A_{C1}).

Для доэвтектоидных сталей неполный отжиг иногда применяют для повышения обрабатываемости резанием. Однако при неполном отжиге происходит частичная перекристаллизация стали только вследствие превращения перлит – аустенит. Феррит не подвергается перекристаллизации, образуется разнотернистая структура: зерна перлита мелкие, а феррита – крупные. В связи с этим неполный отжиг доэвтектоидных сталей применяют в том случае, если исходная заготовка не имеет очень крупного зерна.

Для заэвтектоидных сталей применяют только неполный отжиг. В этих сталях нагрев несколько выше точки A_{C1} (обычно на $(10 - 30)^\circ\text{C}$) вызывает практически полную фазовую перекристаллизацию стали и позволяет получить зернистую структуру перлита вместо пластинчатой. Такой отжиг называют сфероидизацией или **отжигом на зернистый перлит**.

Охлаждение при сфероидизации медленное. Оно должно обеспечить распад аустенита на феррито-карбидную структуру, сфероидизацию и коагуляцию образовавшихся карбидов, при охлаждении с печью до $620 - 680^\circ\text{C}$, дальнейшее охлаждение до комнатной температуры происходит на воздухе.

Сталь со структурой зернистого перлита имеет более низкую твердость, чем со структурой пластинчатого перлита, поэтому обрабатывается резанием лучше.

Отжигу на зернистый перлит подвергают заготовки из инструментальных и подшипниковых сталей.

Изотермический отжиг. В этом случае сталь нагревают, как и для полного отжига, и сравнительно быстро охлаждают (переносом в другую печь) до температуры ниже точки A_{C1} (обычно $\approx 650^\circ\text{C}$) и назначают изотермическую выдержку для полного распада аустенита, после чего следует охлаждение на воздухе.

Преимущество изотермического отжига заключается в уменьшении длительности процесса и получении более однородной структуры.

Изотермический отжиг улучшает обрабатываемость резанием, чистоту поверхности и уменьшает деформацию при последующей термической и химикотермической обработке.

Этот вид отжига используют для поковок и других заготовок небольших размеров.

Нормализация заключается в нагреве доэвтектоидной стали до температуры, превышающей точку A_{C3} на 50°C , а заэвтектоидной стали выше A_{Cm} также на 50°C (до полной аустенизации), непродолжительной выдержке для прогрева стали и завершения фазовых превращений и охлаждении на воздухе. Нормализация вызывает полную фазовую перекристаллизацию стали и устра-

няет крупнозернистую структуру, полученную при литье, прокатке, ковке или штамповке.

Назначение нормализации различно в зависимости от состава стали. Для низкоуглеродистых сталей нормализацию применяют вместо отжига для ускорения процесса.

Для заготовок из среднеуглеродистых сталей нормализацией заменяют более дорогую термообработку – улучшение (закалка + высокий отпуск). По сравнению с отожженной сталью нормализованная сталь имеет более высокую твердость, а по сравнению с улучшенной меньшую пластичность и ударную вязкость.

Для заэвтектоидных сталей нормализацию проводят для устранения цементитной сетки, образовавшейся при медленном охлаждении.

Закалка – это вид термической обработки, заключающийся в нагреве стали выше критической точки (A_{C3} для доэвтектоидных и A_{C1} для заэвтектоидных сталей) на $(30 - 50)^\circ\text{C}$, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении со скоростью равной или больше критической. Критическую скорость закалки обеспечивает охлаждающая среда вода (для углеродистых сталей) или масло (для легированных сталей). Основной структурой закаленной стали является мартенсит закалки, который образуется из аустенита при охлаждении с критической скоростью закалки. Мартенсит закалки – это пересыщенный твердый раствор углерода в Fe- α . Закалка, при которой в результате нагрева образуется только аустенит, называется **полной закалкой**.

Доэвтектоидные стали с исходной структурой феррит+ перлит при нагреве приобретают аустенитную структуру, которая при последующем охлаждении со скоростью, равной или выше критической превращается в мартенсит закалки.

Заэвтектоидные стали с исходной структурой перлит + цементит нагревают несколько выше A_{C1} на $(10 - 20)^\circ\text{C}$. При таком нагреве образуется структура аустенит + цементит. После охлаждения структура закаленной стали состоит из мартенсита закалки и нерастворившихся карбидов (цементита). Закалка, при которой при нагреве стали образуется наряду с аустенитом феррит (в доэвтектоидных сталях) или цементит (в заэвтектоидных сталях) называется **неполной закалкой**.

Таким образом, для доэвтектоидных сталей производится полная закалка, а для заэвтектоидных – неполная закалка.

В углеродистых сталях, которые содержат углерода более 0,6 % весь аустенит, который образовался при нагреве, при последующем охлаждении со скоростью, равной или больше критической, не превратится в мартенсит закалки, так как температура конца мартенситного превращения в этих сталях ниже комнатной температуры. Часть аустенита остается не превращенной в мартенсит. Такой аустенит называется остаточным аустенитом. Поэтому структура заэвтектоидной стали после закалки будет состоять из мартенсита закалки, цементита и остаточного аустенита.

Отпуск – это вид термической обработки, который заключается в нагреве закаленной стали ниже критической точки A_{C1} , выдержке при этой температуре и последующем охлаждении с определенной скоростью (углеродистые стали охлаждают на воздухе). Отпуск является окончательной операцией термической обработки, проводится после закалки для обеспечения требуемого уровня эксплуатационных свойств и снятия закалочных напряжений.

В зависимости от температуры отпуска различают низкий, средний и высокий отпуск.

Низкий отпуск проводится при температуре 150 – 200 °С. При этом виде отпуска снижаются внутренние напряжения, повышается прочность и немного улучшается вязкость стали. Структура стали после низкого отпуска называется мартенситом отпуска. Твердость после этого вида отпуска HRC 58 – 63. При этом виде отпуска твердость наибольшая из всех видов отпуска. Низкому отпуску подвергается режущий и измерительный инструмент из углеродистых и низколегированных сталей.

Средний отпуск проводится при температуре 350 – 500 °С. Такой вид отпуска обеспечивает стали высокий предел упругости, предел выносливости и релаксационную стойкость. Структура носит название троостит отпуска. Твердость после среднего отпуска HRC 40 – 50. Такому отпуску подвергают пружины, рессоры, штампы.

Высокий отпуск проводится при температуре 500 – 650 °С. Высокий отпуск создает наилучшее соотношение прочности и вязкости стали. Структура носит название сорбит отпуска. Твердость после высокого отпуска HRC 35 - 25.

Закалка в сочетании с высоким отпуском называется **термическим улучшением**. Улучшение в значительной степени повышает конструкционную прочность стали, уменьшая чувствительность к концентраторам напряжений, снижая температуру верхнего и нижнего порога хладноломкости стали. Такому отпуску подвергаются различные конструкционные детали – валы, шестерни и т. д.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Изучить приведенный теоретический раздел.
- 3.2. Выбрать вариант индивидуального задания из таблицы Е1.
- 3.3. Решить предложенные задачи (с графиками термической обработки).
- 3.4. Сделать выводы по работе.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 4.1. Наименование работы
- 4.2. Цель работы
- 4.2. Решение задач (с графиками термической обработки)
- 4.3. Выводы по работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. Какие виды термической обработки относятся к предварительной?
- 5.2. Какие виды термической обработки относятся к окончательной?

- 5.3. Назовите цели и задачи предварительной термообработки.
- 5.4. Назовите цели и задачи окончательной термообработки.
- 5.5. Как назначается режим отжига и нормализации для доэвтектоидных сталей?
- 5.6. Как назначается режим отжига и нормализации для заэвтектоидных сталей?
- 5.7. Какая структура и при каких условиях образуется при закалке стали?
- 5.8. Как назначается режим закалки для доэвтектоидных, эвтектоидных и заэвтектоидных сталей?
- 5.9. Назовите цели и задачи отпуска стали.
- 5.10. Разновидности отпуска, его режимы.
- 5.11. Структуры и свойства, характерные для каждого вида отпуска.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали./ Ю.А. Геллер. – М.: Металлургия, 1983. – С. 191-201, 322-393.
2. Лахтин Ю.М. Материаловедение. / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. - М.: Машиностроение, 1991. - 487 с.
3. Пахолук А.П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали /А.П. Пахолук, О.А. Пахолук. – Львів: видавництво “Світ”, 2005. – 172 с.
4. Гуляев А.П. Металловедение / А.П.Гуляев. – М.: Металлургия, 1986. – 851 с.
5. Материаловедение / Под ред. Б.Н.Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1986. – 611 с.
6. Технология конструкционных материалов/ Под ред. А.М.Дальского. – М.: Машиностроение 1999. – 764с.
7. Металознавство: Підручник/ О.М. Бялик, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. - 2-е вид., перероб. і доп. – К.: ІВЦ «Видавництво Політехніка», 2010. – 384 с.
8. Технология конструкційних матеріалів. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів / отв ред. В.В.Атаманюк. - Киев: Кондор, 2009. - 528 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Справочные материалы к практической работе 1

Таблица А1 – Индивидуальное задание для определения метода измерения твердости

№ вар.	Наименование изделия	Твердость
1	2	4
1	Кусачки Винт червячной пары	HV 800 HRC 50
2	Гайка нажимного винта Развертка	HB 200 HRC 61
3	Хвостовик сверла Гребной винт	HRC 50 HB 100
4	Крышка редуктора Втулка	HB 210 HRB 89
5	Штуцер гидросистемы автомобиля Зубчатое колесо большегрузного автомобиля	HB 680 HRC 56
6	Коленчатый вал дизеля Корпус редуктора	HV 600 HB 240
7	Палец рулевого управления легкового автомобиля Заготовка под втулку	HRA 55 HRB 87
8	Шарик подшипника Кулачки	HRC 65 HB 370
9	Шпиндель станка Фреза	HV 750 HRC 55
10	Шестерня большегрузного автомобиля Коленчатый вал автомобиля «Волга»	HRC 59 HB 220
11	Капир-шаблон Зубчатое колесо	HV 750 HRC 58
12	Рессора Резец	HB 400 HRC 63
13	Хирургический инструмент Фланец	HRC 50 HB 110
14	Муфта Резец	HB 260 HRC 50
15	Шестерня Заготовка под вал	HRC 45 HB 385
16	Рессора легкового автомобиля Отливка зубчатого колеса	HRC 40 HRA 80
17	Заготовка под плунжер Шестерня	HRB 80 HV 250
18	Кольцо подшипника Муфта	HRC 61 HB 269
19	Штамп для холодной штамповки Валок прокатного стана	HRC 60 HB 450
20	Измерительная скоба Заготовка под вал	HRA 55 HRB 85
21	Толкатель грузового автомобиля Втулка нефтяного насоса	HRC 60 HV 780
22	Коленчатый вал тихоходного судна Фреза	HV 800 HRC 58
23	Гибочный штамп Резец	HV 700 HRC 55
24	Прессформа Зубчатое колесо	HV 800 HRC 45
25	Втулка Гидроцилиндр	HRB 80 HB 265

Таблица А2 - Индивидуальное задание для определения прочности и пластичности

№ вар.	Материал	Параметры образцов			Р _в , Н	σ _в , МПа	δ, %
		F ₀ , мм ²	L ₀ , мм	L _к , мм			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь углеродистая	10	100	112	7000		
	Алюминий	5	50	70	400		
	Дюралюмин (Д16)	5	50	57	1600		
2	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь легированная	10	100	108	11500		
	Медь	10	100	125	1600		
	Бронза	10	100	103	6500		
3	Железо	10	100	130	3000		
	Чугун	10	100	103	5000		
	Титан	8	100	125	5000		
	Сплав титана ВТ-9	8	100	110	13000		
4	Железо	10	100	130	3000		
	Нержавеющая сталь	10	100	120	5800		
	Алюминий	5	50	70	400		
	Сплав алюмин АМг6	5	50	54	3000		
5	Медь	10	100	125	1600		
	Латунь	10	100	104	4500		
	Титан	8	100	125	5000		
	Сплав титана ВТ-9	8	100	110	13000		
6	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь 40Х	10	100	108	10000		
	Алюминий	5	50	70	400		
	Силумин АЛ9	5	50	60	1200		
7	Титан	8	100	125	5000		
	Сплав титана ВТ5	8	100	112	8000		
	Алюминий	5	50	70	400		
	Силумин	5	50	55	900		
8	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь 38ХМЮА	10	100	108	7500		
	Медь	10	100	125	1600		
	Латунь Л80	10	100	113	6400		
9	Алюминий	5	50	70	400		
	Сплав алюм. АМг5	5	50	60	1500		
	Титан	8	100	125	5000		
	Сплав титана ВТ5	8	100	110	8000		
10	Медь	10	100	125	1600		
	Латунь	10	100	105	6600		
	Алюминий	10	100	140	800		
	Дюралюмин Д20	10	100	110	5500		
11	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь хромистая	10	100	108	7000		
	Магний	10	100	108	1000		
	Сплав магния МЛ6	10	100	101	2600		
12	Железо	10	100	130	3000		
	Чугун	10	100	101	5000		
	Титан	10	100	125	6500		
	Сплав титана ВТ-5-1	10	100	110	9000		

Окончание табл. А2

13	Медь	10	100	125	1600		
	Бронза	10	100	110	4000		
	Магний	10	100	108	1000		
	Сплав магния МЛ1	10	100	105	2000		
14	Алюминий	10	100	140	800		
	Сплав алюмин. Д16	10	100	110	3000		
	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь углеродистая	10	100	112	5500		
15	Магний	10	100	108	1000		
	Сплав магния МА2	10	100	103	2700		
	Медь	10	100	125	1600		
	Бронза	10	100	107	7000		
16	Алюминий	10	100	140	800		
	Сплав алюмин. АЛ2	10	100	105	1800		
	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь углеродистая	10	100	115	5000		
17	Титан	10	100	125	6500		
	Сплав титана ОТ4	10	100	110	7500		
	Алюминий	10	100	140	800		
	Дюралюмин Д20	10	100	113	4300		
18	Медь	10	100	125	1600		
	Латунь	10	100	105	4000		
	Магний	10	100	108	1000		
	Сплав магния МА3	10	100	105	2400		
19	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь	10	100	115	6500		
	Алюминий	10	100	140	800		
	Дюралюмин Д16	10	100	107	6700		
20	Алюминий	10	100	140	800		
	Сплав алюминия	10	100	112	4000		
	Титан	10	100	125	6500		
	Сплав титана ВТ3-1	10	100	117	11000		
21	Медь	10	100	125	1600		
	Бронза бериллиевая	10	100	102	9500		
	Магний	10	100	108	1000		
	Сплав магния МА16	10	100	105	3000		
22	Титан	10	100	125	6500		
	Сплав титана ВТ9	10	100	106	13000		
	Алюминий	10	100	140	800		
	Сплав алюмин. АЛ2	10	100	110	3500		
23	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь углеродистая	10	100	112	7000		
	Медь	10	100	125	1600		
	Бронза	10	100	105	8500		
24	Магний	10	100	108	1000		
	Сплав магния	10	100	105	3000		
	Титан	10	100	125	6500		
	Сплав титана ВТ14	10	100	106	14500		
25	Медь	10	100	125	1600		
	Латунь	10	100	102	4500		
	Алюминий	10	100	140	800		
	Сплав алюмин. АЛ9	10	100	103	2000		
26	Железо	10	100	130	3000		
	Сталь 40ХНМ	10	100	115	6500		
	Магний	10	100	108	1000		
	Сплав магния МЛ10	10	100	105	2400		

Таблица А3 – Соотношение чисел твердости различных методов измерения

HV	HRC	HRA	HRB	HB	HV	HRC	HRA	HRB	HB
160	-	46,6	80	136	490	49,6	75,3	-	475
170	-	48,4	84,4	147	500	50,4	75,7	-	485
180	-	50	87,5	158	510	51	76,1	-	494
190	-	51,6	90	169	520	51,7	76,5	-	504
200	7	53,2	92,3	180	530	52,3	77	-	514
210	10,5	54,6	94,4	190	540	53	77,4	-	523
220	13,9	55,9	96,2	202	550	53,5	77,8	-	532
230	16,8	57,2	98	212	560	54,1	78,1	-	540
240	19,4	58,4	99,5	223	570	54,6	78,5	-	547
250	21,7	59,5	-	234	580	55,2	78,9	-	554
260	23,8	60,5	-	245	590	55,6	79,2	-	559
270	25,7	61,5	-	256	600	56,1	79,4	-	563
280	27,4	62,4	-	267	610	56,6	79,7	-	566
290	29	63,3	-	278	620	57	80	-	569
300	30,5	64,1	-	289	630	57,5	80,3	-	570
310	31,9	64,8	-	300	640	57,9	80,6	-	-
320	33,3	65,6	-	310	650	58,3	80,9	-	-
330	34,6	66,3	-	321	660	58,7	81,1	-	-
340	35,8	67	-	332	670	59,1	81,4	-	-
350	37	67,6	-	343	680	59,5	81,6	-	-
360	38,1	68,3	-	354	690	59,8	81,9	-	-
370	39,2	68,9	-	365	700	60,2	82,1	-	-
380	40,2	69,5	-	375	710	60,5	82,3	-	-
390	41,2	70,1	-	385	720	60,8	82,5	-	-
400	42,1	70,6	-	395	730	61,2	82,7	-	-
410	43	71,2	-	405	740	61,5	83	-	-
420	44	71,8	-	415	750	61,8	83,2	-	-
430	44,9	72,3	-	425	760	62,1	83,4	-	-
440	45,8	72,8	-	435	770	62,4	83,6	-	-
450	46,6	73,3	-	445	780	62,7	83,9	-	-
460	47,3	73,8	-	455	790	63	84	-	-
470	48,2	74,3	-	465	800	63,3	84,3	-	-
480	49	74,8	-	475					

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Справочные материалы к практической работе 2

Таблица Б1 – Варианты индивидуального задания

Вариант задания	Материал	Температура плавления, °С	Температуры деформации, °С
1	2	3	4
1	Железо	1539	400; 650
	Сплав магния МА2	630	200; 300
2	Сталь 08	1510	800; 200
	Латунь Л60	895	300; 500
3	Сплав алюминия АМг	640	100; 200
	Молибден	2620	500; 900
4	Дюралюмин	610	150; 400
	Хром	1890	800; 1200
5	Магний	651	250; 450
	Сталь 60	1500	650; 750
6	Латунь ЛА85-05	1020	350; 500
	Олово	232	50; 250
7	Титан	1665	900; 1300
	Сплав магния МА5	605	100; 200
8	Бронза БрОЦ4-4-2,2	1020	250; 750
	Алюминий	660	100; 400
9	Латунь	890	500; 700
	Серебро техническое	1539	400; 600
10	Сплав магния МА4	615	250; 400
	Вольфрам	3410	1500; 2500
11	Свинец	327	40; 200
	Латунь Л90	900	180; 300
12	Бронза БрА5	1056	400; 550
	Медь	1083	100; 250
13	Сталь 40	1510	600; 800
	Алюминий	660	150; 300
14	Сплав титана ВТ5	1600	600; 800
	Титан	1665	1000; 1300
15	Латунь Л70	915	120; 300
	Кадмий	320	40; 150
16	Медь	1083	300; 700
	Латунь	1000	250; 600
17	Олово	232	30; 130
	Бериллий	1284	180; 780
18	Никель	1455	600; 800
	Сплав МА4	615	250; 400
19	Латунь Л90	875	100; 250
	Марганец	1245	60; 250
20	Сталь 10	1520	30; 530
	Кобальт	1490	700; 900
21	Сплав алюминия АМг2	650	90; 200
	Хром	1890	200; 900
22	Вольфрам	3410	900; 1500
	Сплав алюминия АЛ2	580	100; 200
23	Латунь Л60	895	300; 400
	Титан	1665	500; 1000

Окончание табл. Б1

1	2	3	4
24	Бронза БрБ2 Магний	955 651	100; 300 250; 400
25	Сплав магния МА2 Кремний	630 1440	50; 250 200; 600
26	Серебро техническое Дюраль Д16	1539 610	400; 700 250; 300

Справочные материалы к практической работе 3

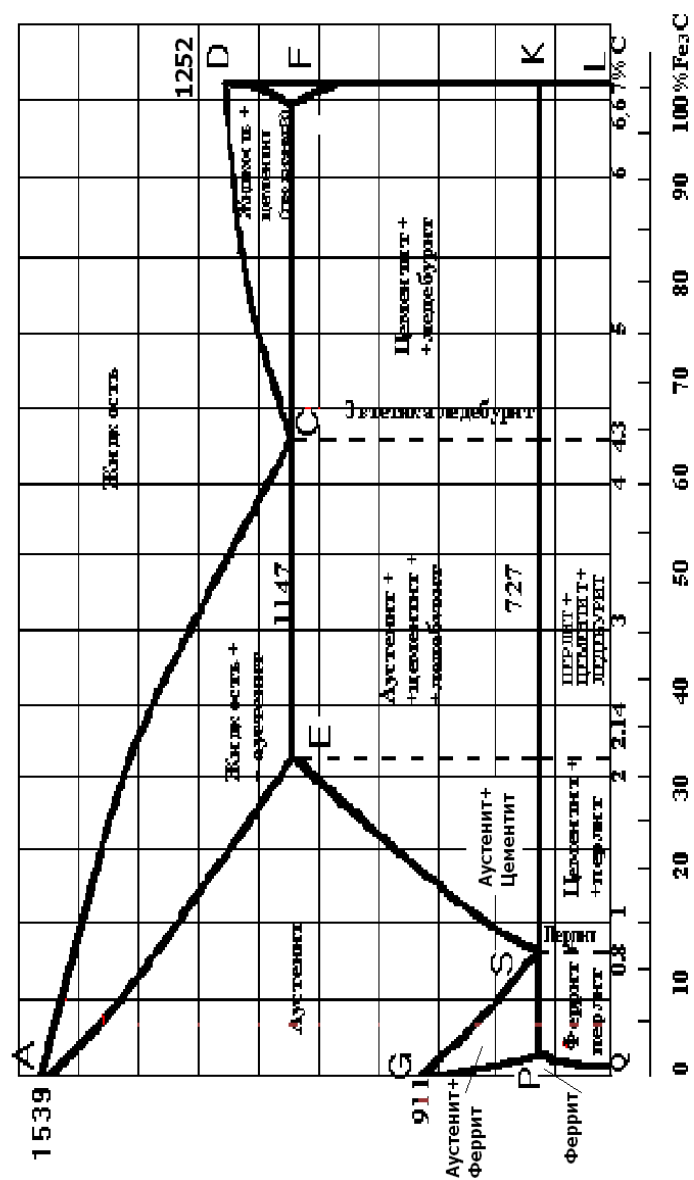


Рисунок 1 - Диаграмма состояния железо-углерод (железо-цементит)

Таблица В1 – Варианты индивидуального задания

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
C, %	0,2	0,3	0,4	0,6	1,1	1,3	1,5	1,7
Температура, °C	500	750	200	300	730	1450	500	900
№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
C, %	2	2	4,5	5,5	0,5	4,7	4,5	4,6
Температура, °C	850	1100	900	750	850	400	850	500
№ варианта	17	18	19	20	21	22	23	24
C, %	4,5	4,8	5	5,2	5,8	6	6,1	6,5
Температура, °C	1000	1200	350	980	750	1200	500	800

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
C, %	0,2	0,3	0,4	0,6	1,1	1,3	1,5	1,7
Температура, °C	500	750	200	300	730	1450	500	900
№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
C, %	2	2	4,5	5,5	0,5	4,7	4,5	4,6
Температура, °C	850	1100	900	750	850	400	850	500
№ варианта	17	18	19	20	21	22	23	24
C, %	4,5	4,8	5	5,2	5,8	6	6,1	6,5
Температура, °C	1000	1200	350	980	750	1200	500	800

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
C, %	0,2	0,3	0,4	0,6	1,1	1,3	1,5	1,7
Температура, °C	500	750	200	300	730	1450	500	900
№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
C, %	2	2	4,5	5,5	0,5	4,7	4,5	4,6
Температура, °C	850	1100	900	750	850	400	850	500
№ варианта	17	18	19	20	21	22	23	24
C, %	4,5	4,8	5	5,2	5,8	6	6,1	6,5
Температура, °C	1000	1200	350	980	750	1200	500	800

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
C, %	0,2	0,3	0,4	0,6	1,1	1,3	1,5	1,7
Температура, °C	500	750	200	300	730	1450	500	900
№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
C, %	2	2	4,5	5,5	0,5	4,7	4,5	4,6
Температура, °C	850	1100	900	750	850	400	850	500
№ варианта	17	18	19	20	21	22	23	24
C, %	4,5	4,8	5	5,2	5,8	6	6,1	6,5
Температура, °C	1000	1200	350	980	750	1200	500	800

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
C, %	0,2	0,3	0,4	0,6	1,1	1,3	1,5	1,7
Температура, °C	500	750	200	300	730	1450	500	900
№ варианта	9	10	11	12	13	14	15	16
C, %	2	2	4,5	5,5	0,5	4,7	4,5	4,6
Температура, °C	850	1100	900	750	850	400	850	500
№ варианта	17	18	19	20	21	22	23	24
C, %	4,5	4,8	5	5,2	5,8	6	6,1	6,5
Температура, °C	1000	1200	350	980	750	1200	500	800

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Справочные материалы к практической работе 4

Таблица Г1 - Варианты задания к практической работе № 4

№ вар.	Марки материала
1	20-селект., 16Х-Ш, 9ХС, У8-Ш, КЧ40-9, ЧЮХШ, Р12МЗК5Ф2-МП, ВК8; А20, Т5К10, ХВГ, Ст2
2	30А, Ст3кп, У11, Т15К6, 20Х13, 4Х5МФС, ХВСГ, ВЧ98, Р6М5, ВК3, 40-Ш, АЧС-2
3	20Л, ВК6, 38Х2С, 20ХГС2Н-ШЛ, Р6М5К5, Х6ВФ, Т10К5, КЧ 40-12, А12, ВСт5, У10А, ЧНХМД
4	35-Ш, ВК8, У12, 18ХГСН2ВМА, 5ХНМ, СЧ25, АС14, БСт4, Р18, Т30К4, Х12Ф1, КЧ60-3
5	Ст3, ХВГ, Р6М5, КЧ35-7, 40Х2ГСНМ, ШХ15, ТТ15К8, 20А, А20, ЧН11Г7Ш, ВК9, 5ХГМ
6	08, У12А, І7ХНЗМА, КЧ40-5, Р6М5К5, ВК6, ВСт1кп, 3Х2В8Ф, ХНМ, Т30К4, А12, АЧВ-2
7	БСт2, У13, 9ХС, 06Х16Н15МЗБ-Ш, Р6М5, СЧ25, ШХ15СГ, АС40, 40, ТТ10К8-Б, ЧН11Г7Ш, Х
8	ВСт5, У7, 6ХС, 18ХГСН2ВМА, Т15К10, Р18; ВЧ45, 40-ШЛ, ЧНХТ, Х12, У8ГА, АЧС-1
9	7ХФН, 20-Ш, АС40, ВК6-М, Р12МЗК5, АЧК-2, ХВСГ, СЧ18, Т5К9, 04Х18Н10, У8А, Ст3
10	60, Р6М5, 25ХЗНМ, ВК8, ШХ15, ВСт4, У10, 4Х5В2ФС, ХВГ, АЧС-3, Т5К10, КЧ35-10
11	50А, 30Х2М, ХВСГ, 20ХМ-ШЛ, Р12МЗК5, У7А, КЧ38-12, ВСт5кп, ЧЮХШ, Т10К8, 3Х2В8Ф, А20
12	20-Ш, 36ХНМФА, ШХ15, Р6М5К5, ВК8, ВЧ100, Ст0, 5ХГМ, У11, ХНМ, А45Е, ЧХ16
13	ВСт6, Р18, 6ХС-Ш, 09Г2СД, КЧ37-12, ВК6, ЧНХМД, 60А, А40Г, Х12М, АЧК-2, У7
14	БСт2, І2Х13, 16Г2НМЛ, СЧ25, Р8МЗК6С, ВК6-М, ЧН19Х3Ш, 4ХНСВ, ХНМ, 20Л, А20, Т15К5
15	60, Х, Св-08Х21НЮБ, 38ХМЮА, Р6М5, ВЧ140; ВК6, СЧ15, 4Х3В2М2Ф2. У12, Т5К10, АС38ХГМ
16	50, 16ГНМ-Ш, Св-08Х3Г2, ВСт5пс, Р6М5, Т15К6, АЧВ-2, ЧНХМД, У10А, А45Е, ХНМ, 3Х2В8Ф
17	25Л, 20Х3ВФ, ШХ15, СЧ20, Р12МЗК5, Т15К6, ЧС15, ВК3-М, У9, ХВСГ, 5ХНСВ, АС30ХМ
18	БСт5, 10Х2МФБ, 03Х13, КЧ37-12, Р6М5К5, ВК6, ЧН19Х3Ш, А12, 3Х2В8Ф, У10, 30Л, ТТ8К6
19	40Л, Р12Ф3, 30ХМА, У11, СЧ30, 3Х2М2Ф, ВК10-ОМ, А40ХЕ, ХГМ, ЧН11Г7Ш, АЧК-1, Т15К6
20	Ст3, І2Х21Н5Т, Р6М4, 15Х11МВФЛ, У8, ВК3, АС12ХН, ХВГ, 5ХНСВ, Т30К4, КЧ33-8, ЧЮ7Х2
21	БСт2, І2Х21Н5Т, 9ХС, У8А, Т15К10, Р6М5-МП, СЧ40, Х12М, ВК8М, АС40, ЧНХТ, АЧВ-2
22	25Л, 40Х3СНМФ, Р6М5Ф3, ВЧ45; ТТ15К8, Х, БСт4, ЧЮХШ, АС12ХН, АЧС-3, Х12М, У10А
23	20-Ш, У10, ЧХ28, 10Х2МФБ, Р6М5К5, ВЧ140, ВК8, АЧК-1, 9ХС, ХСНД, Т14К8, А20
24	10, 17ХНЗМ-Ш, Р6М5-Ш, ХВГ, Т15К6, КЧ38-12, А20, У11, ВК10-ОМ, А40Г, 4Х5В2ФС, ЧХ16
25	10Х13СЮ, У8А, Св.-10НМ-Ш, 30Л, ШХ15, АЧВ-2, ЧНХМД, ВК8М, Р18, ТТ8К6, СЧ30, А12
26	Р6М5Ф3, 25Л, ВСт4, ШХ15СГ, А40Г, Х12, 08Х18Н12Т, У10, Т30К4, ВК6, КЧ35-10, ЧХ28

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Справочные материалы к практической работе 5

Таблица Д1 – Варианты индивидуального задания 1

№ вар.	Марки материалов
1	A95, M1, БрОФ 6,5-0,15, Д1, АМцН, САС1, ВТ5-1
2	Д16, Л96, МА8, БрОЦ 4-3, А97, В95, Б88
3	ЛО62-1, ВТ6, САП2, А85, Д20, АМг1, БрКМц 3-1
4	В95, А99, Б83, АЛ2, ЛКС80-3-3, БрБ 2, МЛ10
5	М4, БрОНС 11-4-3, В96, А995, АК6, САП3, ВТ14
6	Д1, Л90, А8, БрОФ 10-1, АМг5, МА11, ПОЦ-70
7	А0, ЛС59-1, САС1, Д16, БрА5, В95, Б16
8	АК4, МЛ10, ВТ14, ЛАН59-1-1, БрКН 1-3, А7, ПМФ5
9	ЛЖМц59-1-1, Б88, А99, БрОЦС 4-4-2,5, МА1, АМцМ, Д20
10	А5, АК8, М2, БрОФ 6,5-0,4, САП2, ЛК80-3Л, БК2
11	Л68, МЛ10, БрАЖН 10-4-4, А95, В96, М00, ВТ22
12	Д20, ЛМцОС58-2-2-2, АЛ8, БрА5, АК6, МА8, Б16
13	А995, САС1, ЛАЖ60-1-1, БрОЦ5-1, ВТ6, АМг6, Д1
14	Л70, БрКМц3-1, А8, М3, АК2, САП2, ПСР60
15	А97, М00, Д16, Б83, БК2, БрОФ6,5-4, В96, МА5
16	ЛК80-3Л, САП3, БрБ2, А85, АМг5, Д20, ВТ5-1
17	АМцП, ЛА77-2, Б16, А0, БрАЖН9-4-4, АЛ9, САС1
18	А99, МА9, АЛ13, ЛС59-1, БрОЦСН3-7-5-1, М3, ВТ14
19	ЛН65-5, БрОФ4-3, А6, АК6, Д16, МЛ10, БС6
20	М3, А99, ВТ14, БрКМц3-1, ЛМцОС58-2-2-2, МА8, АЛ4
21	АМг3, А7, Л63, БрОЦС 4-4-2,5, В95, САП3, Б83
22	АК4, МЛ5, Д20, ЛМцЖ52-4-1, БрА5, А995, ПМЦ45
23	ЛО70-1, Б16, А8, БрКН 1-3, АЛ2, МА1, АМг5,
24	А95, АК8, ЛАН59-1-1, САС1 Д1, БрКМц3-1, ВТ6
25	В95, АЛ25, Б88, ЛАЖМц66-6-3-2, БрБ2, А86, САП3
26	М000, МА11, А9, БрАЖН 10-4-4, ЛА77-2, АК6, ВТ22

Таблица Д2 – Варианты индивидуального задания 2

№ вар.	Изделие	Способ получения	Предполагаемые материалы
1	2	3	4
1	Шина для подвода электропитания	ОМД (листовой прокат)	Д1, А95, АЛ3
2	Каркас двери лифта	ОМД (фасонный прокат)	А999, АЛ2, Д1
3	Лопасть винта вертолета	ОМД (ковка)	АЛ5, АК6, А0
4	Корпус двигателя	Литье	А95, АЛ2, МА1
5	Панель легкого прибора	ОМД (холодная штамповка)	МА1, АЛ2, БрБ2
6	Корпус легкого прибора	Литье	А999, МЛ6, ЛК80 – 3Л
7	Радиаторная трубка в двигателе	ОМД (холодная вытяжка)	Л63, Л96, АЛ3
8	Средненагруженная тонкостенная втулка	ОМД (холодная штамповка)	М00, М4, Л68
9	Крышка насоса для перекачивания морской воды	Литье	Л63, Д1, БрОЦ10 - 2
10	Износостойкая втулка	ОМД (холодная штамповка)	М00, АЛ2, БрА5
11	Болт, контактирующий с морской водой	ОМД (холодная штамповка)	ЛО70 – 1, Л63, МЛ5
12	Обшивка корпуса подводных лодок	ОМД (листовой прокат)	М4, Мг90, ВТ1 - 00

Окончание табл. Д2

1	2	3	4
13	Труба для транспортировки пылевидного топлива (требования – износостойкость и взрывобезопасность)	ОМД (холодная вытяжка)	М0, АЛ4, БрБ2
14	Пластины коллектора электрических машин	ОМД (листовой прокат)	М00, САС, МА14
15	Маслопровод самолетов	ОМД (вытяжка, прессование)	МЛ12, Л90, АЛ9
16	Пружины для приборов, работающих в тяжелых условиях при повышенных температурах	ОМД (прокат, волочение, навивка)	БрКМц3–1, А999, М4
17	Пружина для контактов в радиотехнической схеме	Прокат, волочение, навивка	БрОФ10–1, АЛ2, БрБ2
18	Конденсаторная трубка	ОМД (холодная вытяжка)	АЛ2, Л85, М00
19	Корпус компрессора	Литье	Д16, М4, АЛ4
20	Слабонагруженный подшипник скольжения	Литье	Л90, АО, Д20
21	Вкладыш подшипника скольжения вагона	Литье	АЛ2, Б83, ЛЖМц59–1–1
22	Гильза снаряда	ОМД (холодная вытяжка)	МЛ2, Л70, Д1
23	Труба для бензина или масла	ОМД (глубокая вытяжка)	АМц2, АЛ2, БрБ2
24	Заклепка	ОМД (холодная штамповка)	Д18, МЛ2, БрОФ10 – 1
25	Кузов грузового автомобиля	ОМД (холодная вытяжка)	Д16, МЛ10, ВТ1 – 00
26	Втулка для шарикоподшипника	Литье	М4, Д1, ЛС59 – 1
27	Втулка, работающая в морской воде	Литье	А99, МА4, ЛА67 – 2,5
ОМД – обработка металлов давлением			

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Справочные материалы к практической работе 6

Таблица Е1 – Варианты задания

№ варианта	№ задачи	№ варианта	№ задачи
1	1, 13	14	19, 26
2	2, 12	15	20, 37
3	3, 23	16	22, 27
4	4, 29	17	25, 39
5	5, 38	18	24, 34
6	6, 17	19	41, 28
7	7, 21	20	30, 43
8	8, 14	21	32, 34
9	9, 15	22	31, 40
10	10, 36	23	44, 19
11	11, 44	24	9, 13
12	16, 42	25	3, 13
13	18, 35	26	7, 20

Задача 1

Сталь 40 подверглась закалке от температур 760 и 840 °С. Опишите превращения, происходящие при данных режимах закалки. Укажите, какие структуры образуются, и объясните причины получения разных структур. Какой режим следует рекомендовать?

Задача 2

С помощью диаграммы состояния железо-цементит определите температуру полной и неполной закалки для стали 45, дайте краткое описание микроструктуры и свойств после каждого вида термообработки, постройте графики этих видов термообработки.

Задача 3

После закалки углеродистой стали со скоростью выше критической была получена структура, состоящая из Феррита и Мартенсита. Определите, каков был состав стали, и какая была проведена термическая обработка. Постройте график данной термообработки.

Задача 4

С помощью диаграммы железо-цементит определите температуры нормализации, отжига и закалки для стали У12. Охарактеризуйте эти режимы термообработки и свойства после каждого вида обработки.

Задача 5

С помощью диаграммы состояния железо-цементит определите температуру полного и неполного отжига для стали 50, дайте краткое описание микроструктуры и свойств после каждого вида термообработки, постройте графики этих видов термообработки.

Задача 6

С помощью диаграммы состояния железо-цементит определите температуру полного и неполного отжига для стали У11, дайте краткое описание микроструктуры и свойств после каждого вида термообработки, постройте графики этих видов термообработки.

Задача 7

После термообработки стали получена структура Мартенсит отпуска + Цементит. Укажите состав стали (по углероду), температуру нагрева этой стали под закалку. Назначьте температуру отпуска, обеспечивающую получение заданной структуры.

Задача 8

Два образца из стали У10 закалены от разных температур нагрева: один от оптимальной, а второй на 70°C выше оптимальной. Будут ли различия в твердости у этих образцов и почему?

Задача 9

Сталь 40 подверглась полному и неполному отжигу. Постройте графики этих видов термообработки, укажите, какие структуры образуются при отжиге. Объясните причины получения различных структур и свойств.

Задача 10

После термообработки стали получена структура Троостит отпуска. Укажите температуру нагрева этой стали под закалку. Назначьте температуру отпуска, обеспечивающую получение заданной структуры, постройте графики этих видов термообработки.

Задача 11

После термообработки стали получена структура Сорбит отпуска. Укажите температуру нагрева этой стали под закалку. Назначьте температуру отпуска, обеспечивающую получение заданной структуры, постройте графики этих видов термообработки.

Задача 12

Вычертите диаграмму изотермического превращения для стали У8. Нанесите на нее кривую изотермической обработки, обеспечивающей твердость HRC 55. Укажите, как этот режим называется и какая структура в данном случае получается.

Задача 13

Вычертите диаграмму изотермического превращения для стали У8. Нанесите на нее кривую термической обработки, обеспечивающей твердость HRC 60-63. Укажите, как этот режим называется и какая структура в данном случае получается.

Задача 14

Вычертите диаграмму изотермического превращения для стали У8. Нанесите на нее кривую изотермической обработки, обеспечивающей твердость HRC 35. Укажите, как этот режим называется и какая структура в данном случае получается.

Задача 15

Вычертите диаграмму изотермического превращения для стали У8. Нанесите на нее кривую изотермической обработки, обеспечивающей твердость HRC 15. Укажите, как этот режим называется и какая структура в данном случае получается.

Задача 16

Назначьте температуру нормализации для сталей 45 и У12. Постройте графики этих видов термообработки. Укажите получаемые структуры.

Задача 17

Из стали 40 был изготовлен вал. Назначьте окончательную термообработку. Постройте график с указанием температур и микроструктур.

Задача 18

Из стали 65 была изготовлена пружина. Назначьте окончательную термообработку. Постройте график с указанием температур и микроструктур.

Задача 19

Из стали У12 был изготовлен резец. Назначьте окончательную термообработку. Постройте график термообработки с указанием температур и микроструктур.

Задача 20

Из стали 50 была изготовлена шестерня. Назначьте окончательную термообработку. Постройте график термообработки с указанием температур и микроструктур.

Задача 21

Из стали 40 была изготовлена заготовка под вал. Назначьте предварительную термообработку для этой заготовки. Постройте график термообработки с указанием температур и микроструктур.

Задача 22

Из стали У12 была изготовлена заготовка под резец. Назначьте предварительную термообработку для этой заготовки. Постройте график термообработки с указанием температур и микроструктур.

Задача 23

После термической обработки заэвтектоидной стали образовалась цементитная сетка. Укажите, какая была проведена термическая обработка. Какой термической обработкой можно исправить такой недостаток. Приведите график этой обработки.

Задача 24

Используя диаграмму состояния железо-углерод назначьте для стали 40 температуру закалки и отпуска, необходимые для обеспечения твердости 40 HRC. Постройте графики термической обработки и опишите превращения на всех этапах обработки, получаемую структуру и свойства.

Задача 25

Два образца из стали 50 закалены от разных температур нагрева: один – от оптимальной температуры нагрева, а второй – от межкритического интервала температур. Постройте графики термообработки образцов. Будут ли различия в твердости у этих образцов и почему?

Задача 26

С помощью диаграммы состояния железо-цементит опишите структурные превращения, происходящие при нагреве стали 45. Укажите критические точки A_{C1} и A_{C3} для этой стали. Установите режим нагрева стали под закалку. Приведите график закалки, опишите получаемую структуру и свойства.

Задача 27

С помощью диаграммы состояния железо-цементит назначьте режим термической обработки (температуру закалки, температуру отпуска и охлаждающие среды) изделий из стали 50, которые должны иметь твердость 25 HRC. Постройте график выбранной термической обработки и укажите изменения микроструктуры и свойств стали.

Задача 28

Что такое нормализация? Используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите температуру нормализации стали 45 и стали У12. Постройте графики этой термообработки и

опишите превращения, происходящие в сталях при заданном режиме обработки, получаемую структуру и свойства.

Задача 29

Назначьте предварительную и окончательную термообработку для эвтектоидной стали с указанием динамики изменения микроструктуры и свойств. Постройте графики этих видов термообработки.

Задача 30

С помощью диаграммы состояния железо - цементит определите температуру нормализации, отжига и закалки для стали 60. Постройте графики этих видов термической обработки и опишите структуры и свойства стали после каждого вида обработки

Задача 31

Два образца из стали 45 закалены от разных температур нагрева: один от оптимальной температуры нагрева, а второй – от межкритического интервала температур. Постройте графики этих видов термической обработки и объясните, будут ли различия в твердости у этих образцов и почему?

Задача 32

Используя диаграмму состояния железо - цементит, определите температуру полного и неполного отжига для стали 30. Постройте графики этих видов термической обработки и опишите изменения структур и свойств стали в процессе каждого вида обработки.

Задача 33

Используя диаграмму состояния железо - цементит, определите температуру полного и неполного отжига для стали 60. Постройте графики этих видов термической обработки и опишите изменения структур и свойств стали в процессе каждого вида обработки.

Задача 34

Для изготовления плашек выбрана сталь У11А. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование и укажите структуру и свойства плашек в готовом виде. Постройте график термической обработки.

Задача 35

Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение структуры мартенсит + аустенит остаточный. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений, и какая твердость получается в данном случае

Задача 36

Используя диаграмму изотермического превращения аустенита, объясните, почему нельзя получить чисто мартенситную структуру при охлаждении ее со скоростью ниже критической.

Задача 37

Назначьте режим термической и химико-термической обработки шестерни из стали 20Х с твердостью зуба 58... 62 HRC. Опишите микроструктуру и свойства поверхности и сердцевины зуба после термической обработки. Постройте графики ХТО и термической обработки.

Задача 38

Для изготовления разверток используется углеродистая сталь марки У10. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента. Постройте график термической обработки.

Задача 39

Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска зубил из стали У7. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки. Постройте график термической обработки.

Задача 40

В результате термической обработки детали должны иметь твердый износоустойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для изготовления выбрана сталь 15ХФ. Назначьте режим термической и химико-термической обработки и постройте графики.

Задача 41

Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска различных деталей из стали 45, которые должны иметь твердость 28... 35 HRC. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки. Постройте график термической обработки.

Задача 42

При непрерывном охлаждении стали У8 получена твердость 17 HRC. Нанесите на диаграмму изотермического превращения аустенита кривую охлаждения, обеспечивающую получение заданной твердости. Укажите интервалы температурных превращений и опишите характер превращений в каждом из них. Какая структура получается в данном случае.

Задача 43

Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска метчиков из стали У10А. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки. Постройте график термической обработки.

Задача 44

Используя диаграмму состояния железо-углерод, определите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 20. Постройте графики данных видов термической обработки и опишите микроструктуру и свойства стали.

В авторской редакции