

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра материаловедения и технологии художественных изделий

Допущены
к проведению занятий в 2018-2019 уч. году
Заведующий кафедрой
профессор

Пряхин Е.И.

«25» января 2018 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой работы**

«Превращения в сталях и сплавах и их оптимальная термообработка»

**по учебной дисциплине
«МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ»**

Уровень высшего образования: Бакалавриат

Направление подготовки: 29.03.04 Технология художественной обработки материалов

Направленность(профиль) подготовки: Технология художественной обработки материалов

Программа: Академический бакалавриат

Форма обучения: очная

Составители: проф. Петкова А.П.

Год приема: 2015-2018

*Обсуждены и одобрены на заседании кафедры
Протокол № 6 от 25 января 2018 г.*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2018**

Введение

Курсовая работа по дисциплине «Металловедение и термическая обработка материалов» выполняется на тему «Превращения в сталях и сплавах и их оптимальная термообработка».

Термическая обработка - тепловым воздействием на сплав, результатом которого является получение заданного комплекса свойств путем направленного изменения структурного состояния сплава в процессе фазовых и структурных превращений при нагревах и охлаждениях с заданными температурно-временными параметрами.

Структурное состояние сплава характеризуется его фазовым составом, морфологией структуры и механическим напряженным состоянием.

Следует учитывать, что используемое при термической обработке термическое воздействие наиболее существенно влияет на микроструктуру металла, тонкую структуру и атомно-кристаллическую структуру. Структурные элементы металлического сплава описывают структурное состояние сплава. Если целью теплового воздействия является преобразование структурного состояния сплава, то включаются такие процессы фазовых и структурных превращений, которые приводят в конечном счете к изменению свойств металлических материалов.

В самом общем виде задачей курсовой работы является выявление на основе исходных данных возможных последовательностей преобразования исходного структурного состояния объекта и определение адекватных параметров теплового воздействия на сплав для включения этих последовательностей при том или ином виде термической обработки. В качестве исходных данных, содержащих необходимые сведения об исходном состоянии сплавов, 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

Целью курсовой работы является овладение студентами навыками самостоятельного использования соответствующих теоретических положений дисциплины для обоснованного назначения всех возможных видов и режимов термической обработки сплава заданного химического состава как параметров управления фазовыми и структурными превращениями, обеспечивающими формирование заданного структурного состояния, 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.

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

- соответствия содержания работы заданию и методическим указаниям по ее выполнению;
- уровня оформления расчетно-пояснительной записки и графического материала;
- результатов защиты по теоретическому обоснованию принятых решений и истолкованию процессов фазовых и структурных превращений при назначенных видах и режимах термической 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 контролю текущей успеваемости по дисциплине.

2. Задание на курсовую работу и информационное обеспечение

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

- диаграмму состояния двухкомпонентного сплава;
- химический состав сплава.
- концентрацию второго компонента (согласно заданной диаграмме состояния), для которой анализируется возможность и разрабатывается режим термической обработки.
- указание исходного состояния сплава перед различными видами структурной обработки.

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

Основные исходные источники информации для выполнения курсовой работы:

- задание на курсовую работу.
- рекомендуемая учебная литература по дисциплине [1...5].
- конспект лекций по дисциплине.
- соответствующие материалы практических занятий по дисциплине.
- материалы самостоятельного информационного поиска.
- методические указания по оформлению курсовой работы согласно действующим стандартам [6].

3. Структура курсовой работы

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки в объеме, необходимом для раскрытия темы курсовой работы, и оформляется на страницах формата А4. Оформление выполняется согласно рекомендациям, изложенным в [6].

Структура расчетно-пояснительной записки.

Вводная часть:

- титульный лист;
- задание на курсовую работу;

Введение

Основная часть:

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

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

3.3. Определение типов термической обработки сплавов заданного химического состава с использованием фазовых превращений.

3.4. Определение параметров режимов термической обработки назначенных типов.

3.5. Построение схем-графиков режимов назначенных типов термической обработки.

3.6. Теоретическое обоснование назначенных видов термической обработки и параметров их режимов.

Выводы

Список литературы

4. Методические указания по выполнению разделов курсовой работы

4.1. Вводная часть

Титульный лист оформляется по образцу, приведенному в приложении.

Остальные структурные единицы вводной части, указанные выше, выполняются в соответствии с требованиями [6], с учетом специфики курсовой работы.

4.2. Введение

Во введении следует раскрыть сущность, значение и назначение термической обработки металлов и сплавов, пояснить содержание объекта воздействия – исходную структуру и ее элементы, последовательности их преобразования через процессы фазовых и структурных превращений, характер и способы управления этими процессами путем внешнего термического воздействия. Далее дать краткую характеристику сплаву заданного химического состава, указать его назначение, характерные используемые до настоящего времени виды его термической обработки и их назначение. В заключение следует указать цель данной курсовой работы.

4.3. Основная часть

4.3.1. 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. 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 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 с содержанием углерода $0,01 < C < 0,02\%$ и $C > 0,02\%$ на рис. 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 с содержанием $C < 0,01\%$ на рис. 1). Основными исходными данными являются: температуры солидуса и фазовых равновесий в твердом состоянии с указанием типа фазовых превращений. Указанные температуры - исходные данные определяются как температурные координаты точек пересечения концентрационной линии сплава с соответствующими линиями на диаграмме состояния (см. рис. 1).

Случай сплава с фазовым превращением «растворение-выделение» при концентрации $0,01 < C < 0,02\%$ (см. рис. 1). Для подобных сплавов условной температурой фазового равновесия является часто либо температура эвтектической линии (температура солидуса), либо температура эвтектоидной линии.

Полученные в данном подразделе описываются в виде сводных данных в формате: «температур начала/окончания структурно-фазовых превращений или температурный интервал протекания этих превращений - структурно-фазовый состав сплава в критической точке или в двухфазной области».

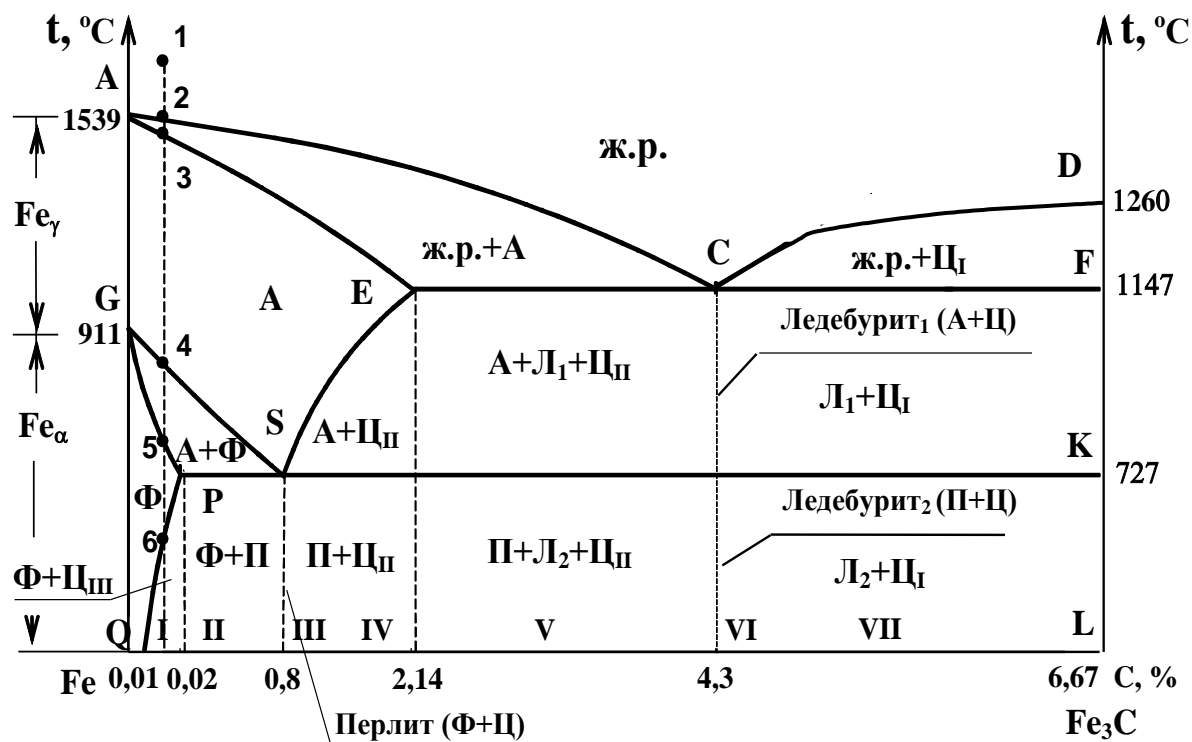


Рис. 1. Упрощенная диаграмма состояний Fe – Fe₃C

Изменение кристаллической структуры при полиморфных превращениях в сплаве обязательно оговаривается, например, превращение аустенита в феррит при охлаждении сопровождается перестройкой кристаллической решетки $Fe_{\gamma}(C) \rightarrow Fe_{\alpha}(C)$.

Изменения структуры при соответствующих превращениях иллюстрируются их схематическими изображениями, которые оформляются как рисунки.

Типы фазовых превращений определяются на основании анализа контактирующих фаз при критических температурах и характера их изменения при нагреве или переохлаждении относительно критической температуры.

Фазовое превращение, ниже температуры эвтектоидного превращения, т.е. 727°C , связано с фазовым превращением - растворение - выделение, т.к. хотя концентрационная линия данного сплава и не пересекает линию соответствующего фазового превращения - RQ, но лежит правее её.

Практическое значение это превращение имеет для железоуглеродистых сплавов, содержащих менее $0,3\%C$. 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 необязательно пересечение концентрационной линией растворимости одного компонента в другом, ограниченной и меняющейся с температурой. 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:

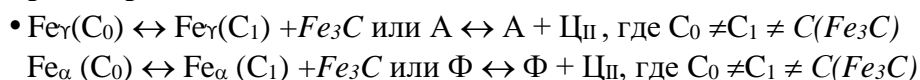
- эвтектоидное;
- растворение - выделение. Для заэвтектоидных сплавов:
- эвтектоидное;
- растворение - выделение.

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

- **полиморфное:**



- **растворение - выделение:**

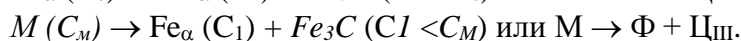
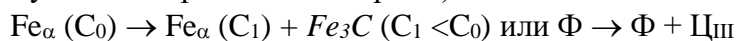


- **эвтектоидное:**



Обозначение \rightarrow говорит о реакции (фазовом превращении) в случае переохлаждения относительно $T_{фр}$, а \leftarrow описывает реакцию (фазовое превращение) 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):



Фазовые превращения в анализируемом сплаве Fe+ .. ,%C при охлаждении рекомендуется оформить в следующем виде:

- критическая температура - фазовые превращения (при нагреве/ при охлаждении);
- температурный интервал - фазовые превращения (при нагреве/ при охлаждении);
-

4.3.2. 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 обработки согласно его положению на диаграмме состояния, а также по характеру исходного состояния, независимо от того, какие виды термической 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:

- отжиг 1-го рода (гомогенизирующий);
- отжиг 2-го рода (перекристаллизационный);
- закалки на мартенсит и на пересыщенный твердый раствор;
- стабилизирующие обработки (отпуск и старение);

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 отжики 2-го рода, на какое структурное состояние производится закалка.

Естественно, что возможность назначения закалок влечет за собой возможность и необходимость назначения стабилизирующих обработок - отпуска или старения в зависимости от структурного состояния, на которое производится закалка.

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. Указываются виды последующей (или предыдущей) термической обработки. Чаще всего это фазовые закалки с отпуском или старением. Соответственно указываются используемые типы фазовых и структурных превращений в следующем формате: вид термической обработки - используемые фазовые превращения (при нагреве/ при охлаждении).

4.3.3 Определение параметров термической обработки назначенных видов

Для видов термической обработки 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. В данной курсовой работе скорость нагрева может не регламентироваться. Значение t_v подлежит регламентации. Регламентация может быть качественной (обязательно) и количественной (факультативно). Качественная регламентация означает указание, для каких процессов (фазовых и структурных превращений) значение t_v должно быть достаточным. Если исполнителем курсовой работы принимается, что обрабатывается теплотехнически тонкое изделие, то указанной выше качественной регламентации t_v достаточно. Количественная регламентация значения t_v проводится дополнительно при наличии у исполнителя необходимой информации. Обратите внимание, что количественная регламентация t_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 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.

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 $v_{охл}$ проводится по двум степеням. Во-первых, необходимо указывать, какие фазовые превращения при охлаждении должна обеспечить данная $v_{охл}$ и по какому механизму, или каких фазовых превращений данная $v_{охл}$ не должна допустить (подавить). Во-вторых, необходимо указывать на соотношение между назначаемыми $v_{охл}$ и критическими значениями $v_{охл}$ (для отжигов 2-го рода и закалок). Количественная регламентация значений $v_{охл}$ проводится факультативно при наличии у исполнителя необходимой информации и должна дополнять, но не заменять качественную регламентацию. Значение комнатной температуры t_k принять равным 20 °С.

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

Значение $v_{охл}$ не регламентируется, если в процессе охлаждения не происходят фазовые превращения и регламентируется, если фазовые превращения имеют место.

Гомогенизирующий (диффузионный) отжиг

Значение t_b определяется по выражению:

$$t_b^{до} = (0,8...0,95)(t_{пл}, \text{ } ^\circ\text{C}), \quad (4.1)$$

В случае необходимости и возможности (см. диаграмму состояния) определенное по выражению (4.1) значение $t_b^{до}$ корректируется таким образом, чтобы это значение находилось в температурном интервале однофазного состояния (лучше - твердого раствора). Подход к значению $v_{охл}$ аналогичен выше описанному для отжига.

Отжиг 2-го рода (перекристаллизационный для измельчения зерна)

Значение t_b определяется из выражения:

$$t_b^{пер} = t_p + (30...50^\circ\text{C}), \quad (4.2)$$

Значение $v_{охл}$ обязательно регламентируется соответствующим образом.

Закалки с фазовыми превращениями

Значение t_b определяется по выражению, аналогичному (4.2). Значение $v_{охл}$ обязательно регламентируется соответствующим образом.

Стабилизирующие обработки

Значение t_b для отпуска определяется из выражения: $t_b^{от} = t_{фр}^{мин} - (50...100^\circ\text{C})$ (4.3)

где $t_{фр}^{мин}$ - наиболее низкая температура фазового равновесия для сплава заданного химического состава.

Значение t_b для старения определяется из выражения:

$$t_b^{от} = t_{фр}^{мин} / (2...3), \quad (4.4)$$

Значение $v_{охл}$ при отпуске и старении обычно не регламентируется.

4.3.4 Графики - схемы назначенных видов термической обработки

Представление режимов термической 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 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:

- 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 обработки приведены на рис. 2-5.

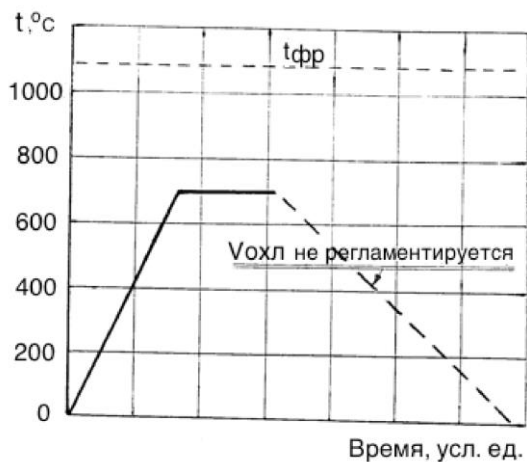


Рис. 2. Пример схемы оформления рисунка с построением графика - схемы режима отжига 1-го рода для случая, когда скорость охлаждения не регламентируется

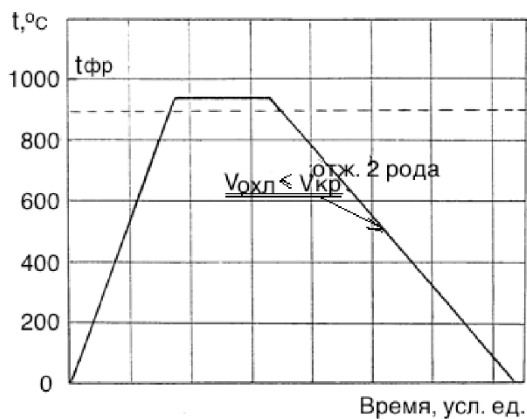


Рис. 3. Пример графика - схемы режима термической обработки, отжига 2-го рода, сплава (химический состав) с использованием (указывает тип фазового превращения)

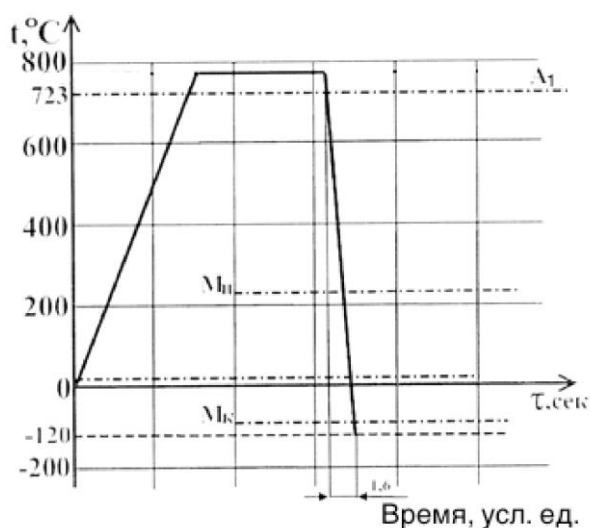


Рис. 4. Пример схемы оформления рисунка с построением графика схемы режима полной закалки на мартенсит

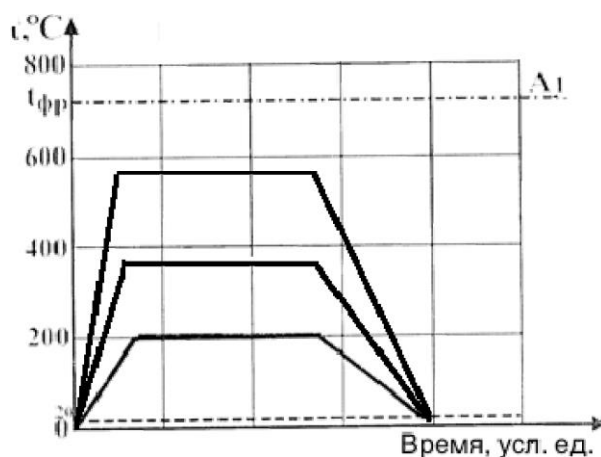


Рис. 5. Пример схемы оформления рисунка с построением графика схемы режима низкого, среднего и высокого отпуска

4.3.5. Теоретическое обоснование назначенных видов термической обработки и параметров их режимов

1. Обосновать тип фазовых превращений, приводя необходимые доказательства с использованием записей фазовых реакций.

2. Определить тип фазовых реакций (ФР), 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.

3. 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.

4.3.6. 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.

4.3.7. 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. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: учебник для вузов. Изд.4е, перераб. и доп. - СПб.: Химиздат.,2007. - 784 с.
2. Лахтин Ю.М. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990.
3. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1986.
4. Солнцев Ю.П. Специальные материалы в машиностроении.- СПб.: Химиздат.,2004.
5. Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов. М.: Машиностроение, 1989.
6. Положение о курсовом проектировании федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»: Приложение к приказу от 20.11.2017 № 1606 адм. – СПб.: Горный ун-т, 2017. 4 с.