

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель директора по УР
ГБПОУ «ЛСХТ»

_____ **Е.И. Бутусова**



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Учебной дисциплины «Материаловедение»

Разработал: Ивахненко Д.В.

Рассмотрено на заседании ПЦК
Профессионального цикла
Председатель _____ Н.Н. Фильченков
«__» _____ 201__ г.

с. Ульяново, 2015 год.

Оглавление

Введение.....	3
1. Содержание контрольной работы.....	3
2. Варианты заданий.....	4
3. Общие требования к выполнению контрольной работы.....	4
4. Методические указания к выполнению заданий.....	6
5. Приложение 1.....	11
6. Приложение 2.....	12
7. Приложение 3.....	14
8. Приложение 4.....	16
9. Приложение 5.....	17

ВВЕДЕНИЕ.

В методических рекомендациях в соответствии с программой учебной дисциплины «Материаловедение» (специальности 23.02.03 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта»), для студентов заочного обучения, изложены общие требования к выполнению работы, варианты заданий, рекомендованная литература и приведен пример выполнения и оформления выполненной работы.

Контрольное задание является завершающим этапом изучения раздела "Материаловедение" и имеет цели:

- закрепить знания, полученные при изучении тем;
- приобрести навыки в практическом применении диаграммы состояния "железо-цементит" для определения структуры и свойств железоуглеродистых сплавов и назначения режима термической обработки;
- показать умение в использовании нормативных документов и справочной литературы для оценки свойств конструкционных материалов.

1. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.

Контрольное задание содержит пять заданий:

Задание 1. Раскрыть сущность понятия, явления или процесса ответив на вопрос: «Что такое ...?». Ответ пояснить необходимыми рисунками, схемами, графиками.

Задание 2. Вычертить в масштабе диаграмму состояния "Fe-Fe 3C" и, пользуясь ею, указать, какие структурные превращения происходят в сплаве с заданным содержанием углерода при медленном охлаждении;

Задание 3. Расшифровать марку заданного конструкционного материала, указать его химический состав и механические свойства, регламентированные стандартами, а также отметить применение в автостроении и ремонтном производстве;

Задание 4. Вычертить диаграмму состояния "железо – цементит" (можно в упрощенном виде), указать структурные составляющих во всех областях диаграммы и дать их краткую характеристику. Зарисовать схематично данные вариантом структуры стали и чугуна и выполнить следующее:

- а) определить и соответственно обозначить на рисунке фазовые и структурные составляющие;

б) классифицировать данные сталь и чугун и указать область их существования на диаграмме состояния "железо-цементит".

Задание 5. Выбрать схему термической обработки для заготовки из заданного материала и назначить режим термической обработки, обеспечивающий получение заданной структуры.

2. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ.

Номер варианта задания соответствует номеру фамилии студента в журнале группы.

Варианты заданий для выполнения контрольного задания приведены, в приложении 1.

В колонке 1 приведены понятия, явления и процессы, сущность которых необходимо раскрыть при выполнении первого задания.

В колонке 2 приведены сплавы с заданным содержанием углерода при медленном охлаждении.

В колонке 3 приведена марка сплава для выполнения третьего задания.

Цифра в колонке 4 означает номер фотографии микроструктуры стали и чугуна (см. приложения 2 и 3) для выполнения четвертого задания.

В колонке 5 и 6 приведено наименование материала и структура, для получения которой необходимо назначить режим термической обработки.

3. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольное задание выполняется обучаемыми самостоятельно в часы самостоятельной работы в виде письменных ответов на поставленные вопросы и оформляется в соответствии с требованиями Стандарта организации.

Срок выполнения контрольного задания не должен превышать срока установленного учебным планом графиком. Выполнение работы не своего варианта не засчитывается.

Ответы на вопросы задания должны показать умение обучаемого анализировать и обобщать изученный материал, грамотно использовать необходимую справочную литературу. Для этого в ответе необходимо раскрыть сущность рассматриваемого

вопроса, материал излагать четко, не прибегая к выдержкам из учебников и другой технической литературы.

Текстовый, материал контрольного задания включает в себя:

- 1) титульный лист;
- 2) условие задания;
- 3) изложение ответов на вопросы;
- 4) список литературы.

Текст изложения ответов на вопросы выполняется на бумаге формата А4. Шрифт: **Times New Roman**, размер **14**, межстрочный интервал **1,5**, выравнивание по ширине. Поля должны быть: верхнее и нижнее 2 см., левое 3 см., правое 1.5 см. Ответ на каждый вопрос задания рекомендуется начинать с нового листа. Нумерация листов контрольного задания должна быть сквозной, первым является титульный лист, который выдает куратор и номер на нем не проставляется.

Список литературы оформляется в соответствии с приложением 4. Его необходимо включать в сквозную нумерацию, которая проставляется в середине верхнего поля листа арабскими цифрами, начиная с задания, при этом на нем ставится цифра 2.

Формулы, коэффициенты, нормативные величины, приведенные в контрольном задании, сопровождаются ссылкой на литературный источник с указанием в квадратных скобках порядкового номера по списку литературы, например [4].

Литература, рекомендованная для использования при выполнении контрольной работы, приведена в приложении 4. Указанную литературу можно получить на сайте техникума.

Выполненное и оформленное контрольное задание сдается куратору, который отдает его на проверку преподавателю. При необходимости преподаватель может привлекать обучающегося для пояснения и защиты выполненного задания. Контрольное задание оценивается по бальной системе с выставлением оценки в классный журнал.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ.

Задание 1. При ответе на поставленный вопрос не следует ограничиваться только определением. Необходимо раскрыть физическую сущность явления или процесса, привести классификацию и т.д.

Задание 2. При ответе на поставленный вопрос задания необходимо вычертить в масштабе диаграмму состояния углеродистых сплавов (Fe – Fe₃C). Рекомендуемый масштаб по оси температур: в 1 см - 150 °С; по оси концентрации углерода: в 1 см - 0,5%. Структурные составляющие сплавов в областях диаграммы показать принятыми условными обозначениями.

Отметить процентное содержание углерода в соответствии с заданием на оси концентрации диаграммы и провести через эту точку вертикальную линию. Точки пересечения данной линии с линиями диаграммы состояния пронумеровать сверху вниз и спроецировать на ось температур. По полученным значениям температур построить температурную кривую охлаждения сплава. Пользуясь полученной кривой охлаждения и диаграммой состояния, описать, какие превращения будут происходить в сплаве при его медленном охлаждении, проиллюстрировав их изображением микроструктуры сплава. Дать определение образующихся при этом структурных составляющих. Указать какую структуру будет иметь сплав после окончательного охлаждения, и каковы его будут механические свойства.

Задание 3. При ответе на третий вопрос задания необходимо расшифровать марку материала (дать полную его характеристику согласно принятой классификации), указать его химический состав и механические свойства, регламентируемые государственным стандартом, а также привести примеры применения материала в конструкции автомобиля.

Задание 4. При выполнении четвертого задания работы следует предварительно изучить разделы, касающиеся сплавов системы «железо-углерод»

Примеры схематичной зарисовки структур углеродистых сплавов, а так же обозначения структурных и фазовых составляющих приведены на рис. 1 – 6.

При комнатной температуре все стали состоят из двух фаз – феррита и цементита. Однако, в зависимости от содержания углерода в стали, структура их будет различной. Стали с содержанием углерода менее 0,025%, называемые *техническим железом*, имеют

структуру феррита или структуру феррита с небольшим количеством третичного цементита, который располагается по границам зерен феррита, что понижает его пластичность и вязкость (рис. 1).

Все сплавы с содержанием углерода более 0,025% претерпевают эвтектоидное превращение. Точка S диаграммы состояния «железо-цементит» (0,8% C) делит область сталей по структуре на доэвтектоидные ($C < 0,8\%$), эвтектоидную ($C = 0,8\%$) и заэвтектоидные ($C > 0,8\%$), микроструктура которых показана на рис. 2.

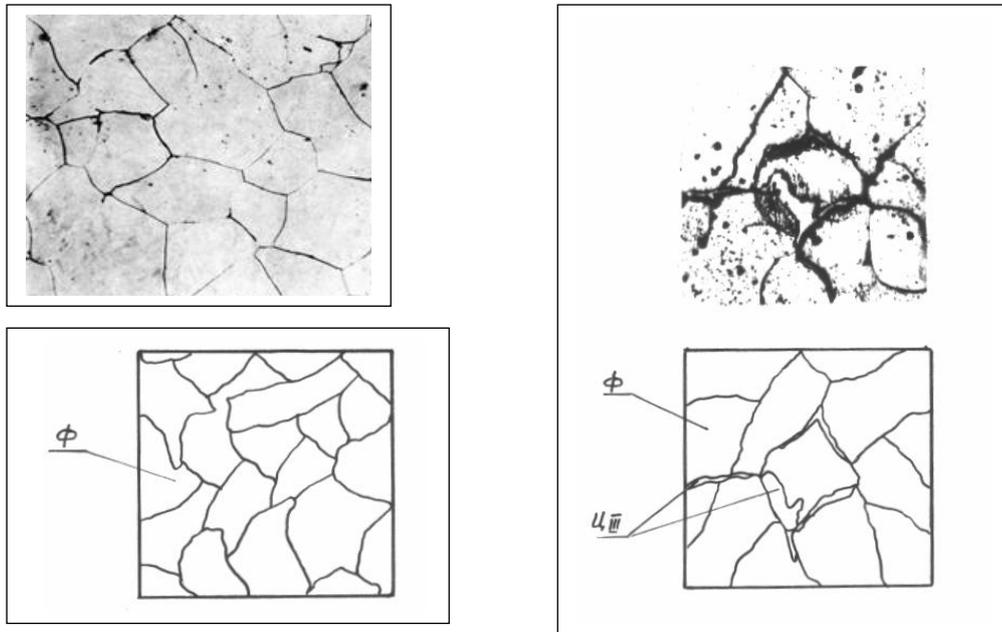


Рис. 1. Микроструктура технического железа и ее схематическое изображение:

а)- феррит; б)- феррит + цементит третичный

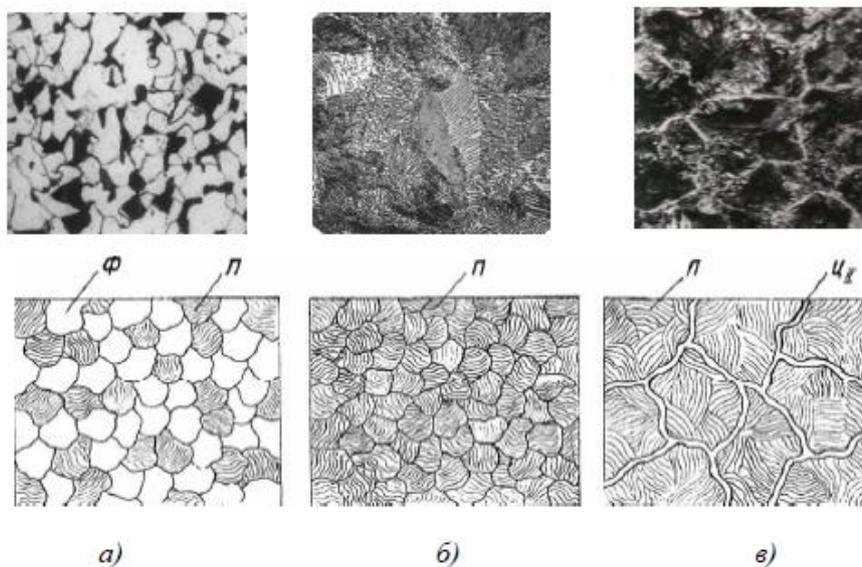


Рис. 2. Микроструктура стали и ее схематическое изображение:

а)- доэвтектоидная, феррит и перлит; б)- эвтектоидная, перлит в)- заэвтектоидная, перлит и цементит вторичный

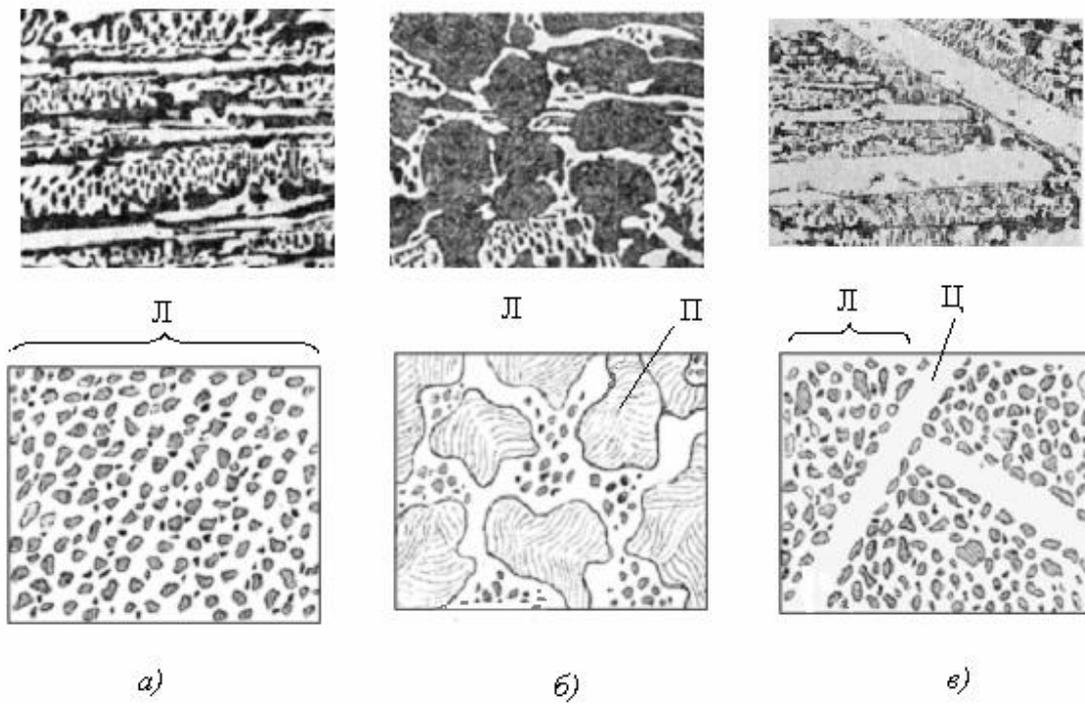


Рис.3. Микроструктура белых чугунов и ее схематическое изображение: *а)* – эвтектического (ледебурит); *б)* – доэвтектического (перлит, цементит вторичный и ледебурит); *в)* – заэвтектического (ледебурит и цементит первичный)

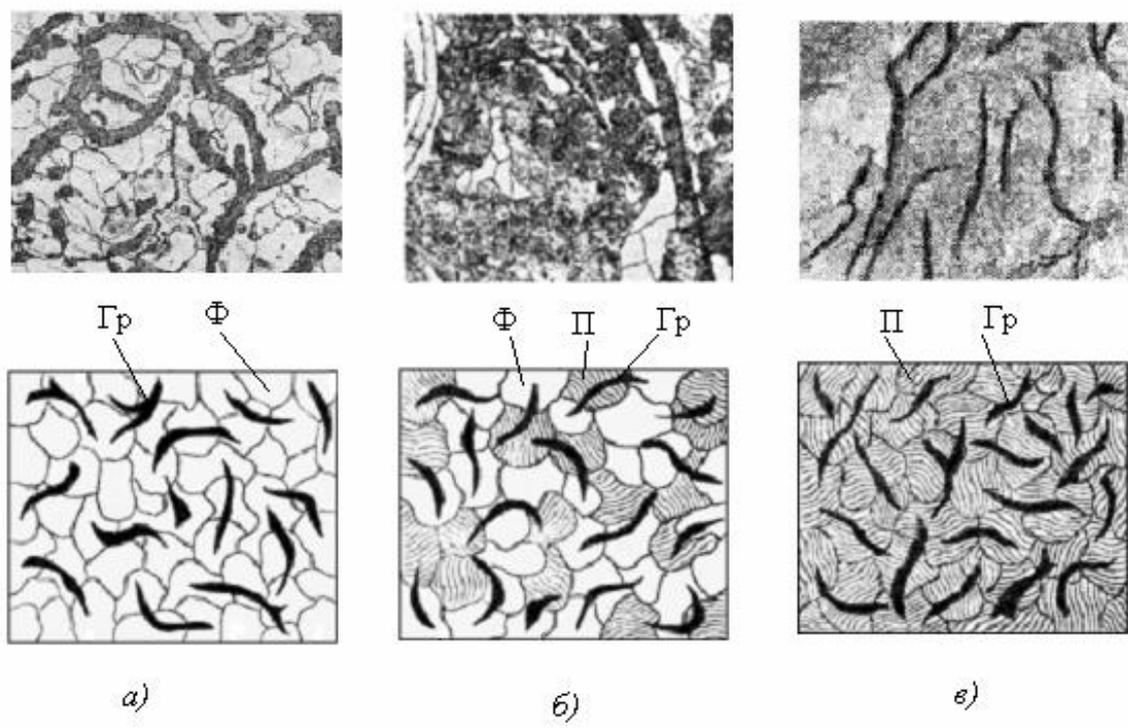


Рис. 4. Микроструктура серого чугуна на ферритной (*а*), перлитно-ферритной (*б*) и перлитной (*в*) основе

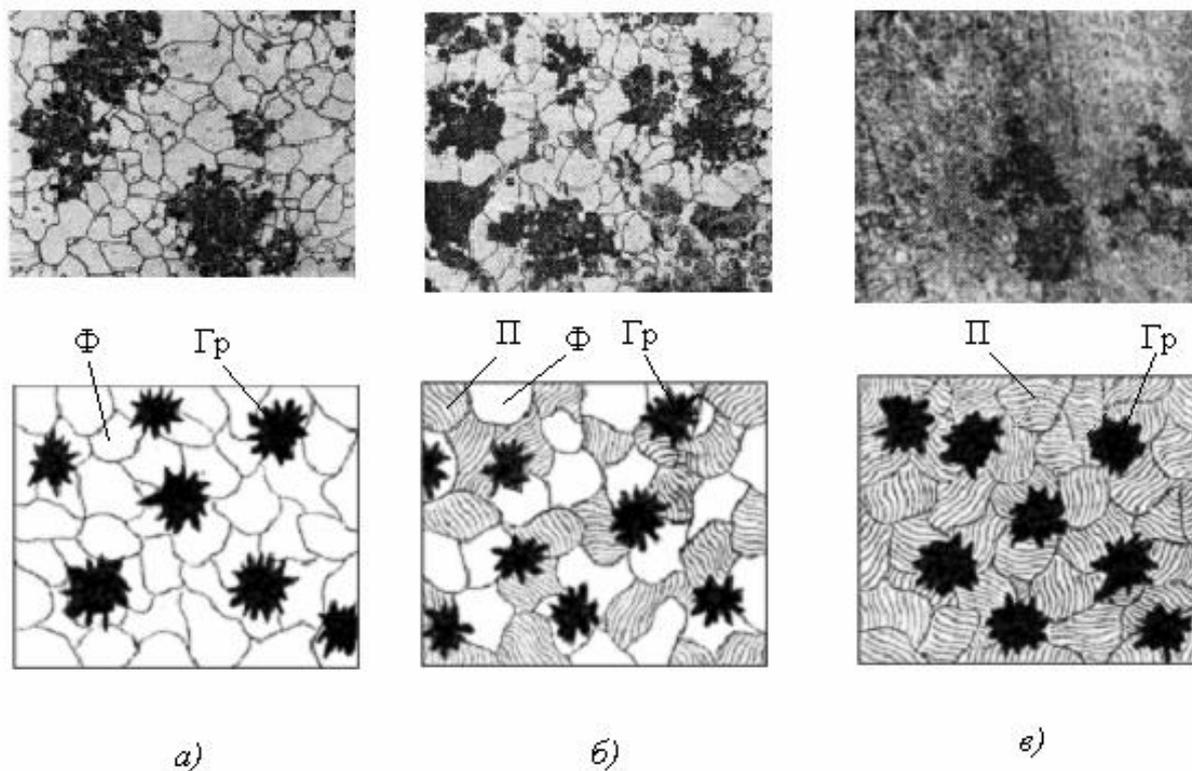


Рис. 5. Микроструктура ковкого чугуна на ферритной (а), перлитно-ферритной (б) и перлитной (в) основе

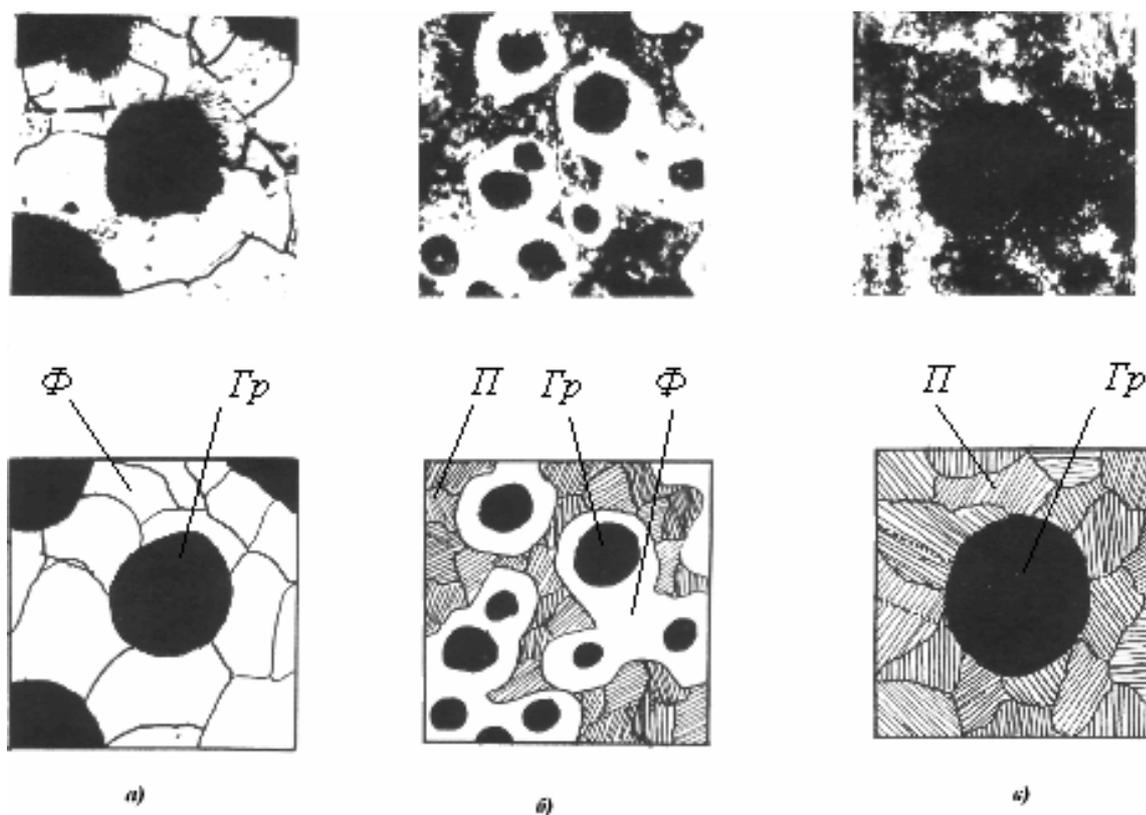


Рис. 6. Микроструктура высокопрочного чугуна на ферритной (а), перлитно-ферритной (б) и перлитной (в) основе

С целью классификации чугуна, его следует отнести к белым или графитным, а далее белый классифицировать по структуре, а графитный по форме графита и структуре металлической основы. Например: «белый доэвтектический чугун» или «высокопрочный перлитный чугун». Микроструктуры чугунов показаны на рис. 3 – 6.

При определении области существования чугунов на диаграмме состояния «железо-цементит» необходимо иметь в виду, что диаграмма показывает изменение состояния только белых чугунов.

Задание 5. При ответе на третий вопрос задания необходимо дать характеристику материала, оценить способность его воспринимать термическую (химико-термическую) обработку. Назначить схему термической (химико-термической) обработки, описать сущность каждой из назначаемых операций обработки.

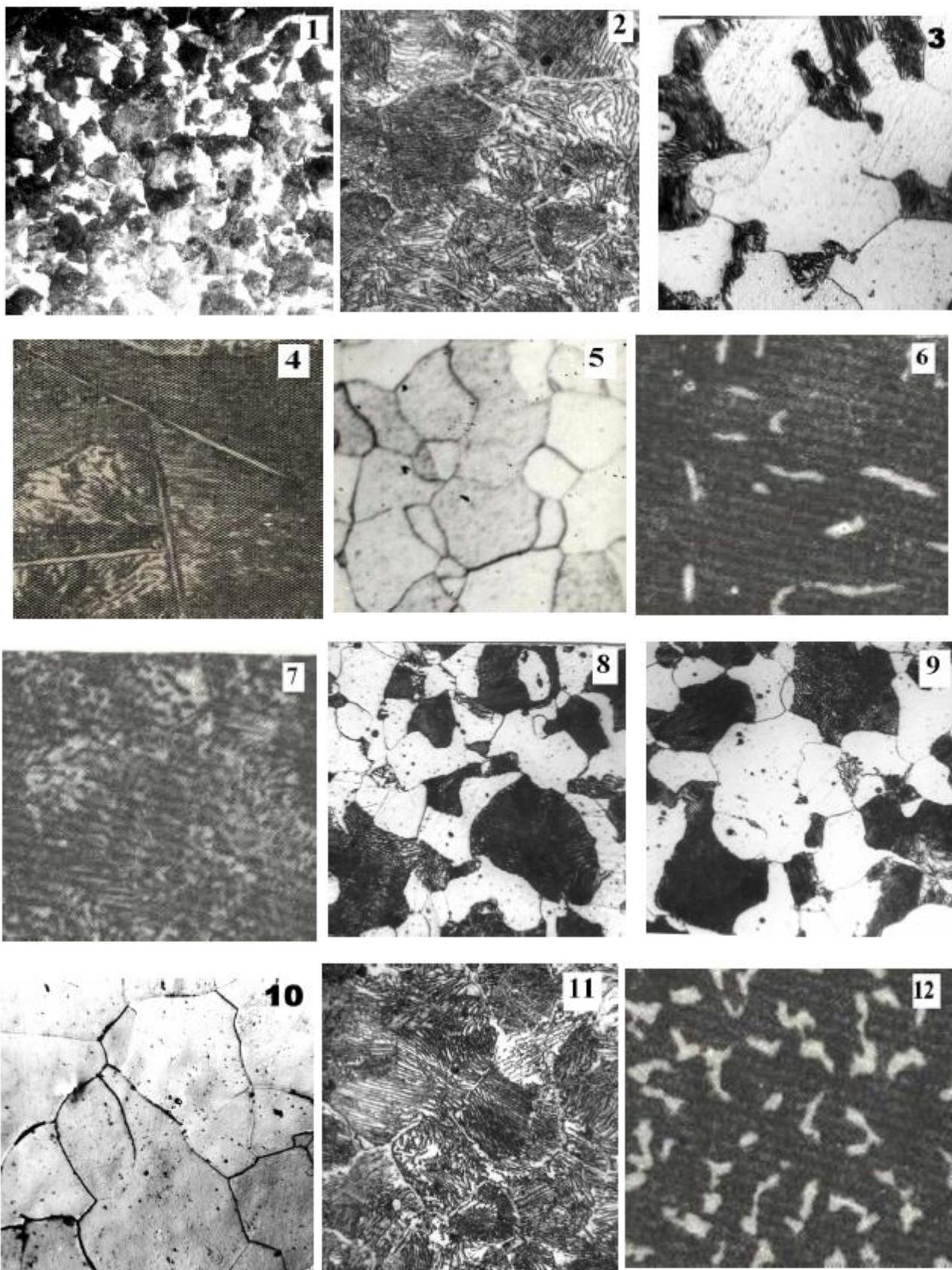
Пользуясь диаграммой Fe–Fe₃C или справочными данными, определит режим выполнения каждой операции (температура нагрева, время нагрева, время выдержки, охлаждающую среду).

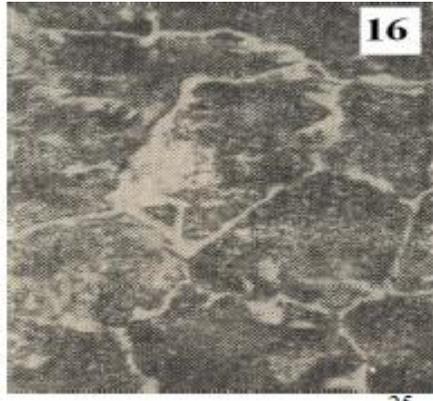
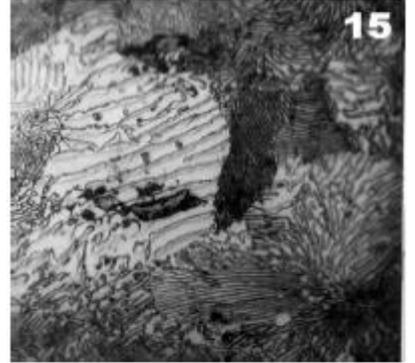
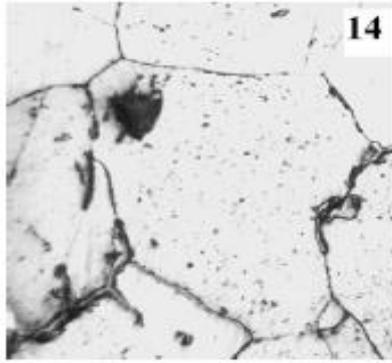
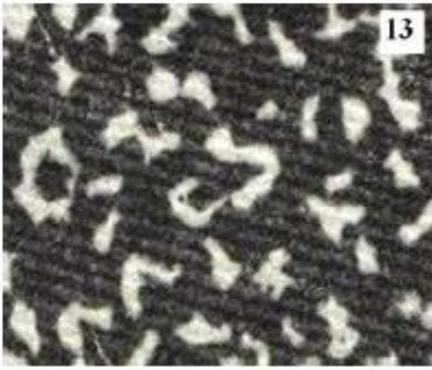
Описать структуру и свойства материала, полученные в результате обработки.

Варианты задания для выполнения контрольной работ

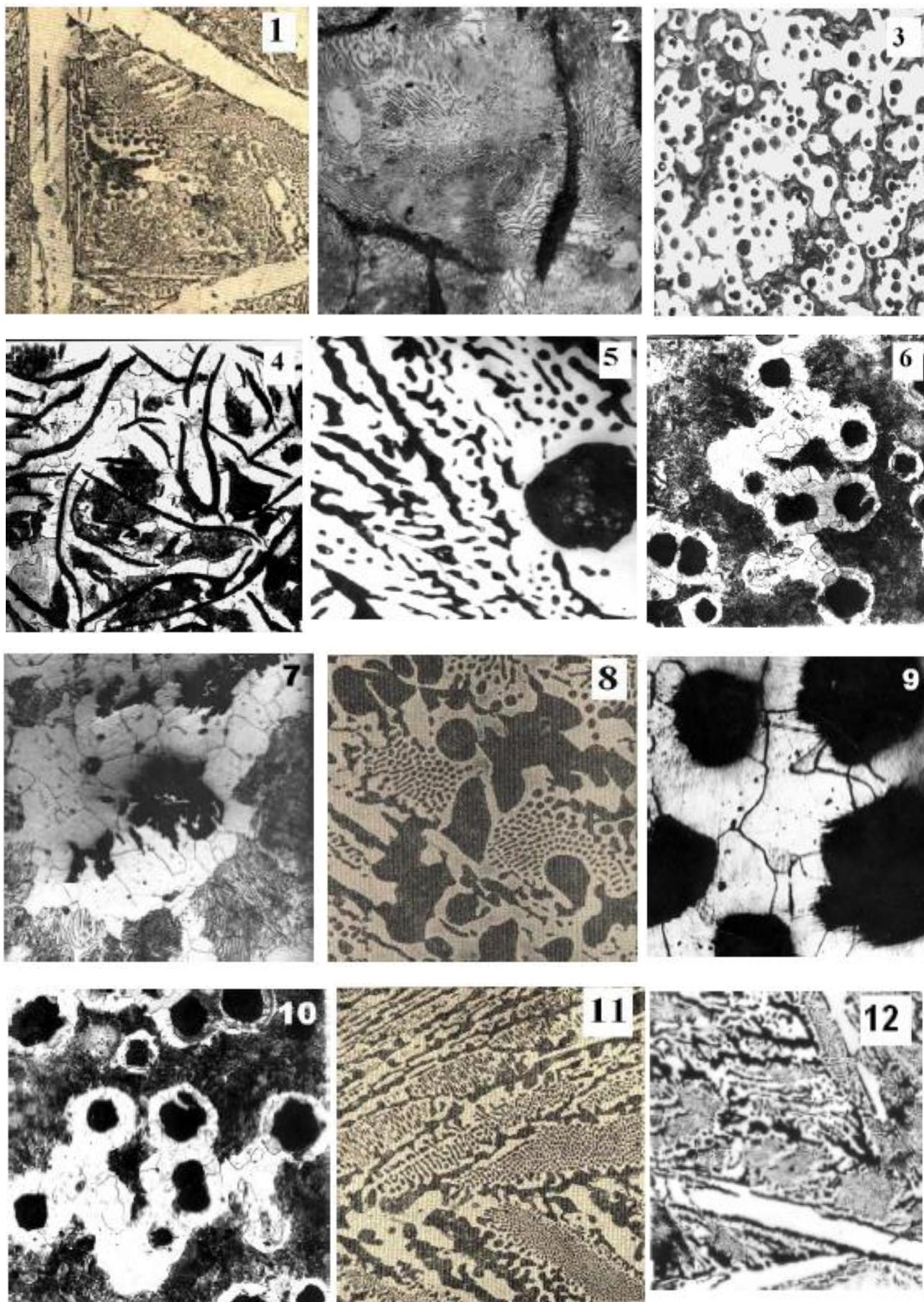
№ варианта	Номер задания					
	1	2	3	4	5	6
1	Углеродистые качественные стали	0.30	Л63	1	Сталь 30	Мартенсит
2	Автоматные стали	0.50	Сталь 20	2	Сталь 40	Мартенсит
3	Ковкий чугун	0.60	Сталь 20Х	3	Сталь 45	Мартенсит
4	Высокопрочный чугун	0.70	КЧ 35-10	4	Сталь 45	Троостит
5	Серый чугун	0.20	Сталь 45	5	Сталь 50	Троостит
6	Перлитное превращение	1.00	ЛО 90-1	6	Сталь 15 Х	Мартенсит
7	Мартенситное превращение	1.20	Сталь А12	7	Сталь 20 Х	Мартенсит
8	Отжиг 1-го рода	1.40	СЧ18	8	Сталь 15 ХА	Мартенсит
9	Закалка стали	1.50	30ХГТ	9	Сталь 40 ХМФА	Сорбит
10	Цементуемые стали	1.60	ЛО90-1	10	Сталь 30 ХЗМФ	Сорбит
11	Улучшаемые стали	1.80	ЛМЦКА 58-2-1-1	11	Сталь 38 ХМ	Сорбит
12	Термомеханическая обработка	1.90	25ХГТ	12	Сталь 30 ХМА	Сорбит
13	Пружинные стали	2.00	25ХГНМТ	13	Сталь 33 ХС	Сорбит
14	Шарикоподшипниковые стали	2.20	АК5М7	14	Сталь 25 ХГМ	Мартенсит
15	Износостойкие стали	2.30	20ХГНТР	15	Сталь 35 ХГФ	Сорбит
16	Рекристаллизация	2.40	17ГС	16	Сталь 40 ХГТР	Сорбит
17	Твердые сплавы	2.60	Бр.05Ц5С5	1	Сталь 30 ХГТ	Мартенсит
18	Отпуск стали	2.80	20Х2Н4А	3	Сталь 25 ХГТ	Мартенсит
19	Белый чугун	2.90	18ГХТ	5	Сталь 18 ХГ	Мартенсит
20	Сверхтвердые материалы	3.00	45ГТ	6	Сталь 50 Г2	Сорбит
21	Литейные алюминиевые сплавы	3.20	40ХГТР	7	Сталь 45 Г2	Сорбит
22	Отжиг 2-го рода	3.40	Сталь 65Г	8	Сталь 40 Г2	Сорбит
23	Латуни	3.80	Сталь 60С2	9	Сталь 45 Х	Сорбит
24	Бронзы	4.00	20ХН3А	16	Сталь 38 ХС	Сорбит
25	Резины	4.50	12ХН3А	15	Сталь 40 ХС	Сорбит
26	Поверхностная закалка	5.00	АК9М2	10	Сталь 30 ХРА	Мартенсит
27	Кристаллическая структура	5.80	У10	11	Сталь У10	Мартенсит
28	Металлы	6.00	30ХГСА	12	Сталь У12	Мартенсит
29	Хладноломкость	6.30	У8	13	Сталь У8А	Мартенсит
30	Металлические сплавы	6.50	Ст2кп	14	Сталь 20	Сорбит

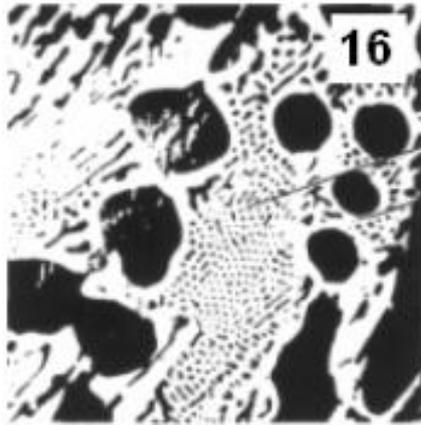
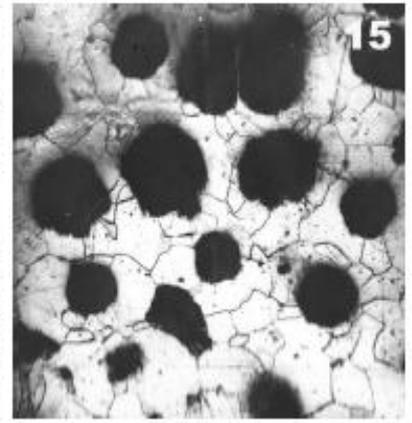
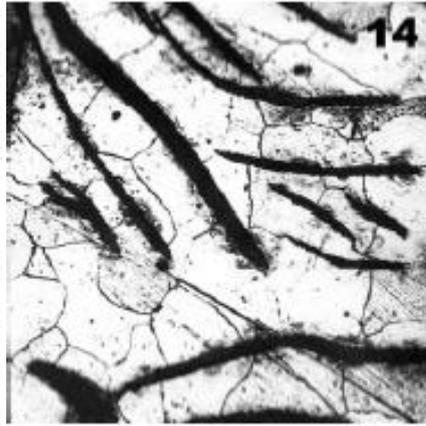
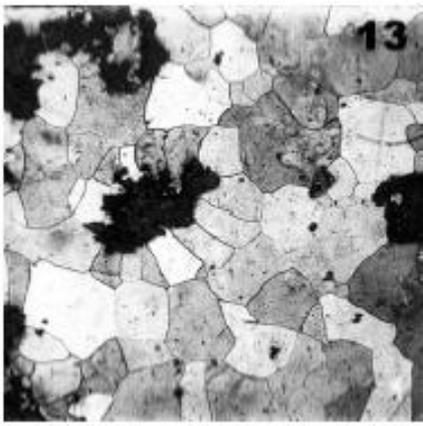
Микроструктуры сталей





Микроструктуры чугунов





Список рекомендованной литературы

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений, - М.: ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 528 с.: ил.
2. Материаловедение: лабораторный практикум / С.М. Спасский, С.А. Сингеев. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 108 с.: ил.
3. Масино М.А. и др. Автомобильные материалы. Справочник. – М.: Транспорт, 1989.
4. Филинов С.А. Справочник термиста. – М.: Машиностроение, 1975.
5. ГОСТ 380-94 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
6. ГОСТ 1050-88 Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из качественной углеродистой стали. Общие технические условия.
7. ГОСТ 1215-79 Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия.
8. ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки.
9. ГОСТ 1583-93 Сплавы алюминиевые литейные. Общие технические условия.
10. ГОСТ 4784-97 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки.
11. ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия.
12. ГОСТ 15527-70 Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки.
13. ГОСТ 17711-93 Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Марки.
14. ГОСТ 18175-78 Бронзы без оловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
15. ГОСТ 5017-74 Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
16. ГОСТ 613-79 Бронзы оловянные литейные. Марки.
17. ГОСТ 21437-95 Сплавы цинковые антифрикционные. Марки, технические требования и методы испытаний.
18. ГОСТ 25140-93 Сплавы цинковые литейные. Марки.

Задание 1.

Вопрос: «Что такое *сплавы*?»

Ответ. *Сплавы* — сложные вещества, получаемые сплавлением двух или более простых веществ, называемых *компонентами*.

Сплавление представляет собой процесс совместной кристаллизации компонентов из расплавленного состояния.

С развитием порошковой металлургии всё большее количество сплавов получают *спеканием*. При спекании порошки компонентов смешивают и подвергают давлению при высокой температуре. Существенным отличием этого процесса от сплавления является то, что основные компоненты, образующие сплав, не доводятся до расплавления.

Возможны и другие способы получения сплавов, например электролиз, конденсация (расплав → пар → конденсат) или возгонка (совместное горение), но они не имеют пока широкого промышленного применения.

Сплав считается металлическим, если его основу (свыше 50% по массе) составляют металлические компоненты. Металлические сплавы обладают более высокими прочностными и другими механическими свойствами по сравнению с чистыми металлами. По этой причине они получили широкое применение в качестве конструкционных материалов.

По числу компонентов сплавы делят на двойные, тройные и т.д. Основу большинства многокомпонентных сплавов, как правило, составляет какой-нибудь двойной сплав. Например, основу легированных сталей составляет сплав железа с углеродом. Основа всех многокомпонентных цветных сплавов (латуней, бронз, титановых и других сплавов), как правило, состоит из двух главных компонентов.

Любой сплав представляет собой систему. *Система* – ограниченное множество взаимодействующих объектов. Объектами в этом случае являются компоненты сплава и *фазы*.

Фазой называется однородная часть системы, отделенная от других частей системы поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав или структура вещества изменяется скачком.

Следовательно, расплав компонентов, представляющий собой однородную жидкость, является однофазной системой, а расплав, в котором появились кристаллы или смесь двух видов кристаллов, являются двухфазными системами, так как каждый кристалл отличается от другого по составу или по строению и они отделены друг от друга поверхностью раздела.

В жидком состоянии большинство металлов неограниченно растворяется друг в друге, образуя однофазный жидкий раствор. Только некоторые металлы, например железо со свинцом, медь со свинцом, почти полностью не растворимы в жидком состоянии и разделяются по плотности, образуя два несмешивающихся жидких слоя (двухфазную систему).

В твердом виде структура сплавов зависит от характера взаимодействия их компонентов и может представлять собой механическую смесь, химические соединения или твердый раствор. Механические и физические свойства любого сплава определяются типом взаимодействия его компонентов и их исходными свойствами.

Сплавы, являющиеся по природе *механической смесью*, неоднородны по составу, в твердом состоянии их структура представляет собой мельчайшую смесь кристаллитов компонентов, которые в жидком состоянии могут иметь полную взаимную растворимость.

Свойства такого сплава получаются усредненными по сравнению со свойствами компонентов, которые его образуют, а рентгеноструктурный анализ устанавливает наличие в сплаве кристаллических решеток всех его компонентов.

Химическое соединение может образовываться в металлических сплавах как между металлами, так и между металлами и неметаллами — компонентами системы, и, главное, характеризуется образованием новой кристаллической решетки с упорядоченным расположением в ней атомов компонентов. При этом новая решетка значительно отличается от решеток компонентов, и свойства сплава при этом существенно иные. Химическое соединение образуется при строгом массовом соотношении компонентов в соответствии с его стехеометрической формулой, т.е. $A_n B_m$. Важно отметить, что химические соединения обычно тугоплавки, тверды, статически прочны и нередко хрупки.

Твердый раствор отличается от механической смеси и химического соединения тем, что наследует кристаллическую решетку одного из компонентов, который называется растворителем, а атомы второго компонента (растворимого) располагаются внутри нее.

Обозначение твердых растворов: $A(B)$ – твердый раствор компонента B в компоненте A , A – компонент-растворитель, B – компонент-растворимое.

В отличие от химического соединения такой сплав существует в широком интервале концентраций компонентов.

Твердые растворы по расположению атомов в кристаллической решетке подразделяются на растворы внедрения и замещения.

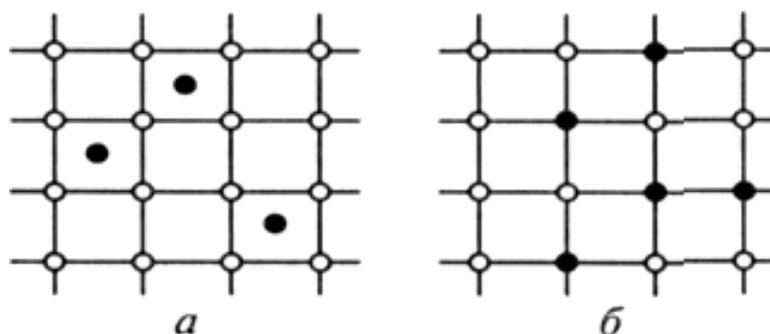


Рис. 1.1. Твердые растворы внедрения (а) и замещения (б)

В твердом растворе внедрения атомы растворенного компонента занимают место между узлами кристаллической решетки металла-растворителя. Поэтому такой тип твердых растворов может образоваться в том случае, если размеры атомов растворимого существенно меньше размеров атомов растворителя (углерод и железо).

В твердом растворе замещения атомы растворимого замещают в узлах кристаллической решетки атомы растворителя. Поскольку размеры растворенных атомов отличаются от размеров атомов растворителя, то образование твердого раствора сопровождается искажением кристаллической решетки растворителя (рис. 1.1).

В зависимости от того, какое количество атомов растворимого может разместиться в кристаллической решетке растворителя, твердые растворы могут быть с *ограниченной* и *неограниченной* растворимостью.

В твердых растворах с ограниченной растворимостью концентрация растворенного компонента возможна до определенных пределов.

В твердых растворах с неограниченной растворимостью возможна любая концентрация растворенного компонента (от 0 до 100%).

Твердые растворы внедрения всегда являются ограниченными, растворы замещения могут быть как ограниченными, так и неограниченными.

Твердые растворы замещения с неограниченной растворимостью образуются при соблюдении следующих условий:

- 1) у компонентов должны быть однотипные кристаллические решетки;
- 2) небольшое различие в атомных радиусах компонентов;
- 3) компоненты должны обладать близостью физико-химических свойств.

Однако даже соблюдение этих условий не всегда приводит к образованию твердых растворов замещения с неограниченной растворимостью. На практике, как правило, образуются твердые растворы с ограниченной растворимостью.

Задание 2.

Вычертить в масштабе диаграмму состояния "Fe-Fe₃C" и, пользуясь ею, указать, какие структурные превращения происходят в сплаве с содержанием углерода 0,9%, при медленном охлаждении.

Решение:

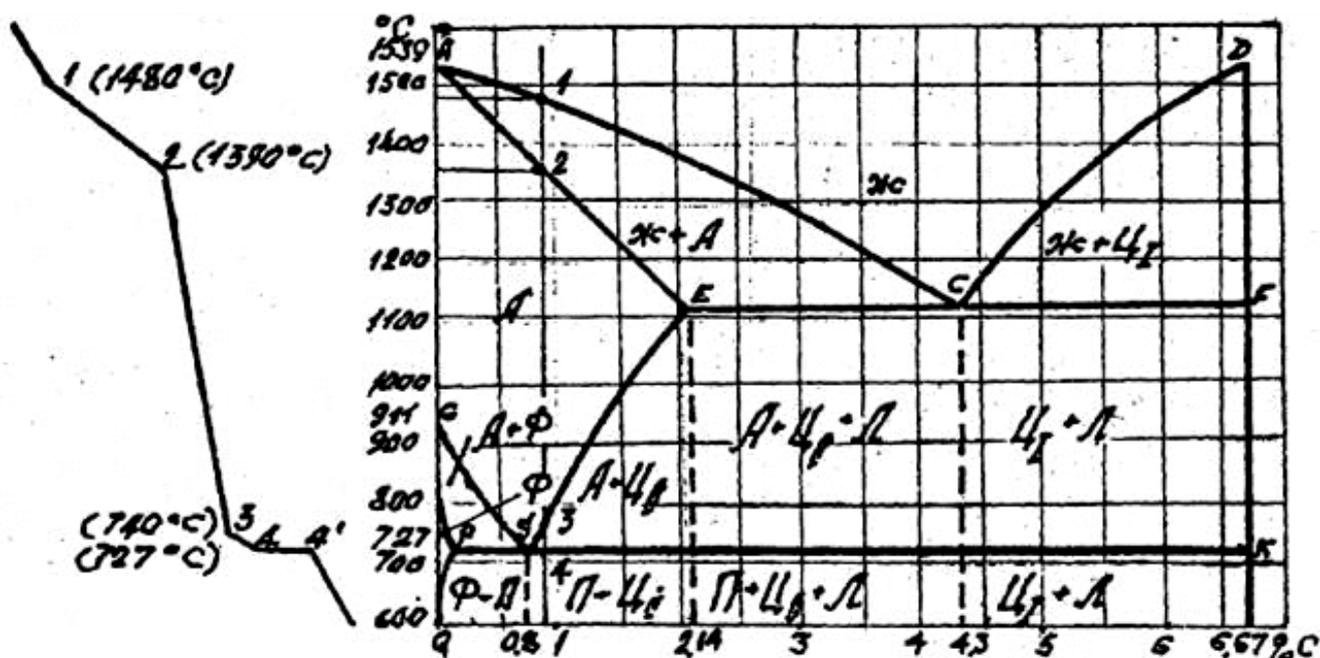


Рисунок 2.1 – Диаграмма состояния Fe–Fe₃C и кривая охлаждения сплава 0,9%С

Железоуглеродистый сплав с содержанием углерода 0,9% относится к заэвтектоидным сталям. При температуре выше 1480 °С (точка 1) сплав находится в жидком состоянии. При медленном охлаждении с понижением температуры ниже точки 1 (1480° С, температура ликвидуса) начинается затвердевание сплава с образованием аустенита (твёрдого раствора внедрения углерода в γ -кристаллической решетке железа) и сплав становится двухфазным – жидкая фаза и кристаллы аустенита. Кристаллизация сплава сопровождается выделением тепла, поэтому процесс охлаждения замедляется (на кривой охлаждения фиксируется перегиб). При понижении температуры до точки 2 (1390°С, температура солидуса) затвердевание сплава завершается с образованием однородных кристаллических зерен твёрдого раствора – аустенита.

Дальнейшее понижение температуры вплоть до точки 3 (740°) изменений в структуре сплава не вызывает. Сплав остается однородным, состоящим из

полиэдрических зерен аустенита (рисунок 2.2а). Аустенит обладает высокой пластичностью, низким пределом текучести и прочности.

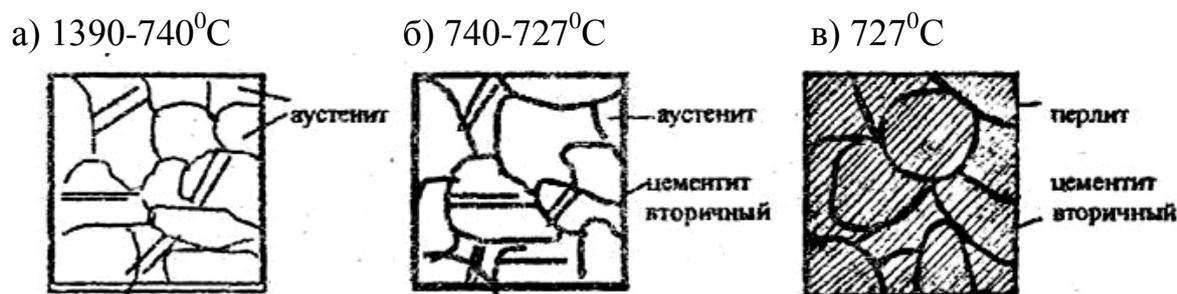


Рисунок 2.2 – Микроструктура сплава 0,9%С

При достижении температуры 740°C (точка 3) вследствие уменьшения растворимости углерода в γ -кристаллической решетке железа аустенит оказывается насыщенным углеродом и при дальнейшем понижении температуры из него выделяется избыточный углерод в виде вторичного цементита. Поэтому при температуре ниже 740°C сплав становится двухфазным (аустенит и цементит вторичный). Цементит выделяется по границам зерен аустенита в виде сетки (рисунок 2.2б). Цементит представляет собой химическое соединение железа с углеродом – карбид железа Fe_3C . В цементите содержится 6,67% углерода, он обладает высокой твердостью и малой пластичностью.

По мере понижения температуры и выделения цементита концентрация углерода в аустените уменьшается. При снижении температуры до 727°C (точка 4) аустенит, содержащий 0,8% углерода, распадается с одновременным выделением из него феррита и цементита. Феррит представляет собой твердый раствор внедрения углерода в α -кристаллической решетке железа. Смесь феррита и цементита, образующаяся при эвтектоидном распаде аустенита, носит название перлит. Перлит имеет пластинчатое строение (рисунок 2.2в), т. е. состоит из чередующихся пластинок феррита и цементита.

Эвтектоидное превращение аустенита происходит при постоянной температуре 727°C – на кривой охлаждения фиксируется горизонтальная площадка 4-4 (рисунок 2.1).

После окончательного охлаждения сплав с содержанием углерода 0,9% имеет структуру перлит +цементит вторичный. Перлит обладает наилучшим комплексом механических свойств, однако наличие цементита вторичного в виде цементитной сетки делает сплав хрупким.

Задание 3.

Расшифровать марку конструкционного материала 25ХГМ, указать его химический состав и механические свойства, регламентированные стандартами, а также отметить применение в автостроении и ремонтном производстве;

Решение:

25ХГМ- низкоуглеродистая, конструкционная, качественная сталь, легированная хромом, марганцем, молибденом. Выпускается по ГОСТ 4543-71.

Химический состав стали по ГОСТ 4543-71

- углерод	0,23-0,29%
- марганец	0,9-1,2%
- хром	0,9-1,2%
- молибден	0,2-0,3%

Механические свойства:

Предел прочности, σ_b	1200МПа
Предел текучести $\sigma_{0,2}$	1100МПа
Относительное удлинение, σ	10%
Относительное сужение, ψ	45%
Твердость (без термообработки) НВ	205-215

Сталь 25ХГМ применяют для изготовления деталей, упрочняемых цементацией: валов, шестерен и т. п. Из стали 25ХГМ изготовлены: вал первичный, вал промежуточный, блок шестерен заднего хода коробки передач ЗиЛ-131 и другие детали [1].

Задание 4.

Вычертить диаграмму состояния "железо – цементит" (можно в упрощенном виде), указать структурные составляющих во всех областях диаграммы и дать их краткую характеристику. Зарисовать схематично структуры стали и чугуна (№ ... по разделам 5.2 и 5.3) и выполнить следующее:

- а) определить и соответственно обозначить на рисунке фазовые и структурные составляющие;
- б) классифицировать данные сталь и чугун и указать область их существования на диаграмме состояния "железо-цементит".

Решение. Диаграмма состояния «железо – цементит» (упрощенный вариант) с указанием областей существования всех структурных составляющих представлена на рис. 4.1.

Краткая характеристика структурных составляющих железоуглеродистых сплавов.

Однофазные составляющие:

- *феррит* — твердый раствор внедрения углерода в α -железе — Fe_{α} (C).
Максимальная растворимость углерода в феррите около 0,006% при 20°C и 0,02% при 727 °C. Кристаллическая решетка — объемноцентрированный куб. Феррит магнитен и весьма пластичен. Твердость феррита 80-100НВ;
- *аустенит* — твердый раствор внедрения углерода в γ -железе — Fe_{γ} (C).
Максимальная растворимость углерода в аустените при 1147 °C равна 2,14%. Кристаллическая решетка — гранецентрированный куб. Аустенит немагнитен и обладает меньшим удельным объемом, чем феррит. Твердость аустенита около 200НВ;

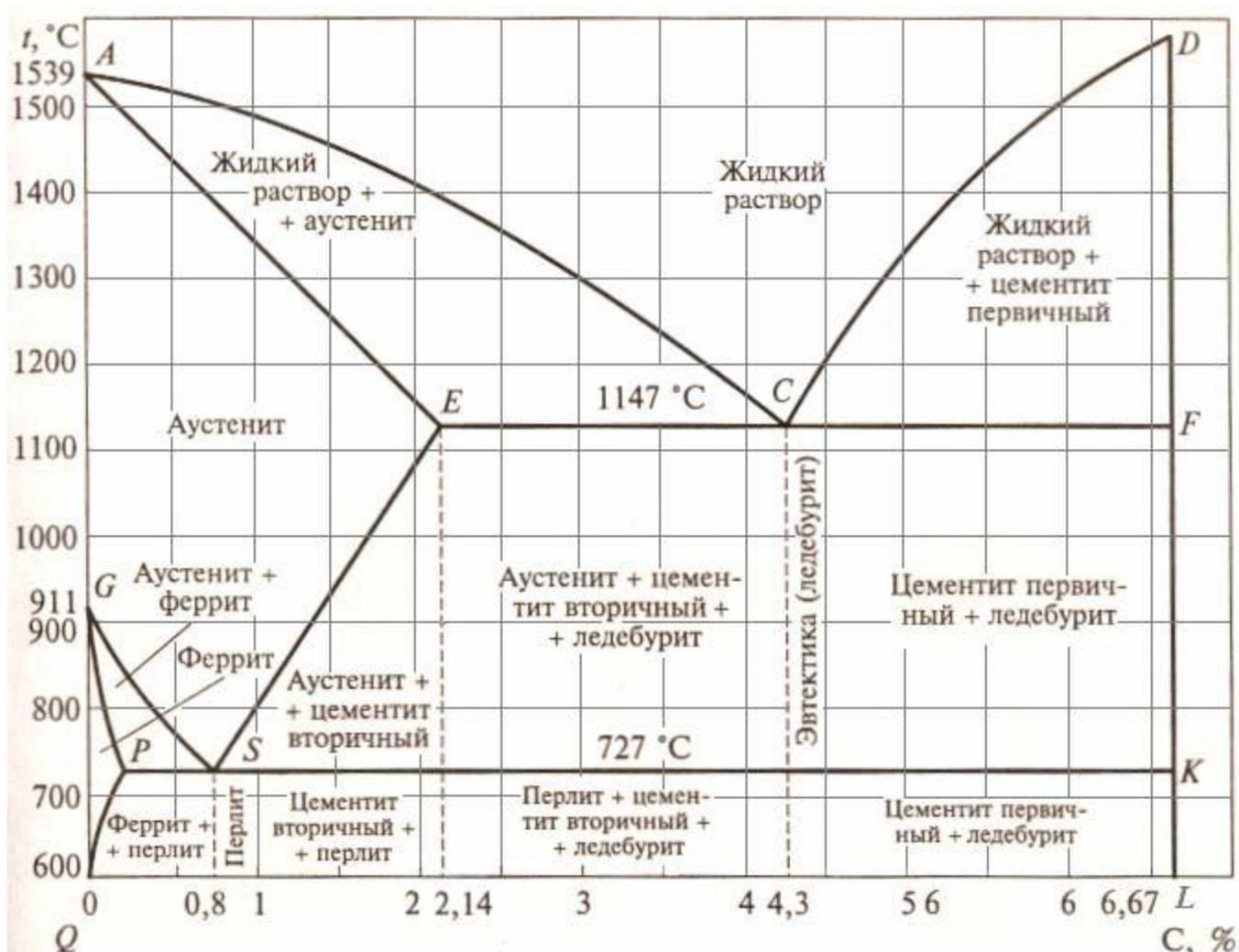


Рис. 4.1. Диаграмма состояния «железо – цементит»

- *цементит* — химическое соединение железа с углеродом — Fe_3C . Цементит имеет сложную (ромбическую) кристаллическую решетку, очень высокую твердость, весьма хрупок. В зависимости от условий образования различают: первичный цементит, образующийся в процессе первичной кристаллизации из жидкого раствора; вторичный цементит, образующийся при распаде аустенита по линии ES диаграммы состояния и третичный цементит, образующийся при охлаждении феррита вследствие уменьшения растворимости углерода по линии PQ диаграммы состояния. Двухфазные составляющие:
- *перлит* (эвтектоид) представляет собой смесь феррита и цементита. Перлит образуется при медленном охлаждении из аустенита при температуре 727°C и содержит 0,8% углерода. Процесс превращения аустенита в перлит можно записать формулой: $\text{A}_{0,8} \rightarrow \text{П}(\text{Ф}_{0,02} + \text{Ц}_{6,67})$;

- *ледебурит* (эвтектика) — смесь аустенита и цементита. Ледебурит образуется при кристаллизации жидкого раствора постоянного состава (4,3%С) при температуре 1147 °С. Эвтектическое превращение с образованием ледебурита можно записать формулой: $\text{ЖР}_{4,3} \rightarrow \text{Л}(\text{А}_{2,14} + \text{Ц}_{6,67})$.

Ледебурит имеет очень высокую твердость (800НВ), очень хрупок, содержится только в белых чугунах.

Микроструктуры стали и чугуна, заданной вариантом (под № 6) и их схематичное изображение представлены на рис. 4.2 и 4.3.

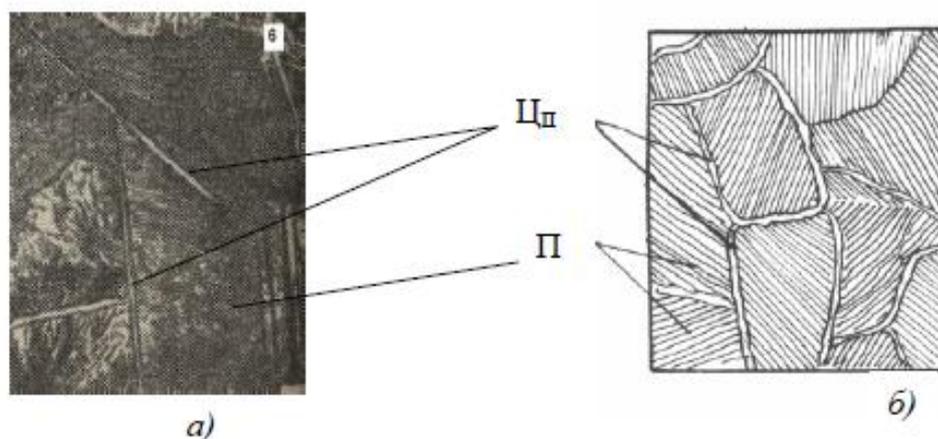


Рис. 4.2. Микроструктура стали: а) – фотография шлифа; б) – схематичное изображение

Структура стали состоит из перлита и цементита вторичного, т.е. сталь за-эвтектоидная, область существования таких сталей на диаграмме состояния (рис. 4.1) расположена ниже линии *PSK* в интервале содержания углерода от 0,8 до 2,14 % (заштриховать или выделить цветом).

Структура чугуна состоит из шаровидного графита, перлита и феррита, т.е. это высокопрочный перлитно-ферритный чугун. На диаграмме состояния область существования данного чугуна не указана, поскольку чугун графитный, а диаграмма состояния отражает структуру только белых чугунов.

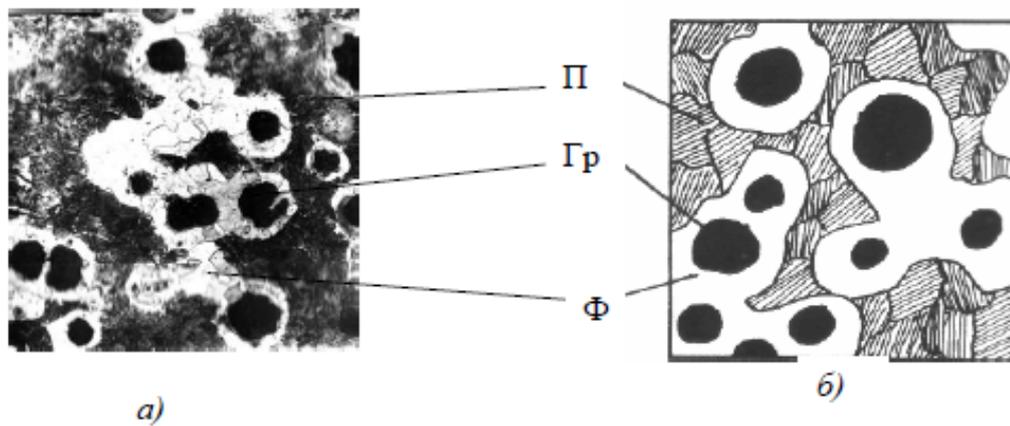


Рис. 4.3. Микроструктура чугуна: а) – фотография шлифа; б) – схематичное изображение

Задание 5.

Выбрать схему термической обработки для заготовки из (18ХГТ, структура – мартенсит) и назначить режим термической обработки, обеспечивающий получение заданной структуры.

Решение:

Сталь 18ХГТ относится к низкоуглеродистым легированным сталям. Малое содержание углерода (0,11-0,23%) не позволяет получить мартенситную структуру при термической обработке. Поэтому перед термической обработкой детали, изготовленные из этой стали, подвергают цементации.

Для получения в поверхностных слоях структуры мартенсит назначаем следующую схему обработки:

- цементация;
- закалка;
- низкий отпуск.

Цементацией называется химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали углеродом при нагреве в соответствующей среде карбюризатора.

Карбюризатор состоит из древесного угля, 20-35% BaCO_3 и около 3,5% CaCO_3 .

Цементацию проводят при температуре 930-950°C. Нагрев до температуры цементации составляет 7-9 мин на каждый сантиметр минимального размера цементационного ящика. Продолжительность выдержки при температуре цементации для ящика с минимальным размером 150 мм составляет 9-11 ч для слоя 1200-1500 мкм [1].

Закалка, вид термической обработки, заключающаяся в нагреве доэвтектоидной стали до температуры выше критической точки AC_3 заэвтектоидной стали - выше AC_1 на 30-50°C, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении со скоростью выше критической.

Нагрев до температуры закалки составляет 45-75 с на 1 мм сечения или толщины сечения (при нагреве в электропечах). Продолжительность изотермической выдержки при заданной температуре принимают равной 15-25% от продолжительности сквозного нагрева [4].

В качестве охлаждающих сред при закалке используют кипящие жидкости: воду, растворы щелочей и солей, масла.

Закалка не является окончательной операцией термической обработки, после нее сталь окончательно подвергают отпуску.

Отпуск заключается в нагревезакаленной стали ниже критической точки AC_1 , выдержки при заданной температуре и последующем охлаждении с определенной скоростью.

Для получения структуры «мартенсит» производят низкий отпуск при нагреве до $250^{\circ}C$. Выдержку при этой температуре осуществляют в течении 1,5 ч, при этом снижаются внутренние напряжения, повышается прочность и улучшается вязкость без заметного снижения твердости.

Охлаждение после отпуска легированных сталей производят ускоренно.

Для детали, изготовленной из стали 18ХГТ, назначаем следующий режим термической обработки [4].

- 1) цементация;
- 2) закалка с нагревом до температуры $880-950^{\circ}C$ и охлаждением на воздухе;
- 3) повторная закалка с нагревом до $870^{\circ}C$ и охлаждением в масле;
- 4) низкий отпуск с нагревом до $200^{\circ}C$, выдержкой в течении 1,5 ч и охлаждением в масле.

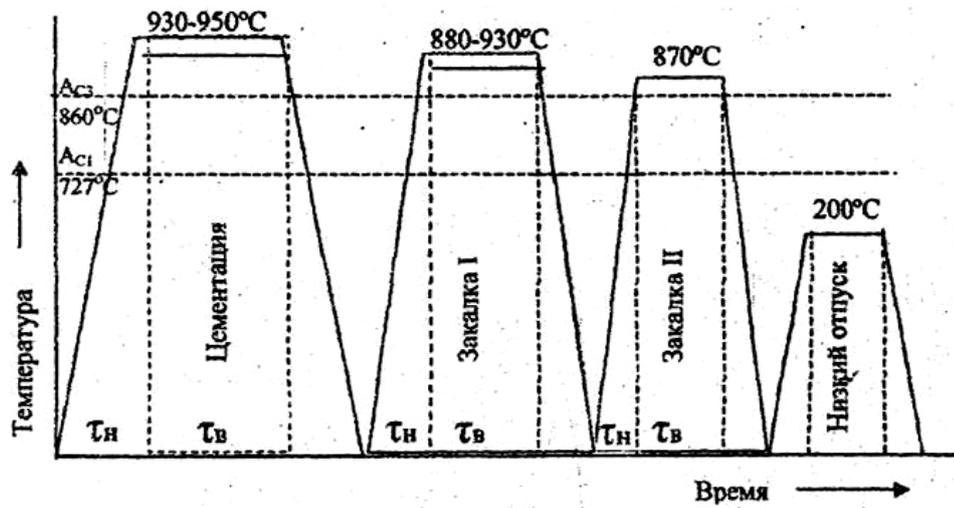
Структура цементированного слоя после термообработки – мартенсит отпуска, представляющий собой упорядоченный пересыщенный твердый раствор углерода в α -кристаллической решетке железа и мелкодисперсные карбиды.

Сердцевина детали, не насыщенная углеродом, сохраняет феррито-перлитную структуру.

Механические свойства стали 18ХГТ после термообработки [3]:

Плотность цементованного слоя	58-62 HRC
Предел прочности, σ_b	1100-1200 МПа
Относительное удлинение, δ	7-8%.

Предлагаемая схема технологического процесса термической обработки стали 18ХГТ приведена на рисунке 5.1.



$\tau_{\text{н}}$ – время нагрева (для цементации – 7-9 мин. на 1 мм);

для заковки и отпуск – 45-75 с на 1 мм)

$\tau_{\text{в}}$ – время выдержки (для цементации 9-11 ч, для заковки 0,25 $\tau_{\text{н}}$, для отпуска – 1,5 ч)

Рисунок 51 – Схема термической обработки стали 18ХГТ