

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению курсовой работы «Определение типа и параметров термической (структурной) обработки сплава Fe+...%C» по дисциплине «Теоретические основы технологических процессов термической обработки металлов» для студентов направления 6.050401 - металлургия

УТВЕРЖДЕНО

**на заседании Ученого совета
академии**

Протокол №15 от 27.12.2011

Днепропетровск НМетАУ 2011

УДК 621.78.012(07)

Методические указания к выполнению курсовой работы «Определение типа и параметров термической (структурной) обработки сплава Fe+...%C» по дисциплине «Теоретические основы технологических процессов термической обработки металлов» для студентов направления 6.050401 /Сост.: Ю.П. Гуль, М.А. Соболенко. - Днепропетровск: НМетАУ, 2011. – 45 с.

Рассмотрены методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине с изложением содержания ее разделов и структуры, с определением типов и параметров термической (структурной) обработки, с построением схем-графиков режимов и теоретическим обоснованием назначенных видов термической (структурной) обработки и параметров их режимов.

Предназначены для студентов направления 6.050401 – металлургия всех форм обучения.

Издается в авторской редакции.

Составители: Ю.П.Гуль, канд. техн. наук, проф.

М.А. Соболенко, асс.

Ответственный за выпуск Л.Н.Дейнеко, д-р техн. наук, проф.

Рецензент С.И. Губенко, д-р техн. наук, проф. (НМетАУ)

Подписано к печати 14.06.2011. Формат 60x40 ¹/₁₆. Бумага типогр. Печать плоская.
Уч.-изд. л. 2,64. Усл.печ. л. 2,61 . Тираж 100 экз. Заказ № .

Национальная металлургическая академия Украины
19600, Днепропетровск – 5, пр. Гагарина, 4

Редакционно-издательский отдел НМетАУ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЦЕЛИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ...6	
2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	7
3. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	8
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	9
4.1. Вводная часть.....	9
4.2. Основная часть.....	9
4.2.1. Введение.....	9
4.2.2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	9
4.2.2.1. Анализ положения на диаграмме фазовых состояний сплава заданного химического состава.....	9
4.2.2.2. Определение возможных фазовых превращений в сплаве заданного химического состава при нагреве и охлаждении.....	12
4.2.2.3. Определение типов термической (структурной) обработки сплавов заданного химического состава с использованием фазовых превращений.....	15
4.2.2.4. Определение параметров режимов термической (структурной) обработки назначенных типов.....	17
А. Класс – термическая обработка.....	17
Б. Класс – деформационно-термическая обработка.....	20
В. Класс – химико – термическая обработка.....	22
4.2.2.5. Построение схем-графиков режимов назначенных типов термической (структурной) обработки.....	23
4.2.2.6. Теоретическое обоснование назначенных видов термической (структурной) обработки и параметров их режимов.....	29
4.2.3. ВЫВОДЫ.....	30
4.2.4. ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК.....	30
ЛИТЕРАТУРА.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	32

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа по дисциплине «Теоретические основы технологических процессов (термической обработки металлов)» выполняется на тему «Определение типа и параметров термической (структурной) обработки сплава Fe + ...%C».

Структурная обработка – обобщающее наименование обработок и металлов и сплавов: термической и комбинированной видов обработок (деформационно-термической, химико-термической и др.), сущностью которых является получение заданного комплекса свойств путем направленного изменения структурного состояния сплава в процессе фазовых и структурных превращений, что достигается системным энерго-информационным воздействием на сплав.

Структурное состояние сплава характеризуется его фазовым составом, морфологией структуры и механическим напряженным состоянием. Системное описание структурного состояния заключается в его представлении в виде структурных систем и уровней. С этой позиции структурные элементы сплава одновременно распределены в трех пространствах сплава: геометрическом, энергетическом и химическом (концентрационном).

Указанные структурные элементы, распределенные и взаимодействующие в соответствующих названных выше пространствах (системах), могут находиться на различных структурных уровнях строения вещества (металл). Это уровни: макроструктуры, микроструктуры, тонкой (дефектно-кристаллической) структуры, атомно-кристаллической структуры, электронной структуры, ядерной структуры.

Следует учитывать, что используемые при обычных видах структурных обработок энерго-информационные воздействия наиболее существенно влияют на структурные элементы 3-х уровней: микроструктуры, тонкой структуры и атомно-кристаллической структуры – при сравнительно слабом воздействии или практическом отсутствии регистрируемого влияния остальные.

Структурные элементы, распределенные и взаимодействующие в описанных системах и уровнях, являются носителями информации о свойствах объекта – металлического сплава и образуют таким образом

информационную систему структурного состояния сплава. Эта система в принятых терминах может быть представлена состоящей из трех подсистем:

- сенсорной информации;
- управленческой информации;
- генетической информации.

Первая воспринимает внешние энерго-информационные воздействия на объект и (после сепарации) передает их второй подсистеме, которая в зависимости от условий и направления воздействия «включает» соответствующие программы подсистемы генетической информации.

Если целью энергетически-информационного воздействия является преобразование структурного состояния сплава, то включаются такие программы, т.е. процессы фазовых и структурных превращений, которые приводят в конечном счете к изменению кода информации о свойствах объекта.

Если энерго-информационные воздействия реализуют при изготовлении или эксплуатации объекта, то включаются программы адекватных реакций на такие воздействия (сопротивления или приспособления) с сохранением целостности объекта и его систем.

При выполнении данной курсовой работы рассматриваются энерго-информационные воздействия первого типа, которые образуют систему внешней управленческой информации или режим структурной обработки: распределенные в пространстве и во времени параметры энергетического воздействия определенной величины и направления. В самом общем виде задачей курсовой работы является выявление на основе исходных данных возможных программ преобразования исходного структурного состояния объекта и определение адекватных параметров внешнего энерго-информационного воздействия на сплав для включения этих программ при том или ином виде структурной обработки. В качестве исходных данных, содержащих минимально необходимые сведения о программах подсистемы генетической информации сплава принимаются: двухкомпонентная диаграмма состояния, химический состав сплава, относящийся к этой диаграмме, и морфология структуры, обусловленная характерным типом предварительной обработки.

1. ЦЕЛИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1.1. Целью курсовой работы является овладение студентами навыками самостоятельного использования соответствующих теоретических положений дисциплины для обоснованного назначения всех возможных видов и режимов структурной обработки сплава заданного химического состава как параметров управления фазовыми и структурными превращениями, обеспечивающими формирование структурного состояния на заданных структурных уровнях, а также - освоение правил оформления текстовой и графической технической документации согласно действующим стандартам с учетом особенностей такого оформления в области металловедения и термической обработки металлов.

1.2. Курсовая работа должна быть представлена руководителю к защите и защищена не позже последней недели перед началом компенсационной недели. Оценка курсовой работы производится по 5 (12) бальной шкале с учетом:

- соответствия содержания работы заданию и методическим указаниям по ее выполнению;
- уровня оформления расчетно-пояснительной записки и демонстрационного листа;
- результатов защиты по теоретическому обоснованию принятых решений и истолкованию процессов фазовых и структурных превращений при назначенных видах и режимах структурной обработки.

Ход выполнения курсовой работы постоянно контролируется руководителем в течение семестра, ведущему лектору по дисциплине руководители курсовой работы представляют сведения о проценте выполнения работы для учета при выставлении общей оценки по межсессионному контролю текущей успеваемости по дисциплине.

2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

2.1. Задание на курсовую работу выдается руководителем курсовой работы на 1...2 неделях семестра и должно содержать:¹⁾

2.1.1. Бинарную диаграмму состояния сплава.

2.1.2. Химический состав сплава.

2.1.3. Концентрацию второго компонента (согласно заданной диаграмме состояния), для которой анализируется возможность и разрабатывается режим насыщающей химико-термической обработки.

2.1.4. Указание исходного состояния сплава перед различными видами структурной обработки (рекомендуется: литое, горячедеформированное, холоднодеформированное).

Рекомендуется специальная литература по назначению и структурной обработке сплава заданного химического состава и (или) направление самостоятельного информационного поиска.

2.2. Основные исходные источники информации для выполнения курсовой работы

2.2.1. Задание на курсовую работу.

2.2.2. Рекомендуемая учебная литература по дисциплине [1...5].

2.2.3. Конспект лекций по дисциплине.

2.2.4. Соответствующие материалы практических занятий по дисциплине.

2.2.5. Материалы самостоятельного информационного поиска.

2.2.6. Методические указания по оформлению курсовой работы согласно действующим стандартам [6].

2.2.7. Методические указания по выполнению курсовой работы.

¹⁾ Задание может содержать исходные данные для выполнения 1-го демонстрационного листа.

3. СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1. Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 20...25 страниц формата А4 и факультативно – одного демонстрационного листа формата А1. Оформляется согласно рекомендациям изложенным в [6].

3.2. Структура расчетно-пояснительной записки.

Вводная часть:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;
- реферат;
- содержание;
- перечень условных обозначений, символов, сокращений и терминов.

Основная часть:

ВВЕДЕНИЕ.....1-2 стр.

1. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....16-22 стр.

1.1. Анализ положения на диаграмме фазовых состояний сплава заданного химического состава.

1.2. Определение возможных фазовых превращений в сплаве заданного химического состава при нагреве и охлаждении.

1.3. Определение типов термической (структурной) обработки сплавов заданного химического состава с использованием фазовых превращений.

1.4. Определение параметров режимов термической (структурной) обработки назначенных типов.

1.5. Построение схем-графиков режимов назначенных типов термической (структурной) обработки.

1.6. Теоретическое обоснование назначенных видов термической (структурной) обработки и параметров их режимов.

ВЫВОДЫ.....1 стр.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК.....1 стр.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

4.1. Вводная часть

4.1.1. Титульный лист оформляется по образцу, приведенному в приложении.

4.1.2. Остальные структурные единицы вводной части, указанные выше, выполняются в соответствии с требованиями и примерами, изложенными в учебном пособии [6], с учетом специфики курсовой работы.

4.2. Основная часть

4.2.1. ВВЕДЕНИЕ

Во введении следует раскрыть сущность, значение и назначение термической (структурной) обработки металлов и сплавов, пояснить содержание объекта воздействия – структурные системы и уровни, программы их преобразования через процессы фазовых и структурных превращений, характер и способы управления этими программами через системы внешних энерго-информационных воздействий. Далее дать краткую характеристику сплаву заданного химического состава, указать его назначение, характерные используемые до настоящего времени виды его структурных обработок и их назначение. В заключение следует указать цель данной курсовой работы.

4.2.2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.2.2.1. Анализ положения на диаграмме фазовых состояний сплава заданного химического состава

В данном подразделе приводится диаграмма состояния сплава в соответствии с заданием, на которую наносится концентрационная линия сплава заданного химического состава (см. пример на рис. 4.1). Далее дается общая характеристика диаграммы состояния с указанием характера взаимодействия компонентов, температурно-концентрационных границ фазовых областей, фазового состава этих областей, типа фазовых

превращений и т.д. Затем эта общая характеристика конкретизируется для сплава заданного химического состава. Основное внимание при анализе уделяется диаграмме ниже температур солидуса, так как все рассматриваемые в данной курсовой работе термические (структурные) обработки осуществляются в твердом агрегатном состоянии. Следует также обратить внимание на особенность фазового превращения растворение-выделение. В отличие от всех других фазовых превращений наличие этого превращения в сплаве не обязательно обусловлено пересечением линии соответствующего фазового равновесия на диаграмме с концентрационной линией сплава. Такое превращение будут испытывать как сплавы, концентрационная линия которых пересекает линию ограниченной и меняющейся с температурой растворимости одного компонента в другом, так и сплавы, концентрационная линия которых находится правее линии ограниченной растворимости (сплавы 1-1 и 2-2 на рис. 4.1).

В то же время, сплавы, концентрационная линия которых не пересекает линию ограниченной растворимости и лежит левее этой линии, фазовое превращение «растворение - выделение» не испытывают (сплав 3-3 на рис. 4.1). Основными исходными данными являются: температуры солидуса и фазовых равновесий в твердом состоянии с указанием типа фазовых превращений. При этом температура солидуса используется как характеристика диффузионной подвижности атомов в сплаве через соответствующие гомологические температуры¹⁾, а температуры фазовых равновесий – для определения температурных условий фазовых превращений, исходя из термодинамики.

Указанные температуры – исходные данные определяются как температурные координаты точек пересечения концентрационной линии сплава с соответствующими линиями на диаграмме состояния (см. рис. 4.1).

Случай сплава с фазовым превращением «растворение-выделение» при концентрации 2-2 (см. рис. 4.1) рассмотрен выше в подразделе 4.2.2.1. Для подобных сплавов условной температурой фазового равновесия является

¹⁾ Гомологическая температура [homologous temperature] — безразмерная величина, численно равная отношению абсолютной температуры вещества к температуре его плавления.

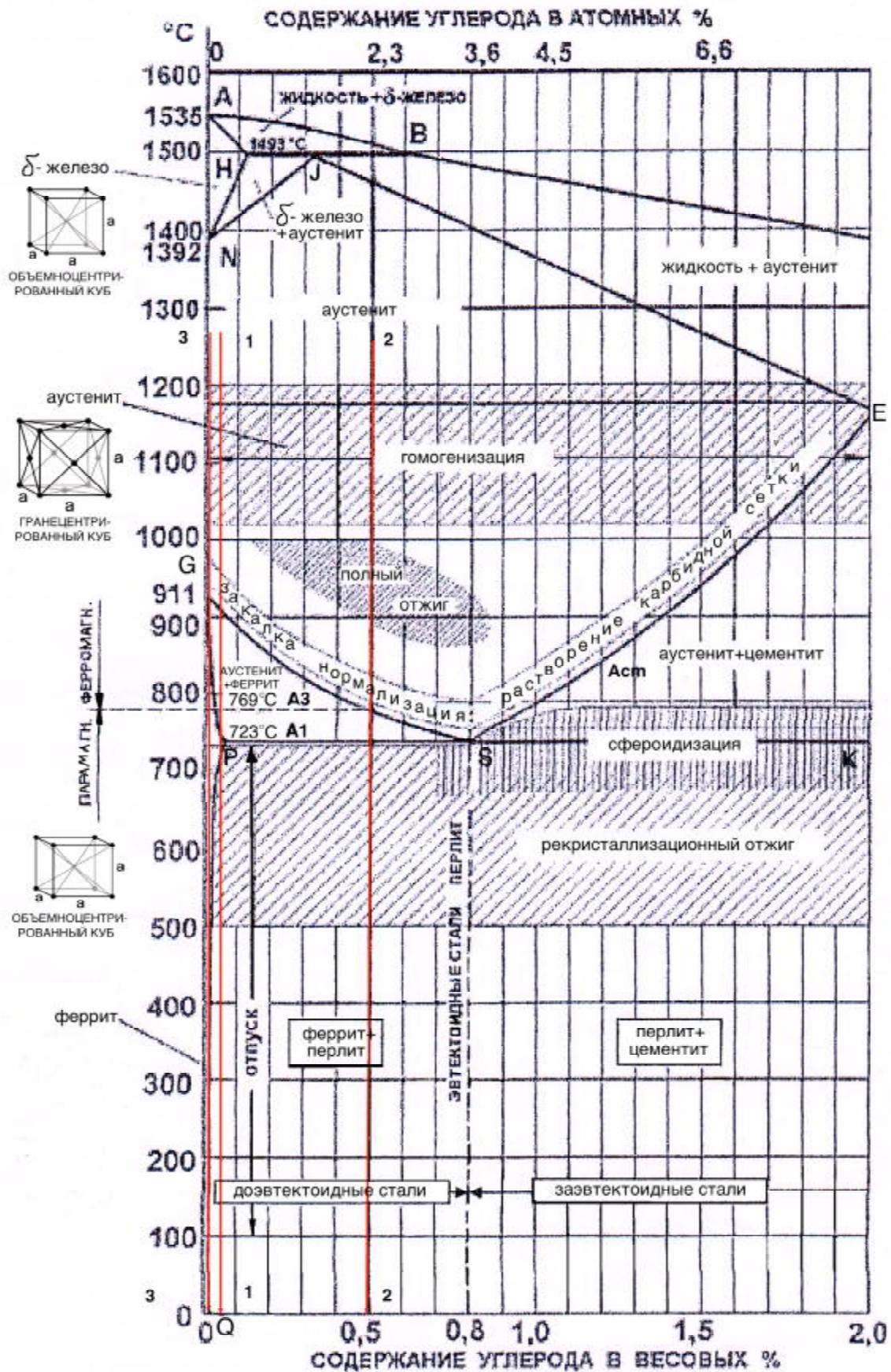


Рис. 4.1. Пример оформления рисунка с построением диаграммы состояния Fe-C с заданным химическим составом

часто либо температура эвтектической линии (температура солидуса), либо температура эвтектоидной линии.

Полученные в данном подразделе результаты сводятся в таблицу 4.1.

При построении и заполнении таблицы 4.1 необходимо учитывать, что температура солидуса – это также температура фазового равновесия соответствующей фазовой реакции.

Таблица 4.1

Значение температур фазового равновесия для сплава Fe+...%C

№ п/п	$t_{фр}, ^\circ\text{C}$	$T_{фр}, \text{K}$	Контактирующие фазы
1	2	3	4

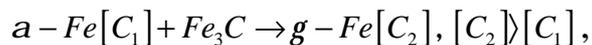
4.2.2.2. Определение возможных фазовых превращений в сплаве заданного химического состава при нагреве и охлаждении

Исходя из данных табл. 4.1, в сплаве заданного химического состава возможны следующие фазовые превращения, которые приводятся в табл. 4.2.

Для каждого вида и режима структурной обработки данный подраздел выполняется по следующей схеме:

А. Операция нагрева (включая выдержку):

- Указывается тип превращений (основных, сопутствующих и последующих).
- Записываются соответствующие фазовые и структурные реакции, например, фазовая в стали эвтектоидного состава:



последующая структурная (собирательная рекристаллизация):



- Указывается наличие и направление влияния происходящих фазовых и структурных превращений на элементы следующих структурных уровней: макроструктуры, микроструктуры, тонкой структуры, атомно-

кристаллической структуры; отсутствие влияния на какой-либо уровень обязательно оговаривается.

- Изменение элементов указанных структурных уровней иллюстрируется соответствующими схемами, которые оформляются как рисунки.

Б. Операция охлаждения: используется схема операции А.

В. Для комбинированных структурных обработок – ДТО и ХТО дополнительно по схеме операции А дается описание структурных и фазовых превращений в результате деформационного и химического воздействия.

Типы фазовых превращений определяются на основании анализа контактирующих фаз при $T_{фр}$ и характера их изменения при нагреве или переохлаждении относительно $T_{фр}$.

Фазовое превращение, ниже $T_{фр}$ для эвтектоидного превращения, т.е. 900К, связано с фазовым превращением – растворение - выделение, т.к. хотя концентрационная линия данного сплава и не пересекает линию соответствующего фазового превращения – PQ, но лежит правее её.

Практическое значение, это превращение имеет для железоуглеродистых сплавов, содержащих менее 0,3%С. Поэтому для сплавов с более высоким содержанием углерода его можно не учитывать. Однако следует упоминать о наличии. Это важно знать в принципе: для фазового превращения – растворение - выделение обязательно пересечение концентрационной линией линии ограниченной и меняющейся с температурой одного компонента в другом. Это фазовое превращение имеет место и в случае пересечения, и в том случае, когда концентрационная линия сплава лежит правее линии ограниченной растворимости.

Таким образом, следует иметь в виду, что, например, для сплавов Fe-C при их нагреве - охлаждении в интервале температур ниже температуры солидуса могут иметь место следующие фазовые превращения.

Для доэвтектоидных сплавов:

- полиморфное;
- эвтектоидное (прямое и обратное);
- растворение – выделение.

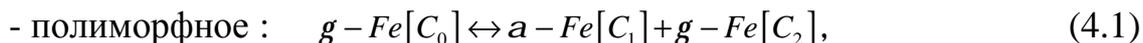
Для эвтектоидных сплавов:

- эвтектоидное;
- растворение - выделение.

Для заэвтектоидных сплавов:

- эвтектоидное;
- растворение – выделение.

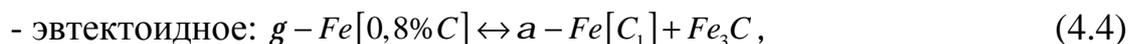
При этом в общем виде соответствующие фазовые реакции записываются нижеследующим образом:



$$C_0 \neq C_1 \neq C_2;$$



$$C_0 \neq C_1 \neq C_{Fe_3C};$$



$$C_1 \neq C_{Fe_3C} \neq 0,8\%C.$$

Обозначение \rightarrow говорит о реакции (ФП) в случае переохлаждения относительно $T_{фр}$, а \leftarrow описывает реакцию (ФП) в случае перегрева относительно $T_{фр}$.

В связи с тем, что для всех сплавов Fe-C имеет место полиморфное превращение, а также – растворение - выделение, то при достаточно быстром охлаждении возможно получение метастабильных состояний: мартенсита и пересыщенного твердого раствора. Это определяет возможность ещё одного вида фазового превращения: переход метастабильного фазового состояния (полученного закалкой) в стабильное (при последующем нагреве или выдержке):

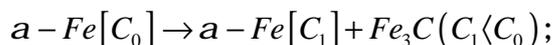


Таблица 4.2

Виды фазовых превращений при нагреве и охлаждении сплава Fe+ ...%C

№п/п	Температурный интервал	Тип и реакции фазовых превращений	
		при нагреве	при охлаждении
1	2	3	4

4.2.2.3 Определение типов термической обработки для сплавов заданного химического состава с использованием фазовых превращений

Следует уяснить, что для сплава заданного химического состава определяются возможные виды термической (структурной) обработки согласно его положению на диаграмме состояния, а также по характеру исходного состояния, независимо от того, какие виды термической (структурной) обработки используются для данного сплава на практике в настоящее время.

Как необходимый и достаточный минимум, анализу подвергается возможность применения к данному сплаву следующих классов, групп и видов термической (структурной) обработки.

Термическая обработка:

§отжиги 1-го рода (гомогенизирующий и рекристаллизационный);

§отжиги 2-го рода;

§фазовые закалки;

§стабилизирующие обработки (отпуск и старение);

§деформационно-термическая обработка – ДТО [высокотемпературная и низкотемпературная термомеханическая обработки (ВТМО и НТМО) сплавов, закаливаемых на мартенсит, и стареющих сплавов, а также механико-термическая обработка];

§химико-термическая обработка – ХТО (насыщение сплава до заданной концентрации вторым компонентом согласно диаграмме состояния).

Возможность отжигов 2 рода и фазовых закалок определяется наличием в сплаве фазовых превращений. Если такая возможность обоснована полученными данными, то следует конкретно указывать, какие фазовые превращения используются, как называются такие отжиги 2-го рода, на какое структурное состояние производится закалка.

Для определения критической скорости закалки и отжига углеродистых сталей необходимо использовать соответствующие графики, приведенные в приложении 3.

Естественно, что возможность назначения фазовых закалок влечет за собой возможность и необходимость назначения стабилизирующих обработок

– отпуска или старения в зависимости от структурного состояния, на которое производится закалка.

Наличие фазовых превращений обуславливает далее возможность проведения ВТМО или НТМО либо с закалкой на мартенсит, либо стареющего сплава – в зависимости от типа фазового превращения. Назначение МТО возможно для всех сплавов, которые в сравнительно равновесном (отожженном) состоянии обладают при температурах холодной деформации достаточной пластичностью, т.е. не являются хрупкими.

Возможность насыщающей ХТО до заданной концентрации второго компонента обусловлено наличием термодинамического взаимодействия между компонентами сплава согласно диаграмме состояния в заданном интервале концентраций: компоненты должны образовывать твердые растворы и (или) химические соединения. Следует иметь в виду, что первый тип взаимодействия для ХТО предпочтителен, т.к. при образовании химических соединений на поверхности обрабатываемого объекта может возникать сплошной слой этого соединения, препятствующий процессу дальнейшего насыщения.

Следует ещё раз подчеркнуть необходимость четкого определения всех типов фазовых и структурных превращений, используемых при данном виде структурной обработки для сплава заданного химического состава. При этом, для видов термической обработки необходимо указывать фазовые и структурные превращения, связанные с температурным воздействием, для видов ДТО – кроме таковых – структурные превращения, связанные с деформационным воздействием, а для ХТО – кроме связанных с термическим воздействием для обеспечения наилучших условий насыщения, - превращения, обусловленные изменением химического состава сплава, а также с термическим воздействием, которое повышает эффект ХТО. Другими словами, в последнем случае, при назначении насыщающей ХТО указываются виды последующей (или предыдущей) термической обработки, которые усиливают эффект ХТО. Чаще всего это фазовые закалки с отпуском или старением. Соответственно указываются используемые типы фазовых и структурных превращений.

Итоговые результаты подраздела 4.2.2.2 сводятся в таблицу 4.3

Таблица 4.3

Виды термической обработки, назначаемые для сплава Fe + ... %C

№п/п	Вид термической обработки	Используемые фазовые превращения	
		при нагреве	при охлаждении
1	2	3	4

4.2.2.4 Определение параметров термической обработки назначенных видов

А. Класс – термическая обработка

Для видов термической (структурной) обработки этого класса параметрами режимов их являются: скорость нагрева до температуры выдержки t_v , продолжительность выдержки (τ_v), скорость охлаждения $V_{охл}$ после окончания выдержки от t_v до конечной температуры охлаждения t_k . В данной курсовой работе скорость нагрева может не регламентироваться. Значение τ_v подлежит регламентации. Регламентация может быть качественной (обязательно) и количественной (факультативно). Качественная регламентация означает указание, для каких процессов (фазовых и структурных превращений) значение τ_v должно быть достаточным. Если исполнителем курсовой работы принимается, что обрабатывается теплотехнически тонкое изделие, то указанной выше качественной регламентации τ_v достаточно. Следует в необходимых случаях указывать на необходимость характерной сравнительно длительной выдержки для ряда структурных обработок. Количественная регламентация значения τ_v проводится дополнительно при наличии у исполнителя необходимой информации. Обратите внимание, что количественная регламентация τ_v в данной курсовой работе не может заменять качественную. Температура выдержки должна, во-первых, обеспечить принципиальную возможность прохождения фазовых превращений, во-вторых, завершение их и необходимых постфазовых структурных превращений за практически приемлемое время. Значение t_v для структурных обработок, которые определяются структурными превращениями, должно обеспечить

достаточную диффузионную подвижность атомов и прохождение, таким образом, этих превращений за практически приемлемое время. Значение t_b подлежит обязательной количественной регламентации.

Скорости охлаждения после завершения выдержки могут быть как регламентированными (количественно и качественно), так и нерегламентированными. Последнее означает, что допускается любая скорость охлаждения, которую наиболее просто осуществить из технологических соображений.

Качественная регламентация значений $V_{\text{охл}}$ проводится по двум степеням. Во-первых, необходимо указывать, какие фазовые превращения при охлаждении должна обеспечить данная $V_{\text{охл}}$ и по какому механизму, или каких фазовых превращений данная $V_{\text{охл}}$ не должна допустить (подавить). Во-вторых, необходимо указывать на соотношение между назначаемыми $V_{\text{охл}}$ и критическими значениями $V_{\text{охл}}$ (для отжигов 2-го рода и закалок). Количественная регламентация значений $V_{\text{охл}}$ проводится факультативно при наличии у исполнителя необходимой информации и должна дополнять, но не заменять качественную регламентацию.

Значение t_k принять равным 20 °С.

Приводимую ниже методику определения параметров режимов отдельных видов термической (структурной) обработки необходимо использовать с обязательным учетом общих положений, приведенных выше.

Рекристаллизационный отжиг

Значение t_b определяется по выражению

$$t_B^{PO} = n(t_c + 273) - 273 + (30...50), \quad (4.5)$$

где $n = 0,3...0,4$ (для чистых и технически чистых металлов)

$n = 0,4...0,45$ (для твердых растворов)

$n = 0,5...0,6$ (для гетерофазной структуры)

t_c – температура солидуса, °С

(30...50) – температурный интервал первичной рекристаллизации.

По выражению (4.5) и далее соответствующие температуры определяются в технической шкале (°С) с точностью ± 5 °С.

Значение $V_{\text{охл}}$ не регламентируется, если в процессе охлаждения не происходят фазовые превращения (см. положение $t_{\text{в}}^{\text{po}}$ на диаграмме состояния) и регламентируется, если фазовые превращения имеют место.

Гомогенизирующий отжиг

Значение $t_{\text{в}}$ определяется по выражению:

$$t_{\text{в}}^{\text{го}} = (0,8...0,95)(t_{\text{с}} + 273) - 273, \quad (4.6)$$

В случае необходимости и возможности (см. диаграмму состояния) определенное по выражению (4.6) значение $t_{\text{в}}^{\text{го}}$ корректируется таким образом, чтобы это значение находилось в температурном интервале однофазного состояния (лучше – твердого раствора).

Подход к значению $V_{\text{охл}}$ аналогичен выше описанному для рекристаллизационного отжига.

Отжиги 2-го рода

Значение $t_{\text{в}}$ определяется по выражению:

$$t_{\text{в}}^{\text{O2P}} = t_{\text{фр}} + (30...50), \quad (4.7)$$

Значение $V_{\text{охл}}$ обязательно регламентируется соответствующим образом.

Фазовые закалки

Значение $t_{\text{в}}$ определяется по выражению, аналогичному (4.7).

Значение $V_{\text{охл}}$ обязательно регламентируется соответствующим образом.

Стабилизирующие обработки

Значение $t_{\text{в}}$ для отпуска определяется по выражению:

$$t_{\text{в}}^{\text{OT}} = t_{\text{фр}}^{\text{min}} - (30...50), \quad (4.8)$$

где $t_{\text{фр}}^{\text{min}}$ – наиболее низкая температура фазового равновесия для сплава заданного химического состава.

Значение $t_{\text{в}}$ для старения определяется по выражению:

$$t_{\text{в}}^{\text{OT}} = t_{\text{фр}}^{\text{min}} / (2...3), \quad (4.9)$$

Значение $V_{\text{охл}}$ при отпуске и старении обычно не регламентируется.

Б. Класс – деформационно-термическая обработка

Для данного класса термических (структурных) обработок сохраняют силу все указания, поскольку они касаются термических обработок в цикле ДТО. В необходимых случаях эти указания корректируются.

Для структурных обработок класса ДТО дополнительными параметрами режима, кроме рассмотренных выше, являются (как минимум): последовательность термических и деформационных воздействий, температурный вид деформации и соответственно значение температуры деформации, степень деформации, наличие (отсутствие) последеформационных пауз и их временная регламентация, вид (виды) используемых термических обработок.

Далее приводятся указания по отдельным из перечисленных параметров, поскольку остальные должны быть известны студентам из других источников информации (см. раздел 2).

ВТМО

Используется горячая деформация, температура которой определяется по выражению:

$$t_{\text{ТД}} = (0,7 \dots 0,9)(t_c + 273) - 273. \quad (4.10)$$

Определенное значение $t_{\text{ТД}}$ по выражению (4.10) при необходимости корректируется таким образом, чтобы это значение отвечало двум дополнительным условиям:

- 1) $t_{\text{ТД}} > t_{\text{ФР}}$ (для фазового превращения, используемого в цикле ВТМО) и
- 2) $t_{\text{ТД}}$ - соответствует температурному интервалу однофазного состояния высокотемпературной фазы, подвергаемой закалке в цикле ВТМО.

Используемая степень деформации (истинная) $\epsilon = 0,3 \dots 0,5$.

После окончания деформации перед закалкой может осуществляться выдержка в течение времени, необходимом для завершения процесса полигонизации, если этот процесс не полностью завершился во время деформации. Регламентация $V_{\text{охл}}$ – аналогична используемой для фазовых закалок, но с обязательным учетом влияния субструктуры высокотемпературной фазы, созданной горячей деформацией, на устойчивость этой фазы в процессе охлаждения. В качестве параметров режима отпуска или

старения могут быть использованы ранее определенные по выражениям (4.8) и (4.9), если значения t_v при этом ниже температуры начала рекристаллизации по выражению (4.5) без скобки – (30...50). В противном случае, значения t_v для отпуска или старения корректируются таким образом, чтобы они были ниже температуры начала рекристаллизации на 50 °С.

НТМО сплавов, закаливаемых на мартенсит

Используется теплая деформация, температура которой определяется по выражению:

$$t_{тд} = (0,2...0,5)(t_c + 273) - 273. \quad (4.11)$$

Температура теплой деформации, определенная по выражению (4.11) при необходимости корректируется таким образом, чтобы она лежала в интервале максимальной устойчивости переохлажденной высокотемпературной фазы (если известна, например, кинетическая диаграмма фазовых превращений в сплаве заданного химического состава). Предшествующая теплой деформации фазовая закалка осуществляется по обычным для режима параметрам, за исключением температуры t_k , которая в данном случае соответствует температуре теплой деформации, т.е. это закалочное охлаждение не должно приводить к мартенситному превращению, а обеспечивать заданное переохлаждение высокотемпературной фазы.

Степень теплой деформации $e = 0,6...0,7$.

После окончания деформации возможно проведение последеформационной выдержки с целью получения более совершенной полигональной структуры и уменьшения напряжений. Окончательное охлаждение должно приводить к мартенситному превращению теплодеформированной высокотемпературной фазы и поэтому должно осуществляться с необходимой скоростью.

Назначение параметров режима отпуска проводится аналогично выше описанному для отпуска в цикле ВТМО.

НТМО стареющих сплавов

Используется холодная деформация со степенью до $e = 0,9$. Температура холодной деформации определяется по выражению:

$$t_{хд} = (0,1...0,2)(t_c + 273) - 273. \quad (4.12)$$

Параметры режима старения определяются по аналогии с соответствующими параметрами старения в цикле ВТМО.

МТО

Используется холодная деформация со степенью порядка $\epsilon = 0,1$.

Температура деформации определяется по выражению (4.12), а температура последеформационного полигонизирующего отжига как температура начала первичной рекристаллизации минус (50...100 °С). Скорость охлаждения после окончания выдержки при этой температуре обычно не регламентируется.

В. Класс – химико – термическая обработка

Насыщающая ХТО

Значение t_v может быть ориентировочно определено по выражению (4.10). При этом следует стремиться, чтобы эта температура находилась по возможности в температурном интервале существования однофазного твердого раствора с учетом насыщения сплава до заданной концентрации (см. диаграмму состояния). Если при охлаждении после окончания насыщения фазовые превращения не происходят, то скорость охлаждения не регламентируется. Если фазовые превращения имеют место, но не используются для усиления эффекта ХТО, скорость охлаждения регламентируется как для отжига 2-го рода с учетом влияния изменения химического состава высокотемпературной фазы на ее устойчивость при охлаждении.

Если фазовые превращения используются для усиления эффекта ХТО, то скорость охлаждения регламентируется как для фазовой закалки с учетом влияния изменения химического состава высокотемпературной фазы на ее устойчивость при охлаждении. При этом фазовая закалка осуществляется непосредственно с «насыщающего» нагрева, если рост зерна в процессе выдержки за счет собирательной рекристаллизации выражен слабо. В противном случае скорость охлаждения после окончания «насыщающей» выдержки регламентируется как для отжига 2-го рода. Затем проводится с отдельного нагрева фазовая закалка с определением параметров её режима обычным образом.

После фазовых закалок в цикле ХТО проводят отпуск или старение.

Стадия ХТО, связанная с насыщением сплава вторым компонентом до заданной концентрации, осуществляется в активной атмосфере, содержащей необходимую концентрацию второго компонента в активном атомарном состоянии. Тип и химический состав активной атмосферы – один из главных параметров режима ХТО. Допускается качественная регламентация этого параметра. Результаты подраздела сводятся в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Параметры режимов назначенных видов термической обработки для сплава Fe + ...%C

№п/п	Вид обработки	Параметры режимов				
		$V_{\text{нагр}}, \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$	$t_{\text{в}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\tau_{\text{в}}, \text{ ч}$	$t_{\text{к}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$V_{\text{охл}}, \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{с}$
1	2	3	4	5	6	7

При выполнении данного подраздела настоятельно рекомендуется использование информации источника [1], который приведен в приложении 3.

4.2.2.5 Графики – схемы назначенных видов термической обработки

Представление режимов термической (структурной) обработки в графической форме является весьма распространенным и наглядным методом их описания, почему специалисты в области металловедения и термической обработки должны хорошо владеть приемами построения таких графиков и уметь их «читать».

Используемый термин «график-схема» обусловлен тем, что в данной курсовой работе временной параметр допускается применять в условных единицах, в то время как по шкале температур откладываются реальные значения этого параметра. В случае использования реальной шкалы времени необходимо применять термин «график». В данном подразделе должны быть построены соответствующие графики - схемы (или графики) для всех назначенных видов термической (структурной) обработки. Рассматриваемый тип представления информации относится к иллюстрациям (рисункам), что

требует соблюдения общих требований к их построению и описанию [5]. Кроме них, необходимо соблюдать следующие специфические требования:

- подписи к этим рисункам выполнять по одному типу с указанием класса структурной обработки, рода (при необходимости) и вида ее и химического состава сплава, например:

Рис. 4.2. – График – схема режима термической обработки, отжига 2-го рода, сплава (химический состав) с использованием (указывает тип фазового превращения);

- температурная ось и ось времени должны иметь равномерную шкалу;
- на поле рисунка наносится координатная сетка;
- график – схема (график) режима изображается прямыми линиями, операция деформации – ломаными линиями;

- по толщине в возрастающем порядке линии должны располагаться следующим образом: линии координатной сетки, оси графика, линии режима;

- на поле рисунка горизонтальными отличающимися линиями наносится положение температур фазовых равновесий независимо от того, используются ли соответствующие фазовые превращения при данном виде структурной обработки или нет;

- при использовании условной шкалы времени необходимо соблюдать качественное соотношение длин отрезков на стадии выдержки в зависимости от продолжительности для различных видов структурной обработки, а на стадии охлаждения различные скорости охлаждения при отжиге и закалке – представлять через различные углы наклона линии охлаждения к оси времени;

- количество поясняющих надписей на поле рисунка должно быть минимально необходимым;

- допускается графики – схемы (графики) режимов фазовой закалки и отпуска или старения выполнять на одном рисунке;

- графики – схемы (графики) режимов термической (структурной) обработки приведены на рис. 4.2...4.9;

- графики – схемы (графики) режимов комбинированных видов термической (структурной обработки) следует выполнять на одном рисунке;

- на поле рисунка режима ХТО следует указывать наличие активной атмосферы на соответствующей стадии обработки.

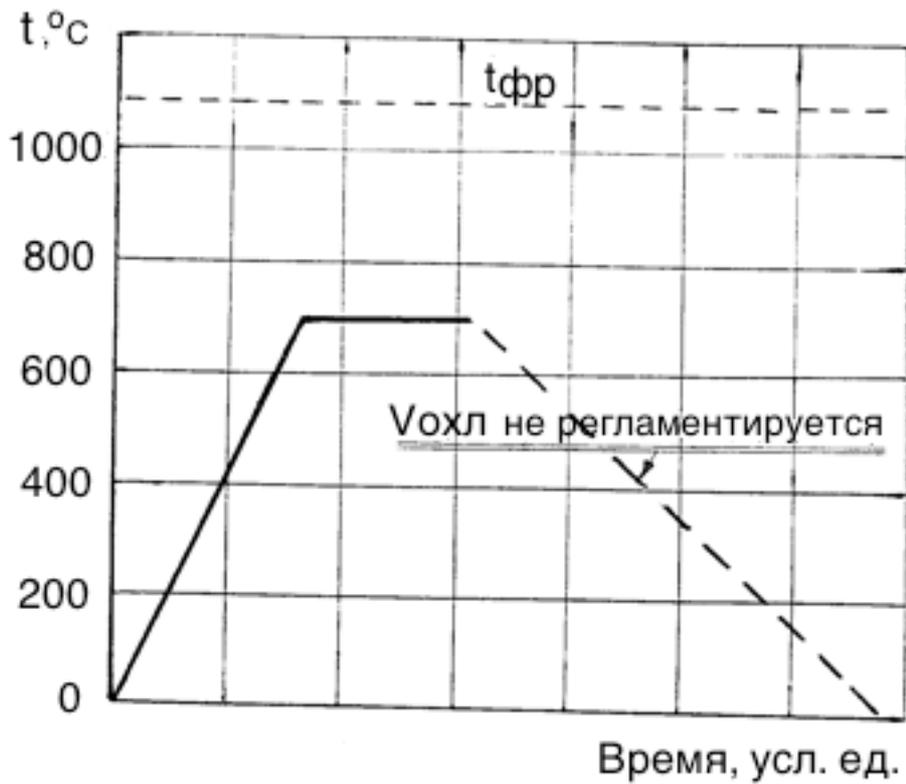


Рис. 4.2. Пример схемы оформления рисунка с построением графика – схемы режима отжига 1-го рода для случая, когда скорость охлаждения не регламентируется



Рис. 4.3. Пример схемы оформления рисунка с построением графиков – схем режима отжига 2-го рода

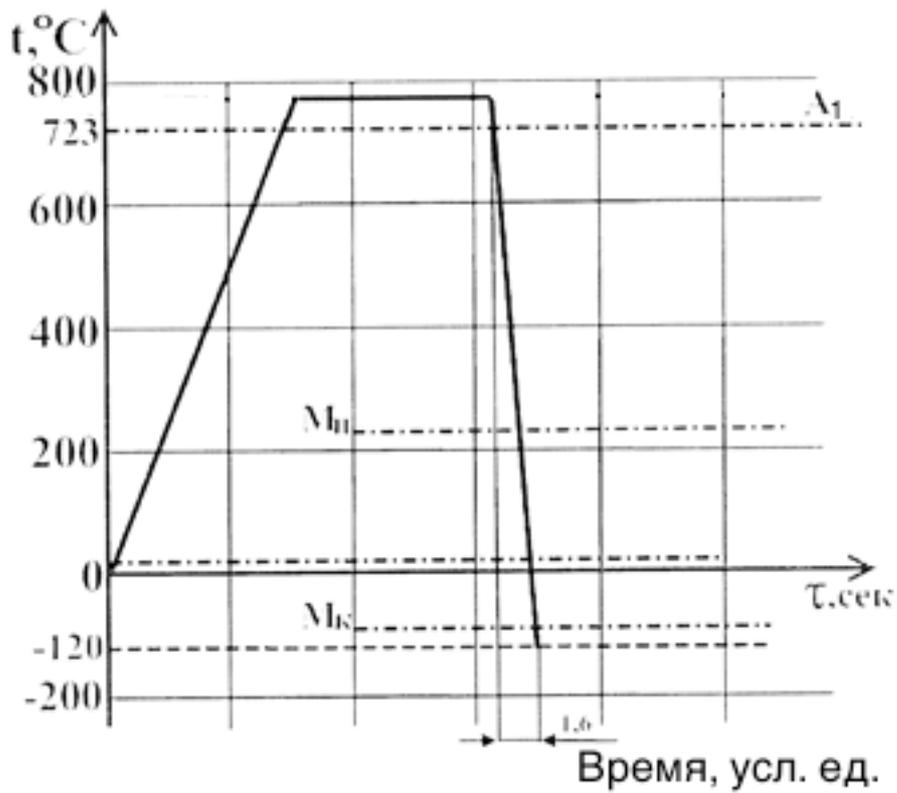


Рис. 4.4. Пример схемы оформления рисунка с построением графика – схемы режима полной закалки на мартенсит

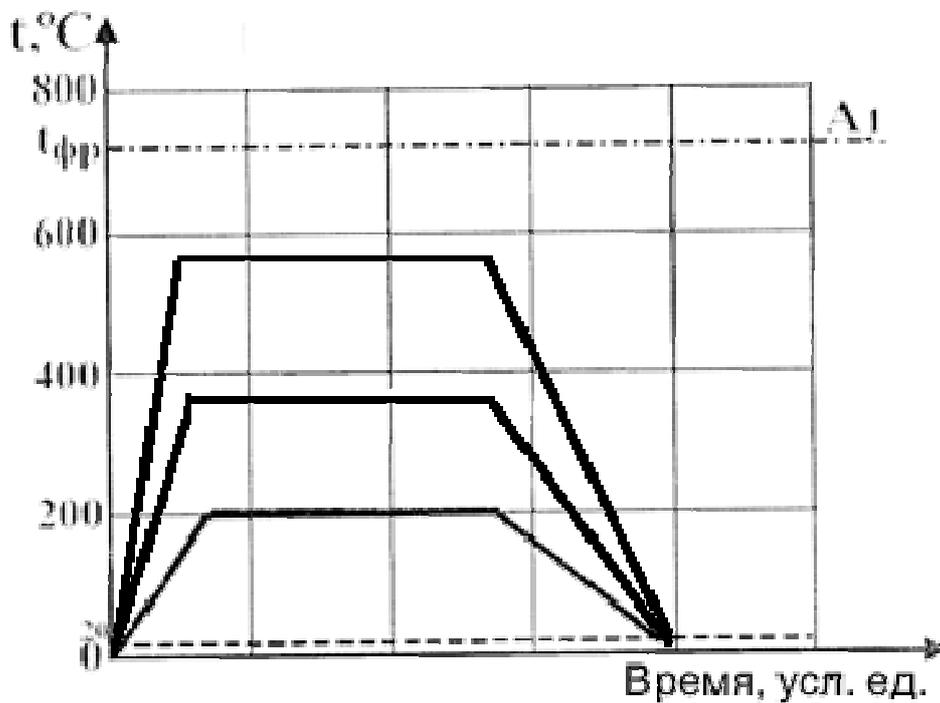


Рис. 4.5. Пример схемы оформления рисунка с построением графика – схемы режима низкого, среднего и высокого отпуска

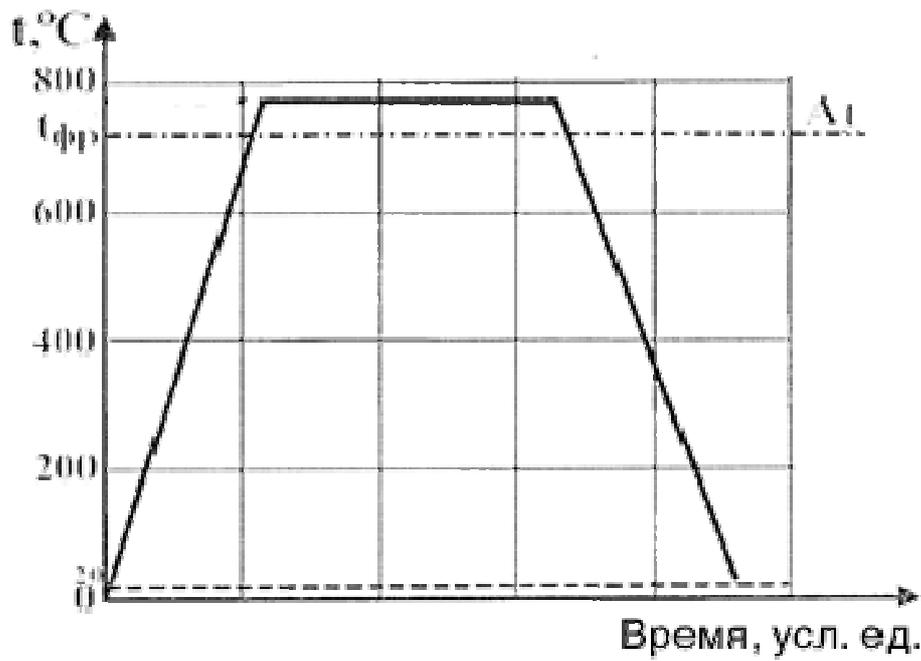


Рис. 4.6. Пример схемы оформления рисунка с построением графика –
схемы режима нормализации

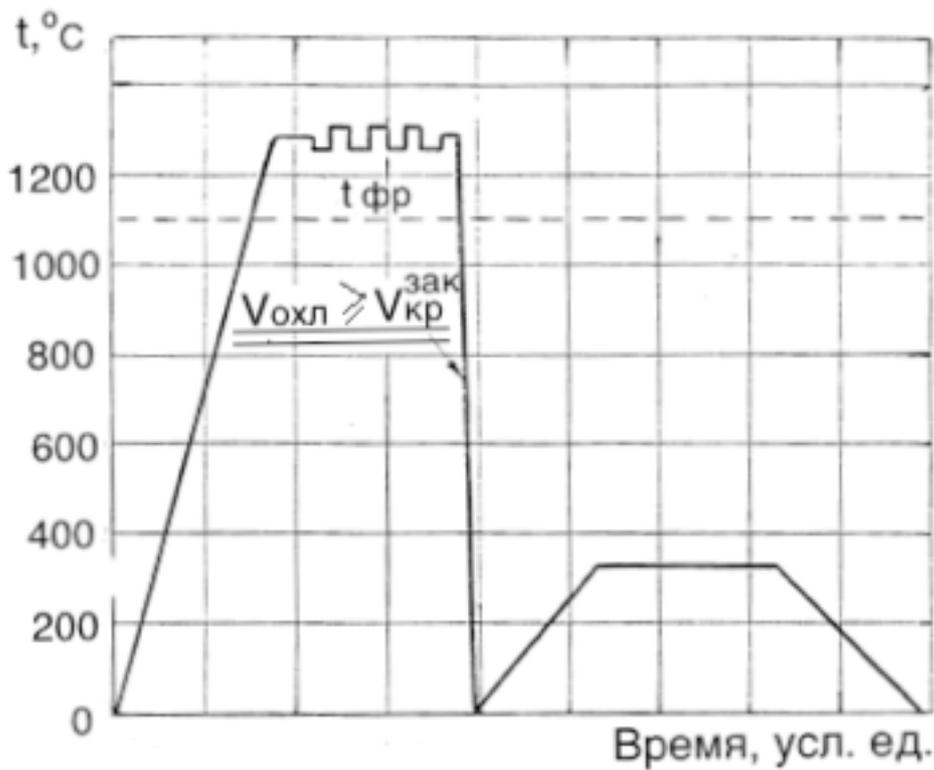


Рис. 4.7. Пример схемы оформления рисунка с построением графика –
схемы режима ВТМО

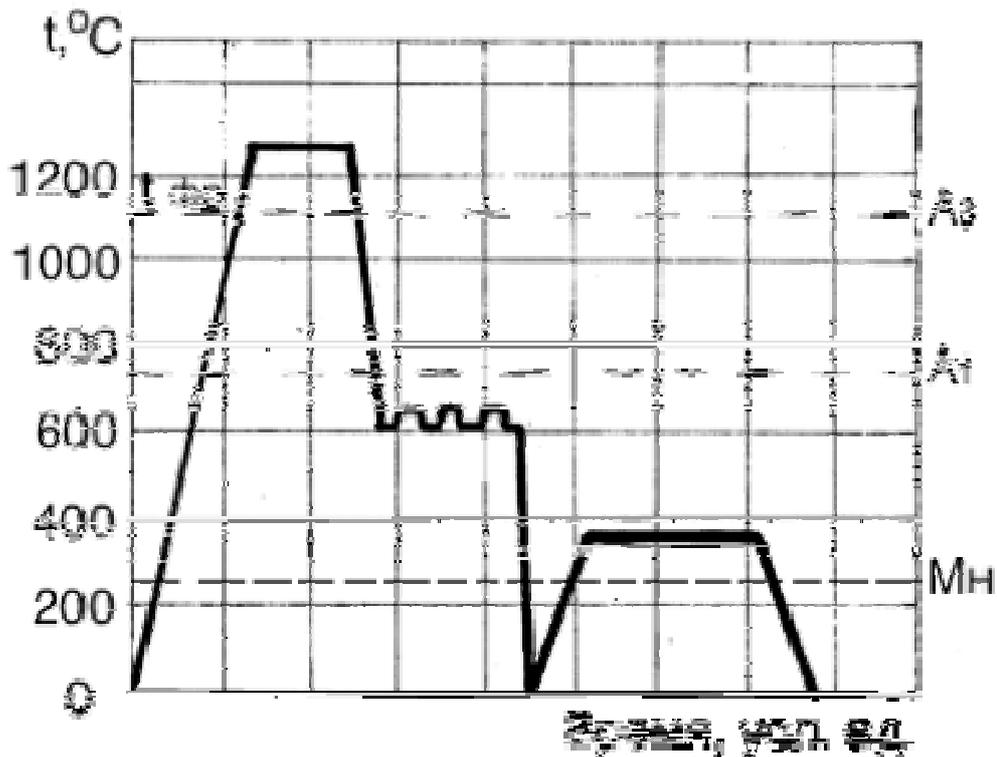


Рис. 4.8. Пример схемы оформления рисунка с построением графика –
схемы режима НТМО

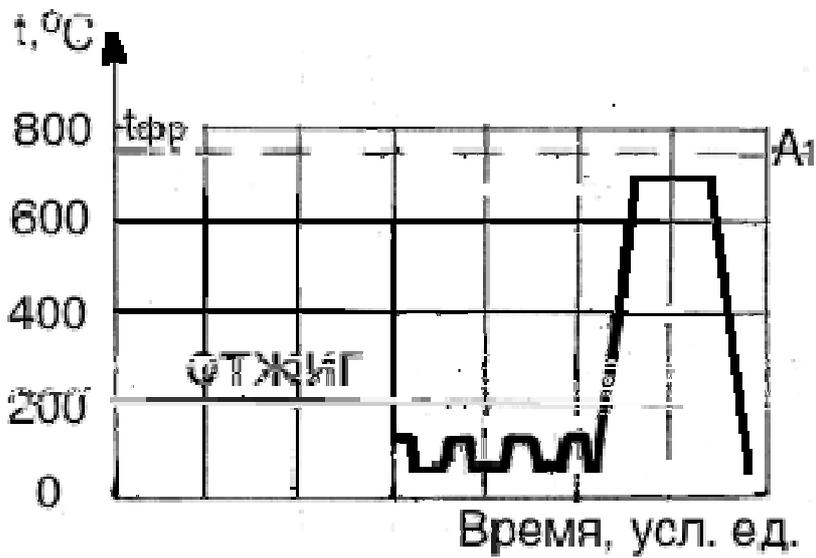


Рис. 4.9. Пример схемы оформления рисунка с построением графика –
схемы режима МТО

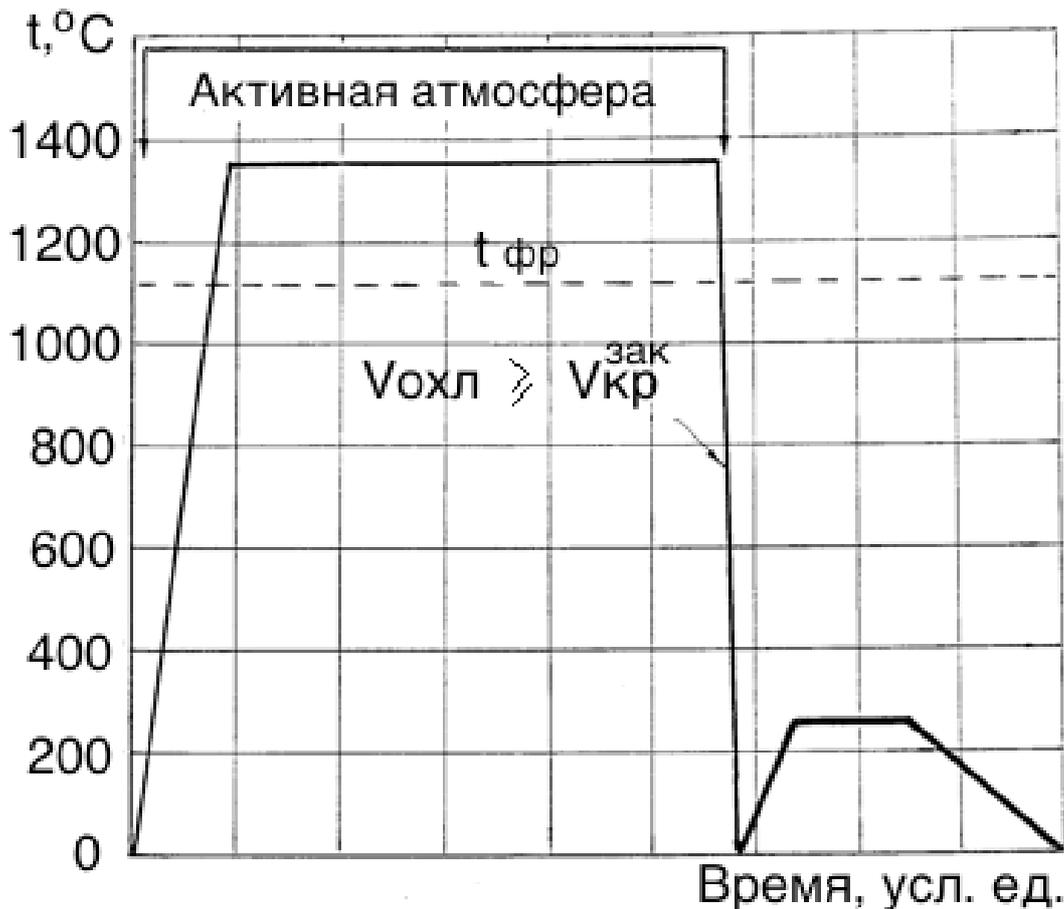


Рис. 4.10. Пример схемы оформления рисунка с построением графика – схемы режима ХТО, совмещенного с режимом термической обработки, упрочняющей эффект ХТО

4.2.2.6. Теоретическое обоснование назначенных видов термической (структурной) обработки и параметров их режимов

1. Обосновать тип фазовых превращений, приводя необходимые доказательства с использованием записей фазовых реакций.
2. Определить (доказательно), какими зависимостями описывается общая термодинамика соответствующих фазовых превращений.
3. Определить тип фазовых реакций (ФП), если данная фаза (фазы) перегревается (переохлаждается) относительно $T_{фр}$ из области, где согласно диаграмме состояния эта фаза (фазы) термодинамически стабильна, в область, где согласно той же диаграмме термодинамически стабильна другая (другие) фаза.

4. Для сплавов доэвтектоидных следует дать термодинамическое описание полиморфного и эвтектоидного превращений, для эвтектоидного сплава – термодинамическое описание эвтектоидного превращения, для заэвтектоидных сплавов – термодинамическое описание превращений растворения – выделения и эвтектоидного.

5. Необходимо построить графики-схемы температурных зависимостей свободной энергии фаз для соответствующих фазовых превращений с указанием: температур фазовых равновесий и термодинамической движущей силы при нагреве и охлаждении для данных фазовых реакций.

6. Построить графики-схемы концентрационных зависимостей свободной энергии для соответствующих фазовых превращений с указанием: равновесных концентраций углерода в фазах и термодинамической движущей силы при нагреве и охлаждении для данных фазовых реакций.

4.2.3. ВЫВОДЫ

Данный подраздел должен содержать изложение в концентрированном виде результатов работы и предложения по возможности и целесообразности использования для сплава заданного химического состава тех видов термической (структурной) обработки, которые ранее для него не применялись.

4.2.4. ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

Приводятся ссылки на все источники информации, которые использованы при выполнении курсовой работы и на которые имеются ссылки в расчетно-пояснительной записке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов: Учебник для вузов. – М. : Металлургия, 1986. – 480 с.
2. Блантер М.Е. Теория термической обработки: Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1985. – 328 с.
3. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография: Учебное пособие для вузов. – МИСиС, 1994. – 478 с.
4. Натапов Б.С. Термическая обработка металлов. – Киев.: Вища школа, 1980. – 287 с.
5. Рабочая программа, методические указания и контрольные задания к изучению дисциплины «Термодинамика фазовых превращений» для студентов заочной формы обучения специальности 7.090412 / Сост. Ю.П. Гуль. – Днепропетровск: НМетАУ, 2007. – 38 с.
6. Підготовка до видання навчально-методичної літератури у Національній металургійній академії України: Навч. посібник/ В.П. Іващенко, О.Г. Ясев, О.Д. Рожков та ін. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. – 52 с.

Пример оформления титульного листа

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Национальная металлургическая академия
Кафедра термической обработки металлов

Курсовая работа

по дисциплине: «Теоретические основы технологических процессов
термической обработки металлов»

на тему: «Определение типа и параметров термической (структурной)
обработки сплава Fe+... %C»

Исполнитель: _____ (ст. группы, роспись, ФИО)

Руководитель: _____ (должность преподавателя, роспись, ФИО)

Защищена с оценкой «_____»

Днепропетровск

2011

Пример оформления задания на курсовую работу

НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

Кафедра _____

Дисципліна _____

Спеціальність _____

Курс _____ Група _____ Семестр _____

ЗАВДАННЯ

на курсовий проект (роботу) студента

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____

2. Строк здачі студентом закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Дата видачі завдання _____

Информация, необходимая для проведения расчета [1]

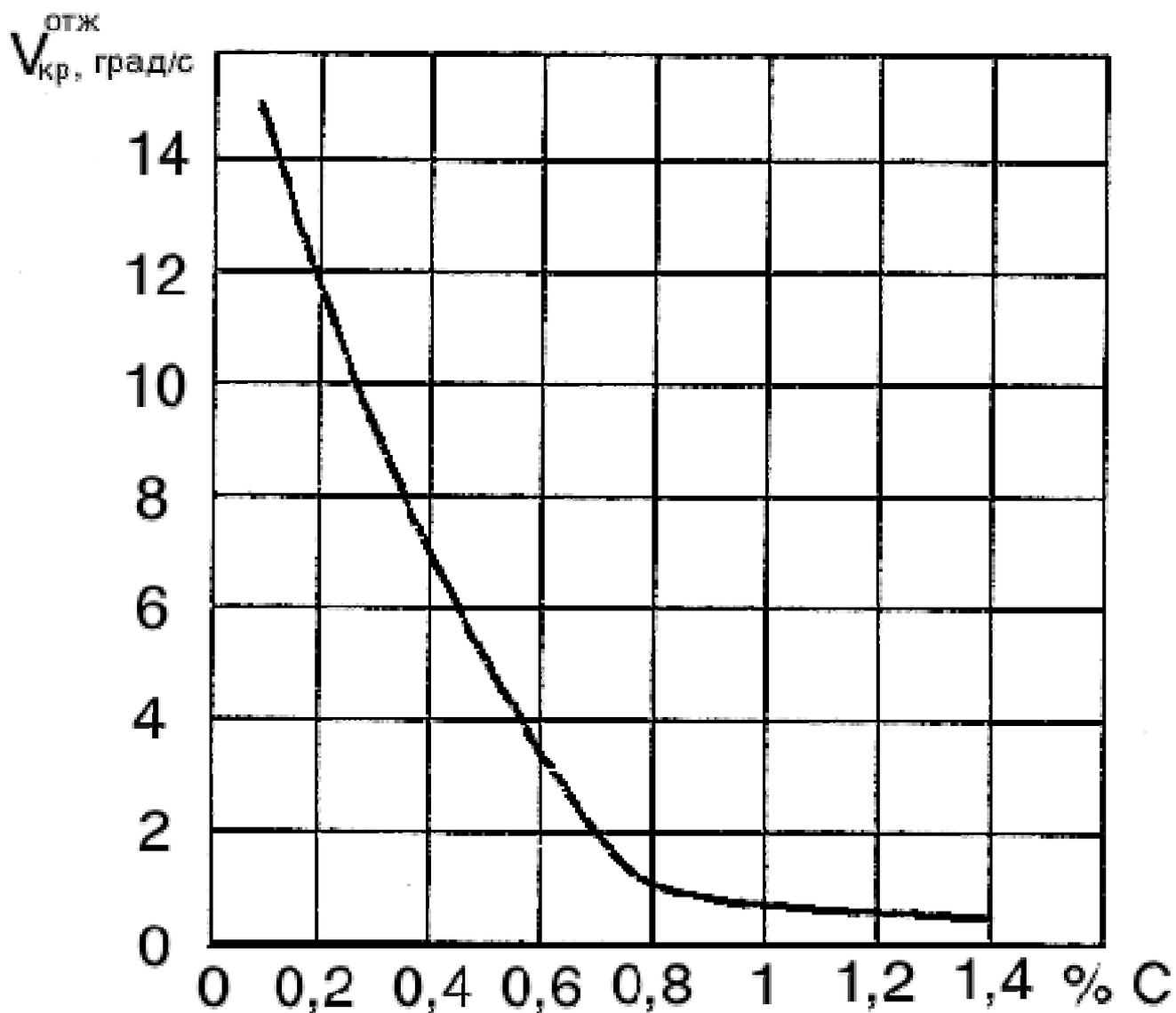


Рис. П.3.1. Зависимость критической скорости отжига $V_{кр.отж}$ от содержания углерода в сплавах железо – углерод

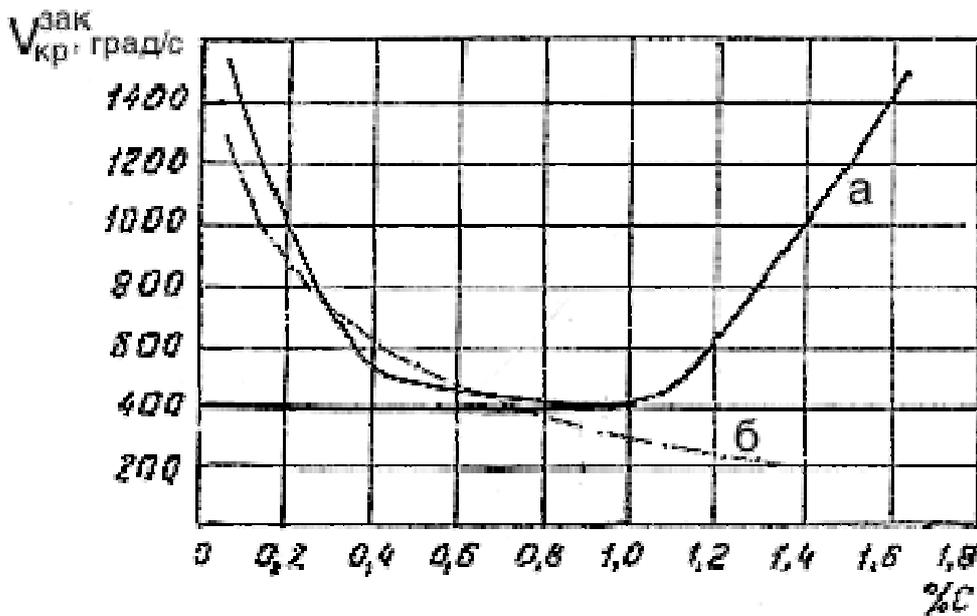


Рис. П.3.2. Влияние содержания углерода на критическую скорость закалки (чистые железоуглеродистые сплавы):

- а – низкая температура закалки, ниже A_3
- б – высокая температура закалки, выше A_3 и A_m

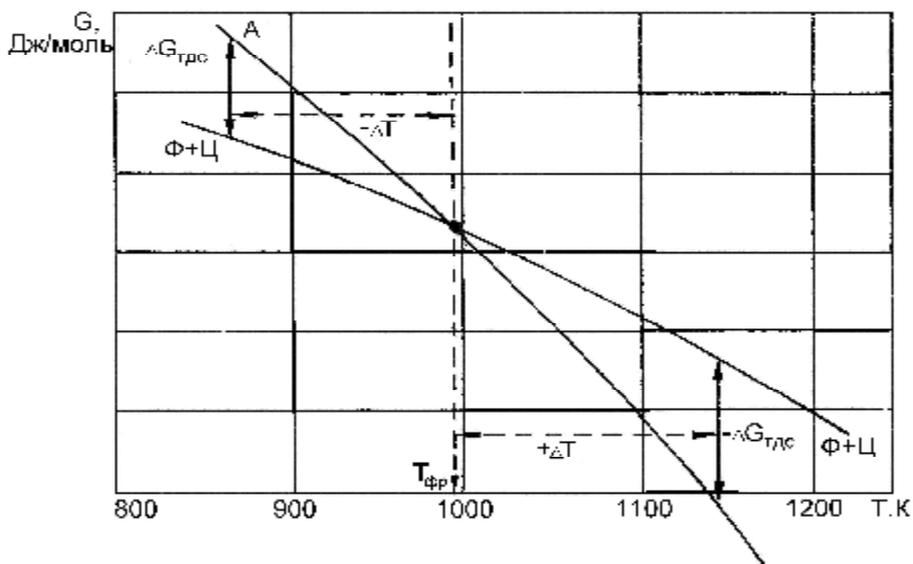


Рисунок П.3.3. - Температурная зависимость свободной энергии фаз и возникновение $\Delta G_{ТДС}$

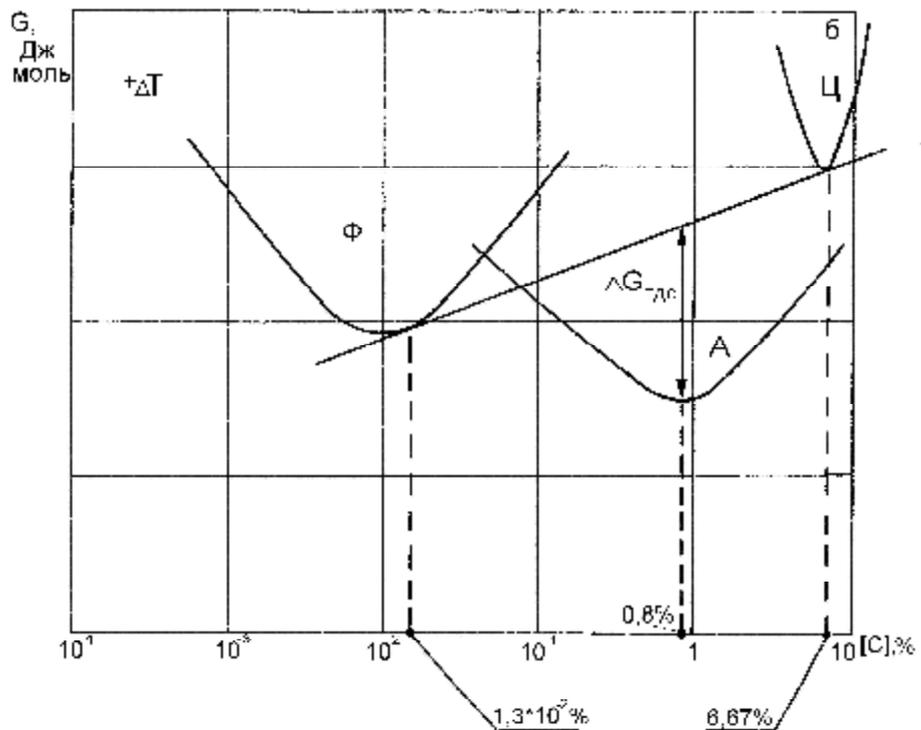
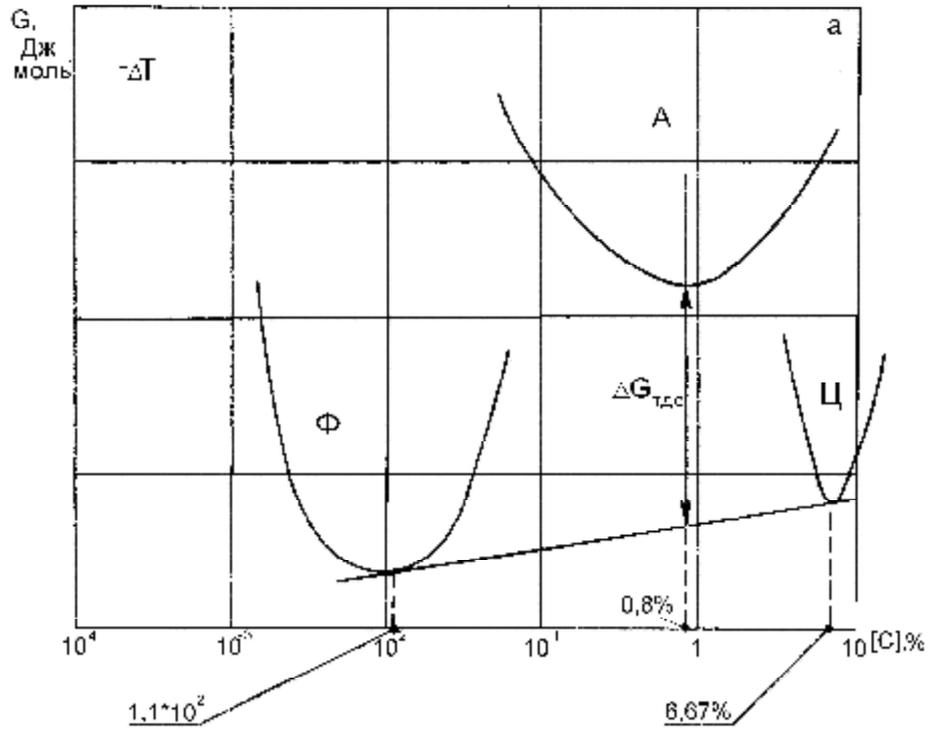


Рисунок П.3.4. - Концентрационная зависимость свободной энергии углерода в фазах при переохлаждении (а) и перегреве (б) с определением значений $\Delta G_{ТДС}$ и равновесных концентраций углерода в фазах

Практическое задание №2

Анализ кинетических диаграмм фазовых превращений

1. Цель занятия:

- 1.1. Освоить методику анализа изотермических и термокинетических диаграмм фазовых превращений на базе проведения соответствующего анализа кинетических диаграмм фазовых превращений переохлажденного аустенита.
- 1.2. Использовать полученную при анализе информацию для построения схем-графиков заданных видов термической обработки.

2. Исходные данные: изотермические и термокинетические диаграммы фазовых превращений в сталях, получены каждым студентом как индивидуальное задание.

3. Методика анализа:

3.1. Изотермические кинетические диаграммы фазовых превращений (ФП)– рис. П.4.1.

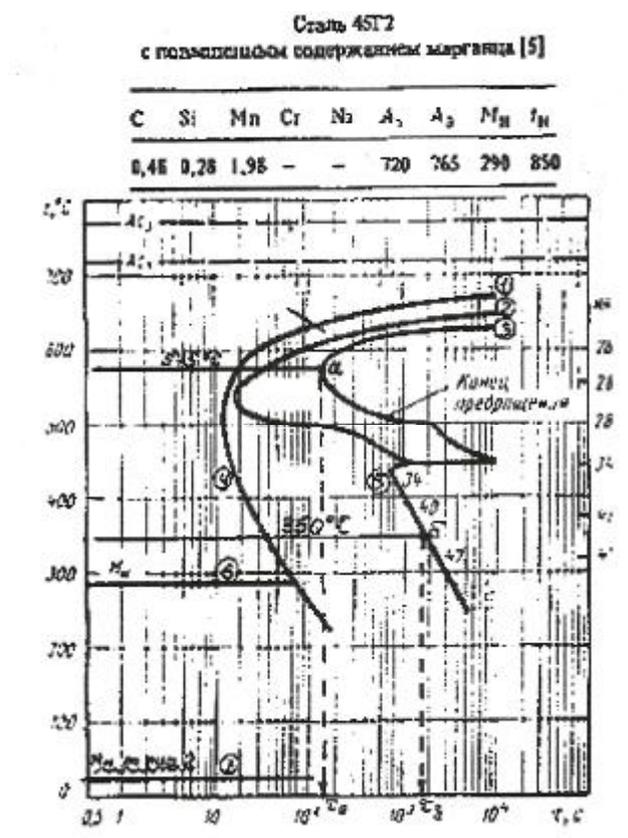


Рис. П.4.1. Изотермическая кинетическая диаграмма фазовых превращений

- а) доказательство типа кинетической диаграммы ФП как изотермической на основании её основных признаков (лекционный материал), в том числе доказательство, которое описывает данная диаграмма ФП при перегреве или при переохлаждении до температур фазового равновесия ($T_{фр}$);
- б) нумерация и определение содержания линий на диаграмме;
- в) определение фазового состава областей на диаграмме, очерченных соответствующими линиями по п. б), включающих оси координат;
- г) определение температурных интервалов диффузионных, смешанных (промежуточных) и бездиффузионных ФП; если для последних линия конца превращения на диаграмме отсутствует, то температура конца этих превращений определяется путем определения температурного интервала этого превращения по диаграмме зависимости интервала от содержания углерода с учетом содержания углерода в стали, соответствующего индивидуальному заданию (рис. П.4.2.); если определенный таким способом интервал превращения обозначить как Δ , то температура конца бездиффузионного ФП определяется как $t_p + \Delta = t_k$, где t_p – температура начала бездиффузионного ФП, определена по заданной кинетической диаграмме;
- д) определение и запись конкретных фазовых реакций в температурных интервалах ФП по п.г);
- е) построение изотермических кинетических кривых для самостоятельно выбранных температур в интервалах основных ФП по п.п. г и д (для **одной** температуры каждого типа ФП);
- ж) определение параметров и построение схем-графиков режимов изотермического отжига и изотермической закалки (на нижний бейнит):
- для обеих схем-графиков шкала температур является реальной, а шкала времени – условная на стадии нагрева и охлаждения, на стадиях охлаждения до температуры изотермической выдержки и после окончания этой выдержки, но реальная – на стадии изотермической выдержки;
 - таким способом по изотермической диаграмме ФП определяются: температура нагрева, температуру и продолжительность изотермической выдержки, температура конца охлаждения принимаем равной 20 °С;

- температура изотермической выдержки для отжига должна соответствовать максимальной скорости ФП, а для закалки находиться в температурном интервале образования нижнего бейнита;
- примеры оформления схем-графиков указанных выше видов термической обработки приведены на рис. П.4.3.

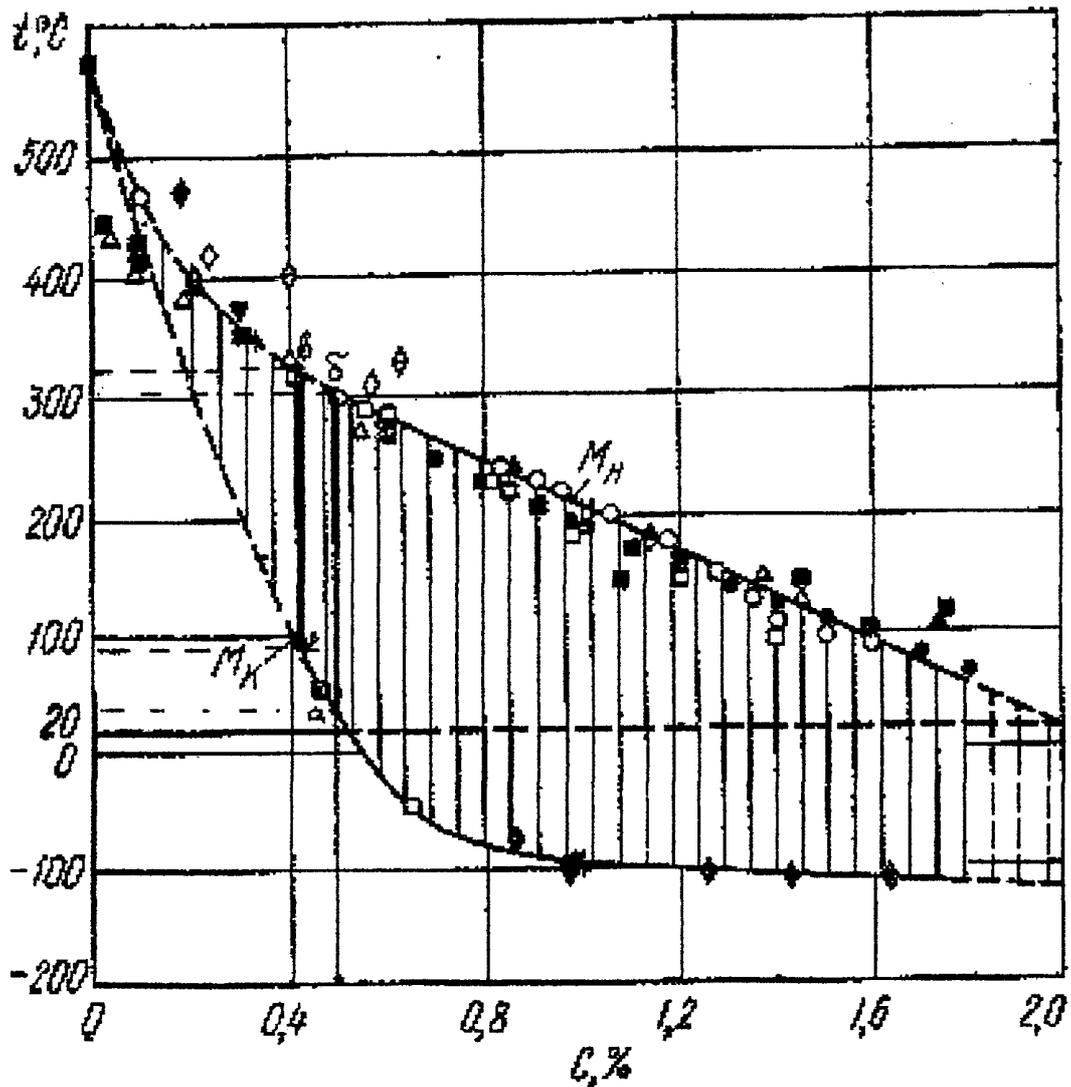


Рис. П.4.2. Влияние содержания углерода в аустените на положение температур начала (M_n) и конца (M_k) мартенситного превращения:

а - б — интервал мартенситного превращения для стали с 0,48 %С (см. рис.), который равен ≈ 265 °С;

в - г — интервал мартенситного превращения для стали с 0,43 %С (см. рис.), который равен ≈ 250 °С.

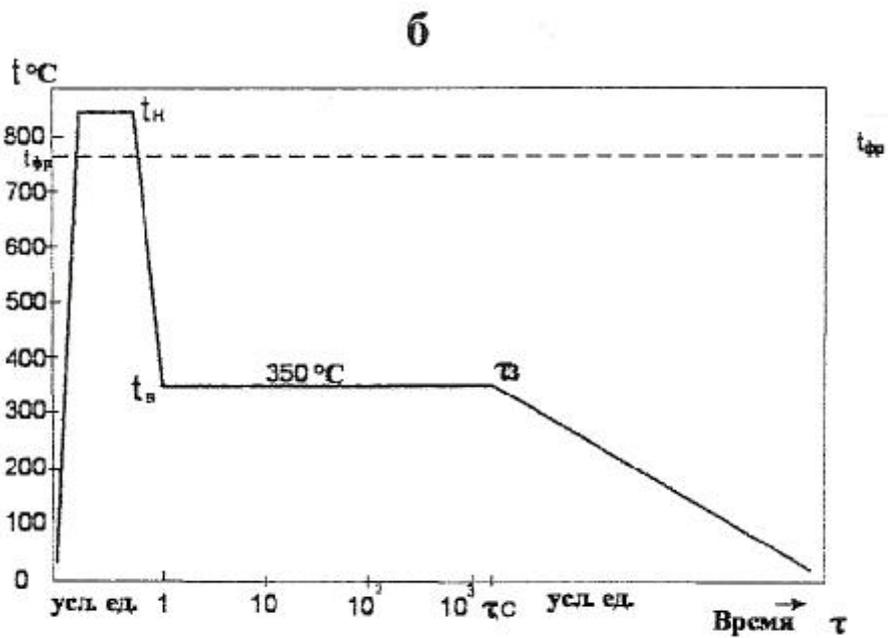
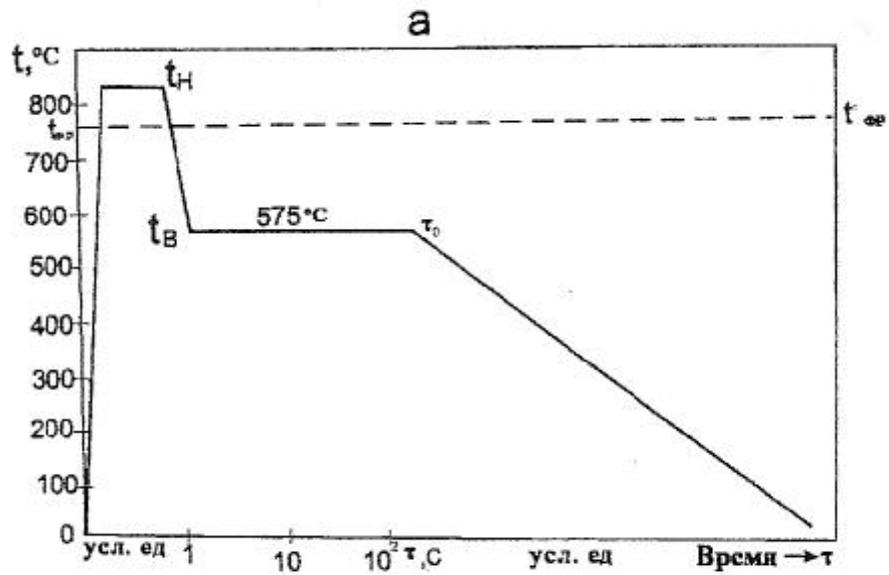


Рис. П.4.3. Схемы-графики режимов изотермического отжига (а) и изотермической закалки на нижний бейнит (б) построены по данным изотермической кинетической диаграммы стали 45Г2 (рис. П.4.1).

3.2. Термокинетические диаграммы ФП – рис. П.4.4.

а) доказательство типа кинетической диаграммы ФП как термокинетической на основании её основных признаков, в том числе доказательство, которое описывает данная диаграмма ФП при перегреве или при переохлаждении до температур фазового равновесия ($T_{фр}$);

б) нумерация и определение содержания линейной диаграммы;

в) определение фазового состава областей на диаграмме, ограниченных соответствующими линиями по п.б, включая оси координат;

г) определение интервалов скоростей охлаждения, в которых происходят диффузионные, смешанные (промежуточные) и бездиффузионные ФП;

д) определение конкретного типа и температурных интервалов ФП, которые происходят в интервалах скоростей охлаждения согласно п.г, запись соответствующих фазовых реакций;

е) определение на основе данных, полученных по п.п. г и д, как влияет скорость охлаждения на положение температурных интервалов разных типов ФП по шкале температур;

ж) определение параметров и построение схем-графиков режимов отжига с непрерывным охлаждением и закалкой на мартенсит:

- для обеих схем-графиков шкала температур является реальной, а шкала времени – условная на стадии нагрева и выдержки и реальная на стадии охлаждения;

- по термокинетической диаграмме ФП определяются: температура нагрева (t_n), необходимая скорость охлаждения, температура конца охлаждения (t_k);

- значение t_n должно отвечать фазовой области стабильного аустенита, то есть $t_n = t_{фр} + (30...50) \text{ } ^\circ\text{C}$;

- значения t_k должно быть на $(30...50) \text{ } ^\circ\text{C}$ ниже температуры окончания ФП ($t_{зфп}$); если определенные таким способом значения $t_k > 20 \text{ } ^\circ\text{C}$, то принимаем $t_k = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$;

- если на термокинетической диаграмме нет линии окончания мартенситного превращения, то значение t_k (M_k) определяется способом, указанным в разделе 3.1, п.г;

- значение скорости охлаждения для отжига и закалки на мартенсит определяется на основании определения критической скорости отжига

($V_{кр}^{отж}$) и критической скорости заковки на мартенсит ($V_{кр}^{3М}$) (см. п.г.), причем, избираемые для построения схем-графиков режимы скорости охлаждения при отжиге $V_{отж}$ и заковке $V_{зак}$ определяются из соотношений $V_{отж} = (0,8...0,9)V_{кр}^{отж}$, $V_{зак} = (1,1...1,2)V_{кр}^{3М}$;

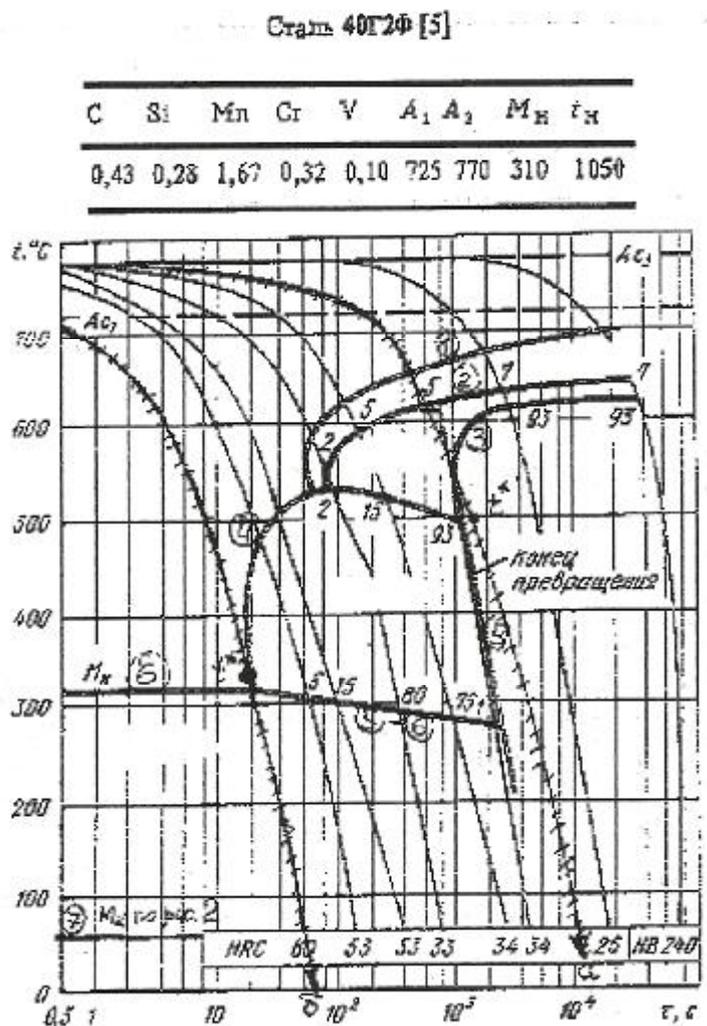


Рис. П.4.4. Термокинетическая диаграмма фазовых превращений

а – кривая охлаждения критической скорости отжига

б – кривая охлаждения критической скорости заковки на мартенсит

- средняя скорость охлаждения в температурном интервале $t_H - t_B$ определяется как $V_{охл} = (t_H - t_B)/\tau_{охл}$, где $\tau_{охл}$ – время охлаждения от температуры t_H до температуры t_B ; в рассмотренном случае $t_H = t_{фр} + (30...50)^\circ\text{C}$, а $t_B = 20^\circ\text{C}$; значение $\tau_{охл}$ определяется как временная координата точки пересечения кривой охлаждения с осью времени диаграммы на уровне 20°C ; если на данной диаграмме отсутствуют кривые охлаждения для $V_{кр}^{отж}$ и $V_{кр}^{3М}$, то эти кривые наносят на эту диаграмму дополнительно, причем, их проводят

(каждая) через три точки: $t_n \div t^* \div (t = 20 \text{ } ^\circ\text{C})$ с соблюдением подобия кривым скоростей охлаждения, имеющимся на диаграмме, t^* - температуры, характерны для $V_{кр}^{отж}$ и $V_{кр}^{зм}$;

- примеры оформления схем-графиков режимов отмеченных выше видов термообработки представлены на рис. П.4.5.

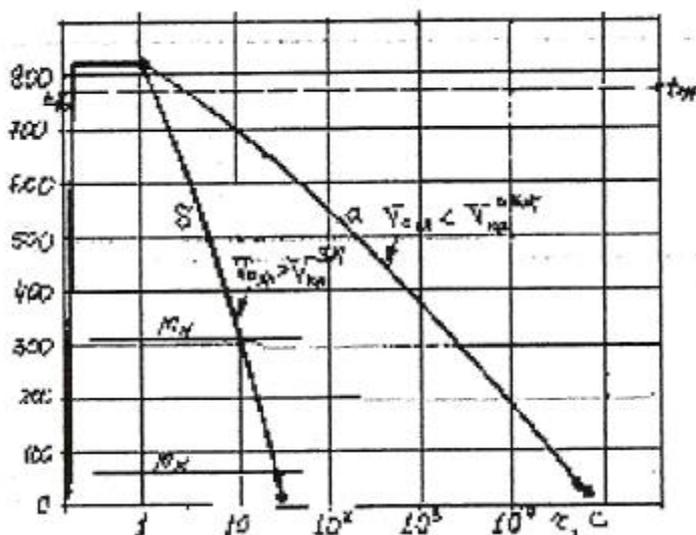


Рис. П.4.5. Схемы – графики режимов отжига з непрерывным охлаждением (а) и закалкой на мартенсит (б) построены по данным термокинетической диаграммы стали 40Г2Ф (рис. П.4.4.)

4. Отчет о практическом занятии должен быть оформлен в соответствии с требованиями, которые выдвигаются к соответствующей научно-технической информации, и содержит:

- наименование занятия;
- цель занятия;
- характеристика исходных данных;
- результаты анализа кинетических диаграмм ФП с необходимыми пояснениями, построениями, расчетами, практическим использованием;
- краткие обобщающие выводы, которые содержат характеристику теоретической и практической информации, полученной при выполнении практического занятия.

5. Вопросы для проверки подготовленности студентов к практическому занятию

1. Особенности кинетики диффузионных ФП.
2. Особенности кинетики бездиффузионных ФП.
3. Особенности кинетики промежуточных ФП.
4. Отличия кинетики диффузионных ФП при нагреве и охлаждении.
5. Кинетические кривые ФП при постоянной температуре превращения.
6. Сущность инкубационного периода при ФП и его практическое значение.
7. Для каких типов ФП в сталях характерны наличие и для каких отсутствие инкубационного периода.
8. Сущность и основные типы кинетических диаграмм ФП.
9. Отличительные признаки изотермических кинетических диаграмм ФП.
10. Отличительные признаки кинетических диаграмм ФП.
11. Понятие о критической скорости отжига.
12. Понятие о критической скорости закалки.