

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе № 2 по курсу «Материаловедение»

**ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ
“ЖЕЛЕЗО-ЦЕМЕНТИТ”**

Новосибирск

2010

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации

Новосибирский государственный технический университет

Методические указания

к лабораторной работе № 2 по курсу

«Материаловедение»

для студентов II курса МТФ и I курса ФЛА дневного обучения

Новосибирск

2010

В методических указаниях рассмотрен теоретический материал, посвященный диаграмме состояния Fe-Fe₃C, дана последовательность выполнения индивидуального задания – исследования структуры, состава и свойств железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии. Выполнение этой работы предусмотрено учебным планом подготовки студентов I и II курса МТФ и ФЛА (дисциплина «Материаловедение»).

Составители: к.т.н., доц. *Н.В. Плотникова*,

к.т.н., доц. *А.И. Смирнов*,

к.т.н., доц. *Е.А. Дробяз*

к.т.н., доц. *А.А. Никулина*

Рецензент канд. техн. наук *А.В. Плохов*

Работа подготовлена кафедрой "Материаловедение
в машиностроении"

Новосибирский государственный
технический университет, 2010 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Цель настоящей работы – изучение структуры железоуглеродистых сплавов (сталей, чугунов) во взаимосвязи с их свойствами.

1. Общие требования к выполнению учебного исследования

Настоящая лабораторная работа является учебно-исследовательской, так как предусматривает помимо учебных целей развития у студентов навыков исследователя. Выполнение работы проводится индивидуально с решением конкретно поставленной задачи научного характера.

Отчет по лабораторной работе выполняется в процессе выполнения и должен отражать как подготовительные этапы, так и этапы исследования.

Графические работы (построение графиков, диаграмм, зарисовки микроструктур и др.) должны выполняться с помощью карандаша и линейки с соответствующими поясняющими заголовками и надписями.

Текстовый (описательный) материал должен полностью отражать ход рассуждений студента при решении отдельных вопросов на всех этапах выполнения работы и содержать вместе с описанием изученного материала соответствующие обоснования, выводы и т.д. Заканчивается отчет подробным заключением.

При работе студент может пользоваться учебными пособиями, учебными плакатами, стендами с фотографиями микроструктур и атласами микроструктур сплавов, находящимися в лаборатории.

2. Порядок исследования

Прежде чем приступить к решению индивидуального задания по данной лабораторной работе необходимо изучить:

- диаграмму состояния “железо-цементит”;
- структуру сплавов железа с углеродом (сталей и чугунов);
- состав и свойства сталей и чугунов.

2.1. Изучение диаграммы состояния сплавов системы “железо-цементит”

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение состояния сплава в зависимости от температуры и соотношения образующих его компонентов.

Представленная на рис. 1 диаграмма состояния Fe-Fe₃C имеет следующие особенности:

- данная диаграмма представляет собой лишь часть диаграммы Fe-C (до 6,67 % C). Сплавы с большим содержанием углерода не имеют практического применения;
- в структуре железоуглеродистых сплавов, представленных диаграммой, чистое железо практически отсутствует, так как углерод растворяется во всех его кристаллических модификациях (в различных количествах);
- диаграмма отражает первичную кристаллизацию и фазовую перекристаллизацию железоуглеродистых сплавов после затвердевания (вторичную кристаллизацию).

2.2. Структурные составляющие системы Fe-Fe₃C

В железоуглеродистых сплавах могут присутствовать следующие виды соединений железа с углеродом:

- твердые растворы;
- химические соединения;
- механические смеси.

Твердый раствор является однофазным, состоит из одного вида кристаллов, имеет одну кристаллическую решетку. Твердый раствор существует не при строго определенном соотношении компонентов, а в интервале концентраций. В железоуглеродистых сплавах твердые растворы образует углерод с различными модификациями железа в зависимости от температуры нагрева сплава. К твердым растворам относится феррит и аустенит.

Феррит (Ф) – твердый раствор углерода в α -железе с кристаллической решеткой, представляющей объемноцентрированный куб (ОЦК). Растворимость углерода в α -железе изменяется от 0,06 % при 20 °С до 0,25 % при 727 °С. Феррит обладает ферромагнитными свойствами до 768 °С (точка Кюри), высокой пластичностью и низкой твердостью (~70 НВ).

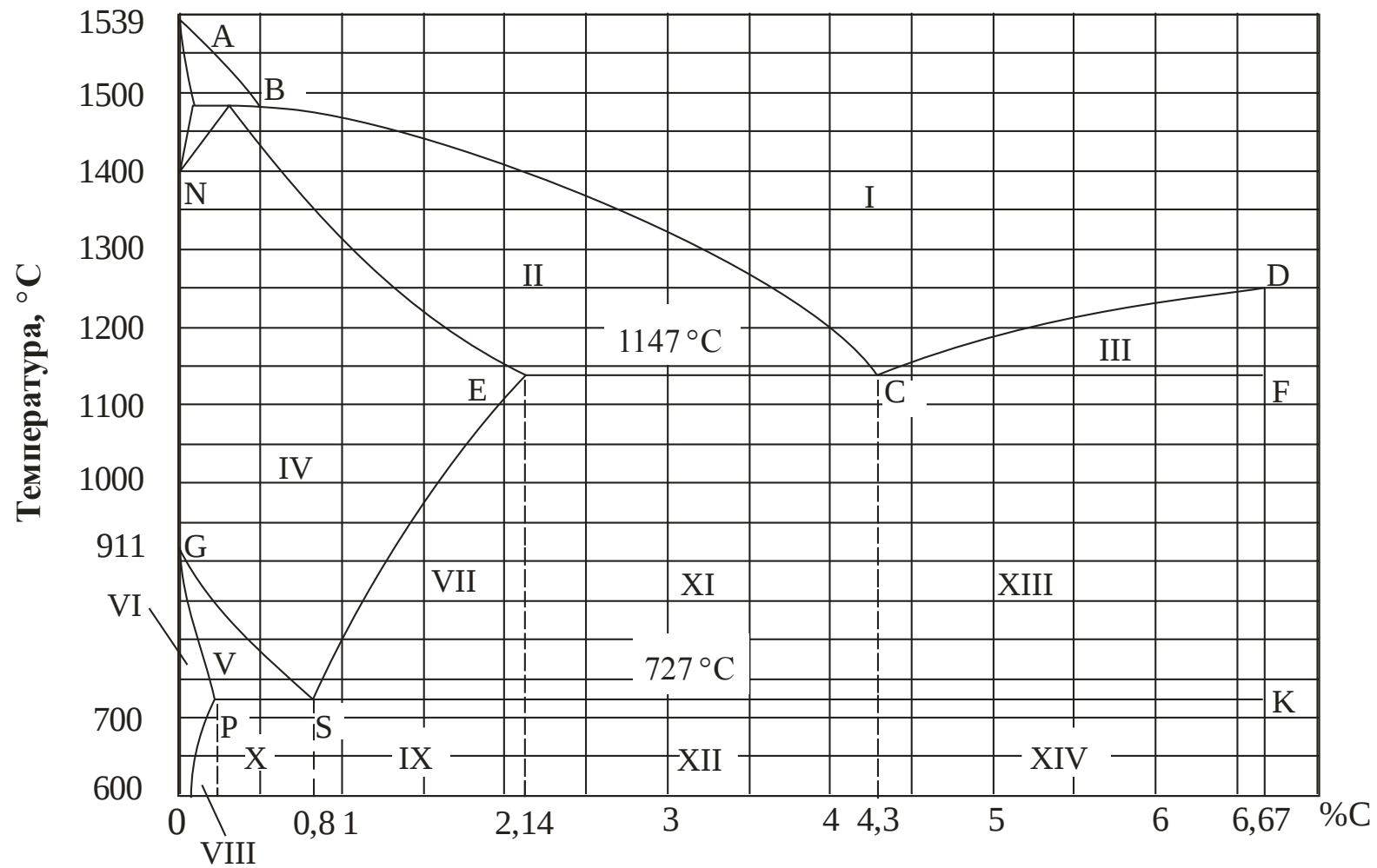


Рисунок 1 - Диаграмма состояния Fe - C

Аустенит (А) – твердый раствор углерода в γ -железе с кристаллической решеткой, представляющей гранецентрированный куб (ГЦК). Растворимость углерода в γ -Fe может достигать 2,14 % при 1147 °С.

Аустенит, в отличие от феррита, является немагнитным, достаточно вязким и твердым (~ 200 НВ).

Химическое соединение обладает рядом характерных признаков:

- а) соотношение чисел атомов элементов соответствует стехиометрической пропорции, что может быть выражено простой формулой;
- б) образуется специфическая (отличная от элементов, составляющих химическое соединение) кристаллическая решетка с упорядоченным расположением в ней атомов компонентов;
- в) химическое соединение характеризуется определенной температурой плавления, скачкообразным изменением свойств при изменении состава.

Химическое соединение железа с углеродом – цементит представляет собой карбид железа (Fe_3C), содержащий 6,67 % углерода. Цементит (Ц) обладает сложной орторомбической решеткой, которую образуют 4 атома углерода и 12 атомов железа, связанных друг с другом, как по ковалентному, так и по металлическому типам связи. Цементит характеризуется высокой твердостью и хрупкостью, и ферромагнитен до 210 °С.

Структурно принято подразделять цементит на первичный, вторичный и третичный. Первичный образуется в виде отдельных крупных кристаллов, выпадающих при первичной кристаллизации. Вторичный и третичный цементит образуются в затвердевшем сплаве за счет понижения растворимости углерода в железе при охлаждении. Вторичный цементит выделяется из аустенита, а третичный – из феррита.

Механические смеси двух компонентов образуются тогда, когда они не способны к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступают в химическую реакцию с образованием химического соединения. При этих условиях сплав будет состоять из кристаллов обоих компонентов, отчетливо выявляемых на микроструктуре. Механические свойства зависят от количественного соотно-

шения компонентов, а также от размера и формы зерен. Значения свойств смесей – промежуточные между характеристиками свойств чистых компонентов. В сплавах системы Fe – Fe₃C механические смеси образуются между кристаллами твердого раствора и кристаллами химического соединения. К ним относят перлит и ледебурит.

Перлит (П) – эвтектоид, механическая смесь феррита и цементита вторичного. Перлит образуется при охлаждении аустенита, содержащего определенное количество углерода (0,8 %). Если в аустените содержится иное количество углерода, то прежде из него должна выделиться фаза с малым или большим содержанием углерода (феррит или цементит). Превращение аустенита в перлит происходит в железоуглеродистых сплавах при одной и той же температуре (727 °C).

Структурно перлит представляет собой распределенные в феррите пластинки или глобулы цементита. Твердость зернистого перлита составляет 160÷210 НВ, твердость пластинчатого несколько выше (200÷250 НВ).

Ледебурит (Л) – эвтектика, механическая смесь, состоящая в момент образования при 1147 °C из кристаллов аустенита и цементита первичного. При охлаждении сплава до комнатных температур состав ледебурита изменяется вследствие изменений, происходящих с аустенитом, входящим в его состав. Ниже 727 °C ледебурит представляет собой механическую смесь перлита и цементита (первичного и вторичного).

Ледебурит содержит всегда постоянное количество углерода – 4,3 %, является достаточно твердым (~ 700 НВ) и хрупким.

Графит (Г) – разновидность углерода, имеющего гексагональную плотноупакованную кристаллическую решетку (ГПУ). По структуре графит является слоистым, имеет весьма низкую твердость и прочность.

2.3. Линии диаграммы состояния Fe – Fe₃C

Линии диаграммы являются совокупностью точек, соответствующих температурам фазовых переходов при нагреве или охлаждении железоуглеродистых сплавов различного состава. Эти температуры называются критическими точками сплавов.

Рассмотрим значение линий диаграммы для случая охлаждения сплавов.

ACD – линия ликвидус, характеризует начало процесса кристаллизации. На линии *AC* из жидкого расплава выделяются кристаллы аустенита, на линии *CD* – кристаллы цементита первичного.

AEC – линия солидус, характеризует конец процесса кристаллизации. На линии *AE* заканчивается выделение кристаллов аустенита. Горизонтальная линия *ECF* является эвтектической. При температуре, соответствующей данной линии, кристаллизуется расплав, содержание углерода в котором достигло 4,3 %. Линию *ECF* иногда называют линией ледебуритного превращения.

GS – линия начала распада аустенита. При температурах, соответствующих данной линии, на границах кристаллов аустенита появляются зародыши кристаллов феррита. Этот процесс идет в твердом состоянии, и поэтому его называют вторичной кристаллизацией.

ES – линия изменения растворимости углерода в аустените. При температурах этой линии аустенит обедняется углеродом, возникает избыток по углероду, который выделяется из аустенита в виде цементита (вторичного).

PSK – линия превращения аустенита в перлит. При температуре этой линии во всех железоуглеродистых сплавах протекает превращение аустенита, содержание углерода в котором достигло 0,8 % в соответствии с линией *ES*. Процесс идет в твердом состоянии (вторичная кристаллизация), продукт превращения – перлит является эвтектоидом. Поэтому, эту линию называют линией перлитного превращения.

GP – линия конца перехода аустенита в феррит.

PQ – линия изменения растворимости углерода в феррите. При температурах этой линии сплавы не могут сохранять концентрацию углерода в α -растворе происходит выделение избыточного углерода в виде высокоуглеродистой фазы – цементита (третичного).

2.4. Области диаграммы состояния Fe – Fe₃C

Каждая область диаграммы соответствует определенному структурному состоянию железоуглеродистых сплавов, претерпевающих изменения при изменении температуры (рис.1).

- I – расплавленное состояние (однородный жидкий раствор);
- II – жидкий раствор и кристаллы аустенита (А);
- III – жидкий раствор и кристаллы цементита первичного (Ц₁);
- IV – кристаллы аустенита (А);
- V – кристаллы аустенита (А) и феррита (Ф);
- VI – кристаллы феррита (Ф);
- VII – кристаллы аустенита (А) и цементита (Ц₂);
- VIII – кристаллы феррита (Ф) и цементита (Ц₃);
- IX – кристаллы феррита (Ф) и перлита (П);
- X – кристаллы перлита (П) и цементита (Ц₂);
- XI – кристаллы аустенита (А), цементита (Ц₂) и ледебурита (Л);
- XII – кристаллы перлита (П), цементита (Ц₂) и ледебурита (Л);
- XIII – кристаллы цементита первичного (Ц₁) и ледебурита (Л);
- XIV – кристаллы цементита первичного (Ц₁) и ледебурита (Л).

2.5. Применение диаграммы Fe – Fe₃C

Зная диаграмму состояния сплавов данной системы, можно определить температуру сплава для получения отливок, склонность к ликвации, температурные интервалы горячей обработки давлением (ковки, прокатки, прессования и др.) и температуры нагрева при осуществлении различных видов термической обработки. По диаграмме состояния можно определить структуру сплава в тот или иной момент времени медленного нагрева, выдержки или медленного охлаждения вплоть до комнатных температур. Кроме того, для любой температуры любого сплава можно указать не только его состояние (расплавленное, полужатвердевшее или полностью затвердевшее), но и какие фазы характеризуют его состояние, каково их количество и процентное соотношение и какой химический состав они имеют (по правилу отрезков).

2.5.1. Превращения в сталях

Рассмотрим процессы, проходящие при охлаждении в сплаве, содержащем 0,5 % С (рис.2, а). Для описания всех превращений проведем из точки 0,5 % С вертикальную линию, характеризующую изменение температуры данного сплава, отметим на этой линии точки, соответствующие температурам фазовых превращений сплава, и точки, соответствующие температурам определенных состояний сплава.

Точки фазовых превращений (критические точки) получаются от пересечения вертикальной линии с линиями диаграммы состояния.

При температуре t_1 сплав находится в расплавленном состоянии, при t_2 в жидком расплаве возникают первые кристаллы аустенита, при t_3 сплав состоит из двух фаз – жидкого расплава и кристаллов аустенита. Для любой из температур от t_2 до t_4 можно определить химический состав данных фаз и количественное их соотношение, пользуясь правилом отрезков. Определим это для температуры t_3 .

Для этой цели проведем через точку t_3 горизонтальную линию до пересечения с линиями анализируемой области диаграммы. Полученная линия $ав$ разделяется точкой “б” на два отрезка $аб$ и $бв$, соотношение длин которых будет характеризовать соотношение количества жидкого расплава и кристаллов аустенита, а проекции точек а и в на ось концентраций – химический состав данных фаз. При этом количество какой-либо из фаз будет характеризоваться отрезком, противоположным области существования данной фазы.

Таким образом, при температуре t_3 имеем:

а) количество аустенита $\frac{бв}{ав}100\%$; содержание углерода в аустените характеризуется проекцией точки “а” на ось абсцисс;

б) количество жидкого расплава $\frac{аб}{ав}100\%$; содержание углерода в расплаве характеризуется проекцией точки “в” на ось абсцисс.

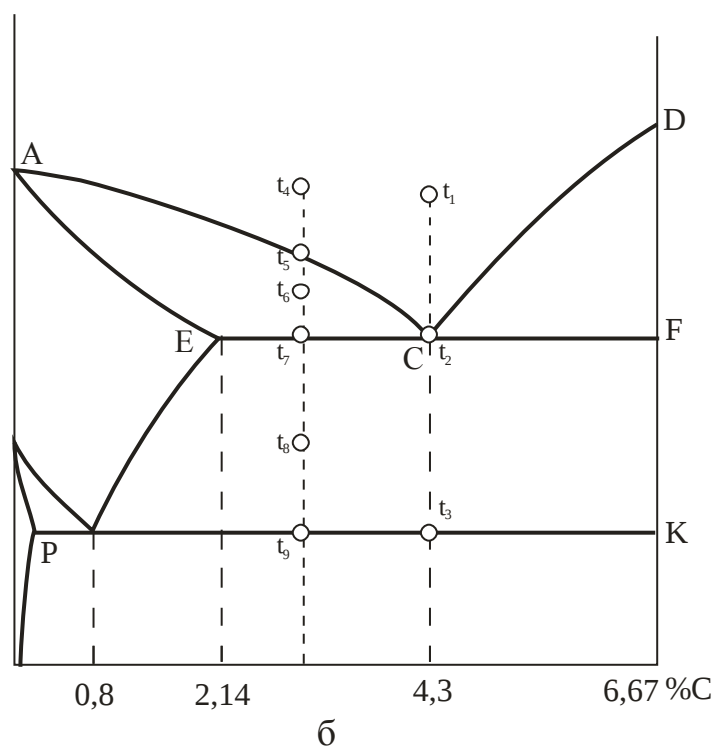
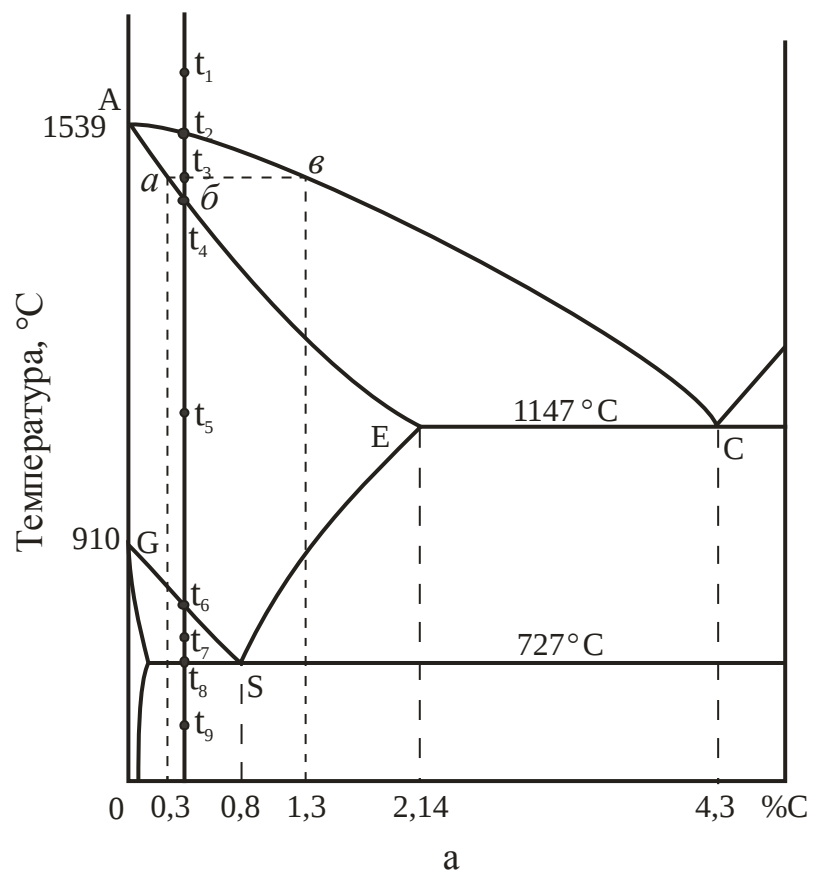


Рисунок 2 - Часть диаграммы состояния Fe-Fe₃C
 а - левая (стальная) часть диаграммы;
 б - правая часть диаграммы.

При температуре t_4 заканчивается процесс кристаллизации сплава (первичная кристаллизация); при температуре t_5 и при любых других, лежащих в интервале от t_4 до t_6 , сплав имеет аустенитную структуру.

При температуре t_6 начинается процесс перекристаллизации сплава (в твердом состоянии). Из аустенита начинает выделяться феррит. При t_7 в структуре сплава существуют две фазы – аустенит и феррит. При t_8 заканчивается процесс выделения феррита, в результате чего содержание углерода в аустените достигает значения 0,8 и последний превращается в перлит – феррито-цементитную смесь. При температурах ниже t_8 структурных изменений в сплаве практически не происходит и при температуре t_9 структура сплава состоит из зерен перлита и феррита. Однако, если быть более точным, в процессе охлаждения от температуры t_8 до комнатной идет дополнительное выделение незначительного количества цементита (третичного) из ферритных прослоек перлита.

2.5.2. Превращения в чугунах

Рассмотрим процессы, проходящие при охлаждении в сплаве, содержащем 4,3 % углерода (рис. 2, б). При температуре t_1 сплав находится в жидком состоянии. При окончании кристаллизации (t_2) сплав с 4,3 % С имеет чисто эвтектическую структуру. При охлаждении этого сплава от 1147 до 727 °С (от t_2 до t_3) из аустенита, входящего в состав эвтектики, выделяется цементит (Ц_2), который обычно структурно не обнаруживается, так как объединяется с цементитом эвтектического происхождения (Ц_1). В точке t_3 , т.е. при 727 °С, аустенит эвтектики имеет концентрацию, равную 0,8 % С, и при этой температуре происходит перлитное превращение. Следовательно, ниже 727 °С (t_3) ледебурит представляет собой смесь цементита и перлита.

В доэвтектических чугунах структурные превращения проходят следующим образом. В точке t_4 (содержание углерода ~ 3 %) доэвтектический чугун находится в жидком состоянии. В точке t_5 при охлаждении из расплава первыми начинают выделяться кристаллы аустенита. В точке t_6 сплав состоит из жидкого расплава и кристаллов аустенита. При температуре 1147 °С (точка t_7) заканчивается кристаллизация аустенита и одновременно образуются кристаллы ледебурита. При

охлаждении от t_7 до t_9 первичные выделения аустенита изменяют свою концентрацию от 2,14 до 0,8 % C, избыток углерода выделяется в виде цементита (C_2). В точке t_9 (727°C) происходит перлитное превращение. Структура охлажденного сплава с содержанием углерода 3 % будет представлять собой смесь кристаллов перлита, ледебурита и цементита вторичного.

2.6. Изучение микроструктур и свойств сталей и чугунов

в равновесном состоянии

Сплавы системы Fe – Fe_3C условно можно разделить на следующие группы: техническое железо, углеродистые стали и чугуны.

2.6.1. Техническое железо

К этой группе относится электротехническое железо, содержащее менее 0,01 % углерода и собственно техническое железо, содержащее углерод в пределах от 0,01 % до 0,025 %.

Электротехническое железо является однофазным и имеет структуру чистого феррита (рис. 3, а). В структуре технического железа в небольших количествах присутствует вторая фаза – цементит (третичный), находящийся на границах ферритных зерен и трудно обнаруживаемый под оптическим микроскопом.

2.6.2. Углеродистые стали

Это сплавы, содержащие углерод в пределах от 0,025 % до 2,14 %. По содержанию углерода стали подразделяются на доэвтектоидные (менее 0,8 % углерода) и заэвтектоидные (от 0,8 % до 2,14 % C). Границей между ними является эвтектоидная сталь, содержащая 0,8 % углерода.

Структура доэвтектоидных сталей состоит из зерен феррита и перлита (рис. 3, б). С увеличением количества углерода в доэвтектоидных сталях уменьшается количество феррита, но увеличивается доля перлита. Это сопровождается уменьшением пластичности стали и увеличением твердости и прочности.

Доэвтектоидные стали находят широкое применение для изготовления разнообразных деталей машин и конструкций.

Сталь, содержащая 0,8 % углерода, называют эвтектоидной. Структура эвтектоидной стали является полностью перлитной, представляющей из себя меха

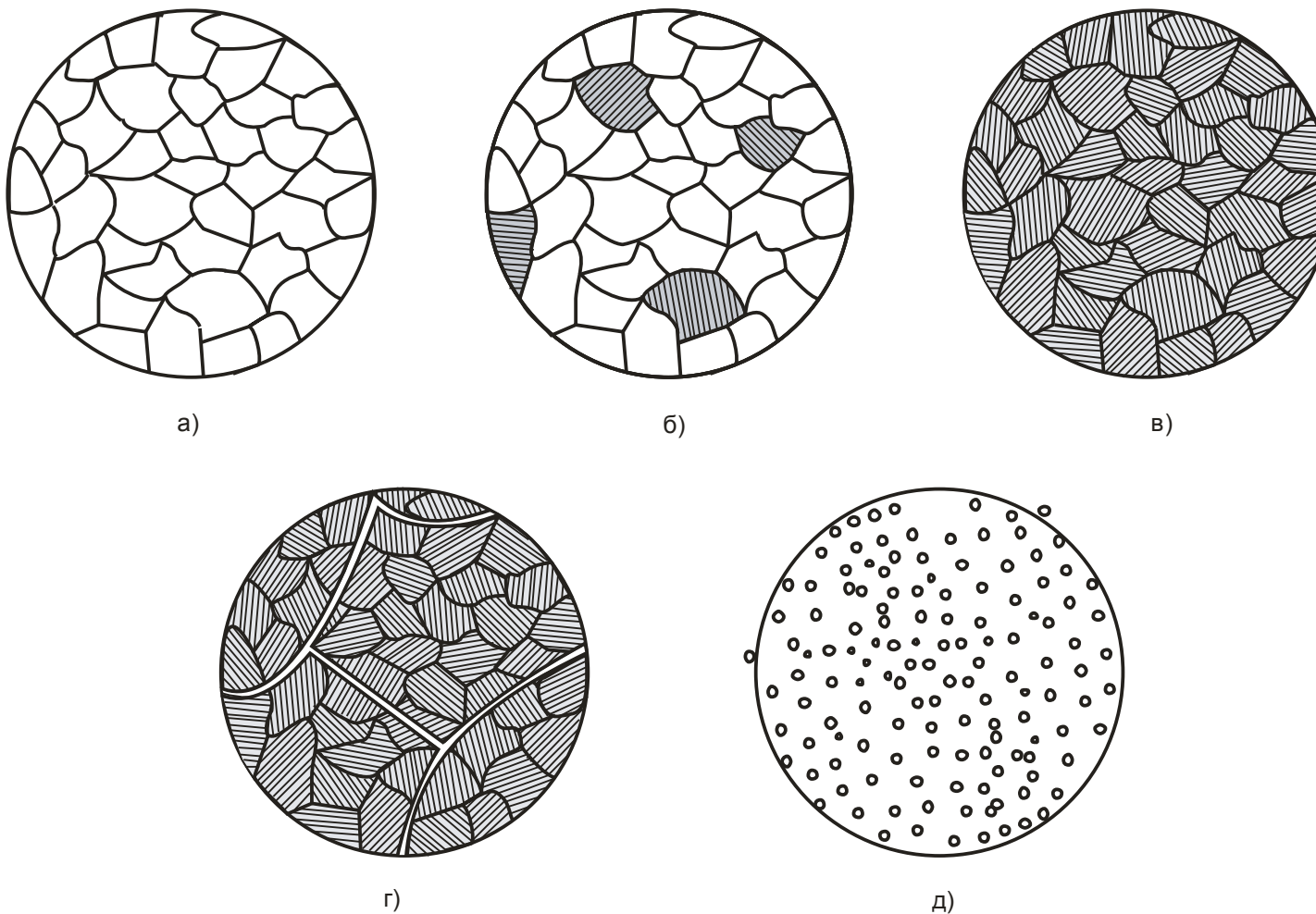


Рисунок 3 - Схематическое изображение микроструктур сталей:
 а) техническое железо (зерна феррита); б) доэвтектоидная сталь (зерна феррита и перлита); в) эвтектоидная сталь (перлит пластинчатый);
 г) заэвтектоидная сталь (пластинчатый перлит с цементитом в виде сетки); д) заэвтектоидная сталь (зернистый цементит)

ническую смесь чередующихся пластин феррита и цементита. Такой перлит называют пластинчатым (рис. 3, в). Перлит может иметь и зернистую форму, но это достигается после специальной термической обработки, например, после длительного выдерживания при температуре перлитного превращения или после термоциклирования вблизи этой температуры (отжиг на зернистый перлит). При этом происходит дробление и коагуляция цементитных пластин. Структура стали в итоге представляет из себя включения округлых частиц цементита в ферритной основе. Обычно подобную структуру стали стремятся получить с целью облегчения обрабатываемости резанием.

Заэвтектоидные стали имеют структуру перлита и цементита (вторичного). Выделения цементита могут иметь различную форму в виде прерывистой или непрерывной сетки (рис. 3, г, д). Подобный характер цементитных выделений является следствием того, что их образование происходило на границах бывших зерен аустенита, превратившихся впоследствии в перлит.

Заэвтектоидные стали отличаются наибольшей твердостью среди углеродистых сталей. При этом, если твердость данных сталей с увеличением содержания углерода возрастает непрерывно, то прочность после максимума при $\sim 1\%$ углерода начинает заметно снижаться.

Как правило, эвтектоидная и заэвтектоидные стали применяются для изготовления различного вида инструмента (режущего, мерительного, штампованного).

По применению углеродистые стали подразделяются на две группы: 1) конструкционные (углерода не более $0,7\%$); 2) инструментальные (углерода от $0,7\%$ до $1,5\%$).

Конструкционные углеродистые стали в зависимости от содержания углерода, способа выплавки, раскисления, содержания примесей и назначения подразделяются на: стали обыкновенного качества; качественные; специальные стали.

Сталь обыкновенного качества маркируется и имеет свойства, гарантируемые ГОСТ 380 – 71. В зависимости от способа выплавки сталь может быть

мартеновской или конвертерной, в зависимости от способа раскисления – кипящей (кп), спокойной (сп), полуспокойной (пс). По гарантированным сталь свойствам делится на три класса:

класс А – гарантируются механические свойства (термической обработке сталь не подвергается);

класс Б – гарантируется химический состав (может подвергаться термической обработке);

класс В – гарантируются механические свойства и химический состав стали (для сварных конструкций).

Класс А по механическим свойствам сталей делится на 7 групп. Первая из них имеет самые низкие механические свойства, седьмая – самые высокие.

В марке буква А не ставится. Например, Ст3кп2 – это сталь обыкновенного качества, третьей группы, кипящая, второй категории.

Класс Б имеет семь групп сталей, первая из них имеет самое низкое содержание углерода, седьмая – самое высокое. Категорий – две. В первой категории регламентируется содержание примесей, во второй – кроме содержания примесей, предусматривается содержание редких элементов.

Класс В имеет семь групп и шесть категорий сталей. Первая группа имеет самое низкое содержание углерода и низкие механические свойства, седьмая – самые высокие. Первая категория предусматривает показатели σ_b , σ_T и количество стандартных примесей. Например, ВСт6сп5 – сталь класса В (обычно мартеновская), шестой группы, спокойная, пятой категории.

Качественная сталь выплавляется преимущественно в мартеновских печах с соблюдением более высоких требований к технологии производства. По раскислению сталь является спокойной (сп) или полуспокойной (пс), по содержанию углерода – низкоуглеродистой (до 0,3 % С), среднеуглеродистой (от 0,3 % до 0,5 % С), высокоуглеродистой (от 0,5 % до 0,8 % С). Маркируются качественные конструкционные стали двумя цифрами, показывающими содержание углерода в сотых долях процента. Например, сталь 20 – это сталь качественная, содержащая 0,2 % С.

Инструментальная сталь – это обычно сталь качественная, маркируется буквой У, за которой идут цифры, показывающие содержание углерода в десятых долях процента. Например, У10 – это сталь углеродистая, инструментальная, содержащая 1 % С.

Если содержание S и P в качественной стали понижено (менее 0,025 %), то в марке после цифры ставится буква А. Например, У12А – это сталь высококачественная, инструментальная, содержит 1,2 % С, имеет пониженное количество S и P.

Специальная сталь выплавляется для конкретного назначения. Например, сталь для деталей, получаемых на автоматах (гайки, втулки и др.) маркируется А20, А40, котельная сталь К-20, арматурная АІ или АП (где І и П – вид профиля), мостовая для сварных конструкций М16, для клепанных Ст3 мост и др.

2.7. Чугуны

Железоуглеродистые сплавы, содержащие от 2,14 % до 6,67 % углерода, согласно диаграмме Fe – Fe₃C называются чугунами.

По содержанию углерода чугуны могут быть доэвтектическими (от 2,14 % до 4,3 % углерода), эвтектическими (4,3 % углерода) и заэвтектическими (более 4,3 % углерода).

Применяющиеся на практике чугуны обычно содержат от 1,8 % до 5,0 % углерода. По применению чугуны разделяются на три группы: пердедельные; литейные; специальные.

Передельные чугуны предназначены для передела в сталь.

Литейные чугуны используются для получения разнообразных отливок.

Специальные чугуны применяются в виде добавок при выплавке легированных сталей. Эти чугуны наряду с высоким содержанием углерода имеют высокое содержание одного из элементов – кремния, марганца, титана, ниобия и др. Данные чугуны представляют собой ферросплавы (ферросилиций, ферромарганец и т.д.).

К специальным относят чугуны, обладающие каким-либо ярко выраженным свойством, важным на практике (чугуны немагнитные, жаростойкие и др.).

По микроструктуре принято выделять следующие группы чугунов: белый, серый, ковкий и высокопрочный.

Белый чугун. Весь углерод в нем находится в связанном состоянии в виде цементита (рис. 4, а). Вследствие этого белые чугуны имеют высокую твердость, применение их в технике ограничено. Структурным признаком белого чугуна является наличие эвтектики – ледебурита.

Серые чугуны являются наиболее распространенными и дешевыми литейными сплавами. Графит в серых чугунах имеет пластинчатую форму (рис. 4, б, в). Пластины графита расчленяют металлическую основу чугуна и, почти не имея запаса пластичности, действуют как внутренние трещины. Вследствие этого, серые чугуны обладают низкой прочностью и малой пластичностью ($0,3 \div 0,5 \%$). Однако, серые чугуны имеют хорошие литейные свойства, а наличие графита придает им меньшую чувствительность к концентраторам напряжений (надрезам, неметаллическим включениям, мелким раковинам и др.). Кроме того, серые чугуны обладают способностью рассеивать вибрационные колебания при переменных нагрузках. Все это вместе со смазывающим действием графита и легкостью стружкоотделения при резании позволяет считать серые чугуны хорошим конструкционным материалом, которым в некоторых случаях можно заменить дорогостоящую сталь. Выделению графита способствует графитизирующий элемент – кремний (до $3,5 \%$).

Серые чугуны маркируются (ГОСТ 1412-85) буквами СЧ, после которых следуют цифра, характеризующая его прочностные свойства. Например, марка СЧ 10 означает: СЧ – серый чугун; 10 – временное сопротивление при растяжении в $\text{МПа} \cdot 10^{-1}$.

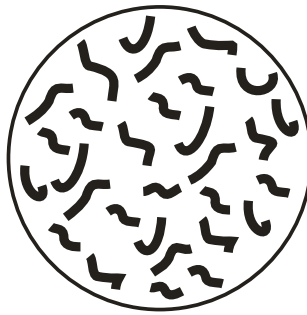
В табл.1 указана структура металлической основы чугунов и их примерное применение.

Ковкие чугуны получили свое название, благодаря достаточно высокой пластичности в сравнении с серыми чугунами. Структурным признаком ковких чугунов являются графитные выделения в виде хлопьев (рис. 4, г). Подобную форму гра-

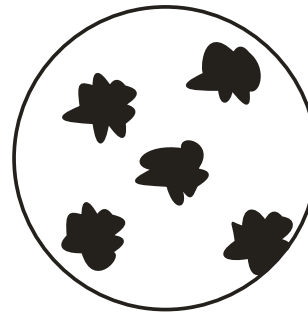
До травления



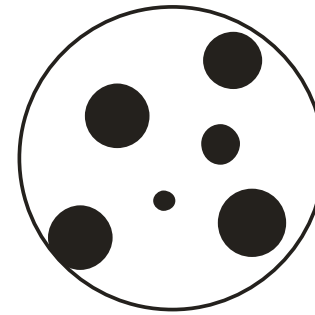
а



б

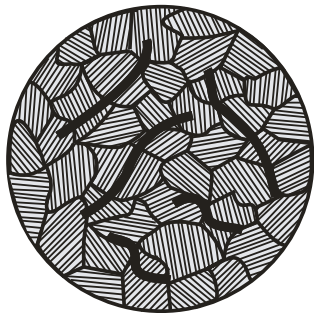


в

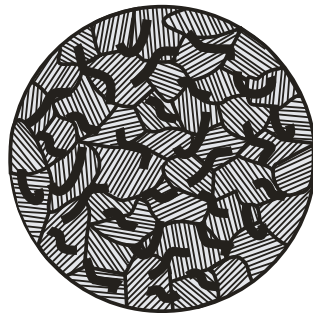


г

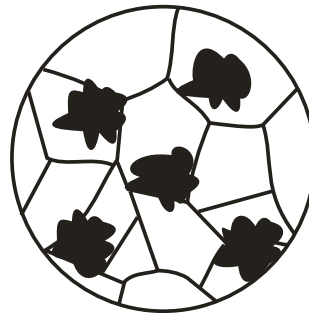
После травления



а



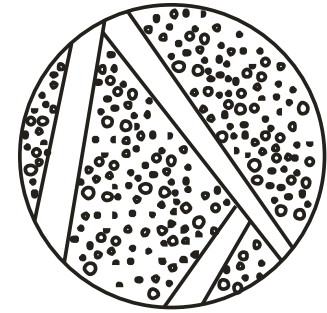
б



в



г



д

Рисунок 4 - Схематическое изображение микроструктур чугунов:

а) серый чугун (с пластинчатым графитом) ; б) серый чугун (с завитым графитом) ;

в) ковкий чугун (с хлопьевидным графитом); г) высокопрочный чугун (с шаровидным графитом);

д) белый заэвтектический чугун

фит приобретает при распаде цементита в результате длительной высокотемпературной выдержки (отжига) белого чугуна.

Таблица 1

Марка серого чугуна	Структура металлической основы	Примерное применение
СЧ 10	Ферритная	Малоответственные детали, строительные колонны, фундаментные плиты
СЧ 15 СЧ 18 СЧ 20 СЧ 21	Феррито-перлитная	Литые малонагруженные детали станков, автомобилей, тракторов и др.
СЧ 24 СЧ 25 СЧ 30 СЧ 35	Перлитная	Станины мощных станков и механизмов, детали, работающие на износ (компрессорное литье, блоки двигателей, цилиндры двигателей, детали металлургического оборудования, тормозные барабаны, шестерни и др.)

Ковкие чугуны маркируются буквами КЧ, после которых следуют цифра, характеризующая величину минимального временного сопротивления при растяжении. Например, марка КЧ 30 означает: КЧ – ковкий чугун; 30 – минимальное временное сопротивление при растяжении, МПа·10⁻¹.

В табл. 2 указаны некоторые марки ковких чугунов, структура их металлической основы и примерное применение чугунов.

Таблица 2

Марка чугуна	Структура металлической основы	Примерное применение
КЧ 30 КЧ 35 КЧ 37 КЧ 38	Ферритная (160 – 170 НВ)	Малоответственные слабонагруженные детали (гайки, фланцы, муфты и др.) Детали, работающие при повышенных статических и динамических нагрузках (картеры редукторов, ступицы маховиков, шестерен и др.)
КЧ 50 КЧ 50 КЧ 60 КЧ 63	Перлитная (240 – 270 НВ)	Детали, работающие при высоких статических и динамических нагрузках в условиях трения (вилки карданных валов, звенья цепей конвейеров, втулки, муфты, тормозные колодки и др.)

Высокопрочные чугуны получают с применением модифицирования путем присадки в жидкий чугун небольших добавок некоторых щелочных и щелочноземельных металлов (0,03 ÷ 0,07 % от веса расплава). Для этой цели обычно используют магний в сочетании с кремнием.

Присутствие магния приводит к тому, что выделения графита при кристаллизации задерживаются, а после ввода Si графит выпадает в виде округлых включений шаровидной формы (рис. 4, д). Благодаря таким включениям чугуны имеют высокие механические свойства, приближающиеся к свойствам литейных углеродистых сталей при сохранении более высоких литейных свойств, обрабатываемости резанием, способности гасить вибрации, износостойкости и др.

Высокопрочные чугуны маркируются буквами ВЧ, после которых следуют цифры, характеризующие то же, что и в случае ковких чугунов. Например, марка ВЧ 60: ВЧ – высокопрочный чугун; 60 – минимальное значение временного сопротивления при растяжении в МПа·10⁻¹.

В табл. 3 указаны некоторые марки высокопрочных чугунов, по ГОСТ 7293 – 85, структура их металлической основы и примерное применение.

Таблица 3

Марка чугуна	Структура металлической основы	Примерное применение
ВЧ 35 ВЧ 40	Ферритная	Малонагруженные детали в автомобилестроении, дизелестроении и др.
ВЧ 45	Феррито-перлитная	Фланцы, цилиндры, шестерни, траверсы прессов и др.
ВЧ 50 ВЧ 60 ВЧ 70 ВЧ 80 ВЧ 100	Перлитная	Детали тяжелого машиностроения (прокатных станов, кузнечно-прессового оборудования и др.)

3. План отчета

1. Вычертить в масштабе диаграмму Fe – Fe₃C со всеми буквенными и цифровыми обозначениями по осям и линиям ее.
2. Описать значения каждой линии диаграммы.
3. Описать структурное состояние железоуглеродистых сплавов в различных областях диаграммы.
4. Охарактеризовать структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.
5. Описать процесс кристаллизации контрольного железоуглеродистого сплава (по указанию преподавателя).
6. Изучить с помощью оптического микроскопа и зарисовать структуры железоуглеродистых сплавов, образцов из коллекций.
7. Для защиты лабораторной работы необходимо подготовить устный отчет о превращениях в сплаве с определенным количеством углерода.

4. Список литературы

1. Гуляев А.П. Металловедение / А.П. Гуляев. – М.: Металлургия, 1978. – 647 с.
2. Солнцев Ю.П. Материаловедение / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. – СПб.: Химиздат, 2007. – 784 с.
3. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин. – М.: Металлургия, 1977. – 407 с.
4. Металлография железа. Т. 2. Структура сталей: пер. с англ. / Под ред. Ф.Н. Тавадзе. – М.: Металлургия, 1972. – 478 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе № 2 по курсу
«Материаловедение»

Редактор

Технический редактор

Корректор

Подписано в печать 2010 г. Формат 84х60х1/16

Бумага оберточная. Тираж 100 экз. Усл. печ.л. Уч.-изд.л.

Изд. № Заказ № Цена договорная
