

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

Кафедра технологии металлов и материаловедения

**ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ТЕРМИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ (ИНСТРУМЕНТА)**

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине
«Материаловедение»

Тверь 2016

УДК 669.1.017:620.1(075.8)
ББК 34.2я7

Рецензент к. т. н. доцент кафедры прикладной физики Новоселова М.В.

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине материаловедение: метод. указания / сост. Л.Е. Афанасьева, Тверь: ТвГТУ, 2016. 16 с.

Методические указания предназначены для студентов, изучающих дисциплину материаловедение. Изложена методика выполнения курсовой работы. Приведены требования к оформлению работы.

Обсуждены на заседании кафедры технологии металлов и материаловедения и рекомендованы к печати (протокол № 7 от 30 июня 2016 г.).

© Тверской государственный
технический университет, 2016
© Л.Е. Афанасьева, 2016

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: приобрести навыки выбора способа и режимов термической обработки деталей и инструмента из углеродистых сталей.

Курсовая работа по материаловедению имеет большое значение в развитии навыков самостоятельной творческой работы студентов, вырабатывается умение использовать справочную и нормативную литературу, государственные и отраслевые стандарты, каталоги и другие информационные источники. При этом развиваются навыки научно-исследовательской работы. Курсовая работа закрепляет, углубляет и обобщает знания, полученные во время лекционных и лабораторных занятий по материаловедению. Защита курсовой работы является важным контрольным этапом оценки умения студента кратко изложить сущность проделанной работы и грамотно доказать правильность принятых решений.

СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Основные структурные элементы курсовой работы и правила их оформления

Курсовая работа должна состоять из структурных элементов:

Титульный лист (см. приложение 1)

Содержание

Введение

Основная часть

Заключение

Список использованной литературы

Во **введении** необходимо отметить актуальность, цель и задачи работы. Объем введения 1...2 страницы.

Основная часть включает в себя основное содержание работы (10...12 страниц).

В **заключении** необходимо подвести итоги работы по выбору вида и режима термической обработки для конкретной детали или инструмента из стали по варианту задания (0,5 страницы).

Список использованной литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32–2001.

Требования к оформлению курсовой работы:

Согласно ГОСТ 7.32–2001 курсовая работа оформляется на стандартных листах белой бумаги формата А4 (210×97 мм) (односторонняя печать). Титульный лист оформляется в соответствии с вариантом задания (см. прил.).

Шрифт в работе должен быть черного цвета, прямой, 14 кегля, для подзаголовков допускается использование полужирного шрифта. Тип шрифта Times New Roman. Основной текст выравнивают по ширине, абзац начинают после отступа в 1,25 см. Междустрочный интервал – полуторный.

Размеры полей: 30 мм с левой стороны, 20 мм сверху и снизу, 10 мм с правой стороны. Нумерация рисунков и таблиц сквозная по тексту работы. Все рисунки должны иметь подписи.

Страницы курсовой работы нумеруются по порядку, начиная с титульного листа, на титульном листе номер страницы не ставится. Расположение номера страницы в нижней части листа по центру. Общее число страниц в работе около 15.

ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ ПО ВАРИАНТАМ

Порядок выполнения работы

Основная часть работы должна включать следующие пункты.

1. В соответствии с вариантом задания (табл. 1), расшифровать марку стали, указать температуру критических точек, химический состав, механические свойства и назначение.

Таблица 1. Варианты задания на курсовую работу

| Номер варианта | Марка стали | Наименование детали или инструмента |
|----------------|-------------|-------------------------------------|
| 1 | Ст1 | болт, шпилька |
| 2 | Ст2 | болт, гайка |
| 3 | Ст3 | рычаг, ось |
| 4 | Ст4 | ось, кронштейн |
| 5 | Ст5 | ось, вал |
| 6 | Ст6 | палец, поршень |
| 7 | 10 | ушко, втулка |
| 8 | 15 | болт, вилка |
| 9 | 20 | змеевик, труба перегревателей |
| 10 | 25 | шпиндель, звездочка |
| 11 | 30 | тяга, коленчатый вал |
| 12 | 35 | болт, гайка |
| 13 | 40 | коленчатый вал, зубчатое колесо |
| 14 | 45 | палец, шпиндель |
| 15 | 50 | зубчатое колесо, прокатный валик |
| 16 | 60 | пружина, рессора |
| 17 | У7 | зубило, пуансон |
| 18 | У8 | кern, кузнечный штамп |
| 19 | У9 | рубаночная железка, сверло |
| 20 | У10 | плашка, фреза |
| 21 | У11 | развертка, фреза |
| 22 | У12 | сверло, метчик |
| 23 | У13 | напильник, граверный инструмент |
| 24 | У12А | развертка, шабер |

2. Дать эскиз детали или инструмента, изготавливаемого из данной марки стали. Описать условия эксплуатации и требуемые свойства.

3. Выбрать способ термической обработки стали для получения требуемых свойств. Вычертить участок диаграммы состояния Fe-Fe₃C и указать температуры нагрева стали при выполнении термической обработки. Описать структурные превращения при нагреве и охлаждении стали.

4. Вычертить график термической обработки с указанием температур нагрева, времени выдержки и скорости охлаждения стальной детали или инструмента. Описать структуру и свойства стали после назначенного режима термической обработки.

В заключении сделать выводы по работе.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ВИДА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В настоящее время сталь является основным конструкционным материалом, из которого изготавливают силовые узлы различных машин и аппаратов. Интенсификация производственных процессов и повышение требований к качеству выпускаемой продукции требует специалистов высокого уровня, способных осваивать прогрессивные технологии упрочнения материалов.

Маркировка углеродистых сталей

По количеству углерода стали классифицируют на низкоуглеродистые (содержащие углерода менее 0,3 %), среднеуглеродистые (0,3...0,7 % С) и высокоуглеродистые (более 0,7 % С).

По химическому составу стали условно разделяют на углеродистые (нелегированные), низколегированные (суммарное содержание легирующих элементов должно быть не более 2,5 %), легированные (2,5...10 %) и высоколегированные (более 10 %).

В России принята буквенно-цифровая система обозначения марок сталей. Ниже приведены стандартные марки углеродистых сталей.

Конструкционные стали обыкновенного качества (ГОСТ 380-88) маркируют буквами Ст и цифрами от 0 до 6 (номер стали), которым соответствуют определенные содержания углерода (табл. 2):

При переходе от марки Ст1 к марке Ст6 временное сопротивление возрастает от 300 до 600 МПа, а пластичность снижается. Стали этой группы широко используют для производства различных деформированных полуфабрикатов: листов, прутков, труб и т.д.

Таблица 2. Марки углеродистых конструкционных сталей обыкновенного качества (ГОСТ 380-88)

| Марка | Ст0 | Ст1 | Ст2 | Ст3 | Ст4 | Ст5 | Ст6 |
|-------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| С, % | 0,23 | 0,06...0,12 | 0,09...0,15 | 0,14...0,22 | 0,18...0,27 | 0,28...0,37 | 0,38...0,49 |

Качественные конструкционные стали (ГОСТ 1050-74) маркируют двумя цифрами, которые указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента: 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58, 60.

Концентрация марганца в этих сталях составляет 0,35–0,8%, а кремния – менее 0,3 %. Механические свойства качественных сталей выше, чем у сталей обыкновенного качества, что обуславливает их применение для деталей более ответственного назначения: стали марок 08...25 используют для сварных конструкций, марки 30...45 – для производства деталей машин и стали марок 50...60 – для изготовления жестких (силовых) упругих элементов.

Инструментальные углеродистые стали (ГОСТ 1435-74) маркируют буквой У и цифрой, указывающей на среднее содержание углерода в десятых долях процента (табл. 3).

Таблица 3. Марки углеродистых инструментальных сталей (ГОСТ 1435-74)

| Марка | У7 | У8 | У9 | У10 | У11 | У12 | У13 |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| С, % | 0,66...0,73 | 0,75...0,84 | 0,85...0,94 | 0,95...1,04 | 1,05...1,14 | 1,15...1,24 | 1,25...1,35 |

Концентрация примесей составляет: $Mn < 0,3 \%$, $Si < 0,3 \%$, $S < 0,028 \%$, $P < 0,03 \%$. Углеродистые стали обладают высокой твердостью и износостойкостью, поэтому их используют для изготовления ударно-штампового (У7–У9) и режущего инструмента (У10–У11). Структура всех рассмотренных сталей в отожженном состоянии определяется концентрацией углерода и, следовательно, может быть проанализирована по диаграмме железо – цементит.

Виды термической обработки

Все виды термической обработки в зависимости от назначения делятся на предварительные и окончательные.

Предварительная термообработка проводится для улучшения обрабатываемости материала режущим инструментом, повышения его пластичности, снятия внутренних напряжений и измельчения зерна.

Предварительной термической обработке подвергаются заготовки деталей машин. К предварительной термической обработке относятся различные виды отжига. В таблице 4 дана краткая характеристика видов предварительной термической обработки и область их применения.

Таблица 4. Виды предварительной термической обработки

| Название обработки | Характеристика и применение | Режим |
|--|---|--|
| Полный отжиг | Выравнивает структуру по всей площади сечения, снижает твердость, улучшает обрабатываемость, снимает внутренние напряжения, ликвидирует перегрев, измельчая структуру. Применяется для поковок и отливок из доэвтектоидных сталей | Температура нагрева на 30...50 °С выше A_{c3} . Скорость охлаждения до 50...100 °С/час для углеродистых сталей и 20...60 °С/час для легированных сталей вместе с печью |
| Неполный отжиг (сфероидизация) | Обеспечивает получение зернистого перлита, обладающего лучшей обрабатываемостью, чем пластинчатый перлит. Применяется только для эвтектоидных и заэвтектоидных сталей. | Температура нагрева на 30...40 °С выше A_{c1} . Скорость охлаждения вместе с печью |
| Диффузионный отжиг (гомогенизационный) | Выравнивает химический состав по всему сечению детали. Применяется для отливок из легированных доэвтектоидных сталей. | Температура нагрева на 150...200 °С выше A_{c3} . Длительная выдержка. Скорость охлаждения вместе с печью |
| Рекристаллизационный отжиг | Снимает наклеп, увеличивая пластичность и уменьшая твердость, улучшает обрабатываемость. Применяется для всех сталей после холодной штамповки либо грубой механической обработки | Температура нагрева на 20-50°С ниже A_{c1} |
| Нормализация | Выравнивает и измельчает структуру; улучшает механические свойства стали; разрушает карбидную сетку у заэвтектоидных сталей. Применяется после горячей или грубой механической обработки стали, перед цементацией и после нее | Нагрев на 30-80°С выше A_{c3} (A_{cm}), охлаждение на спокойном воздухе |

Окончательная (упрочняющая) термическая обработка проводится для придания требуемых эксплуатационных характеристик (твердость, износостойкость, и др.) поверхностям деталей.

Все детали, подвергаемые окончательной (упрочняющей) термической обработке делят на 2 группы:

1. Детали, работающие на трение. Проведенная термическая обработка должна обеспечить необходимую твердость, износостойкость поверхностного слоя.

2. Детали, испытывающие при работе значительные нагрузки различного характера: растягивающие, изгибающие, крутящие, контактные.

- В деталях, испытывающих в процессе эксплуатации растягивающие и сжимающие нагрузки, напряжения по сечению распределены равномерно. Применяют сквозную закалку и отпуск

-В деталях, работающих на изгиб, кручение или при высоких контактных нагрузках, сквозное упрочнение сечения не обязательно, но желательно поверхностное упрочнение с сохранением вязкой сердцевины

Условия работы инструментов зависят от режимов резания и свойств обрабатываемого материала. Углеродистые инструментальные стали поставляют после отжига на зернистый перлит.

Краткая характеристика видов окончательной термической обработки и область их применения представлены в таблице 5.

Таблица 5. Виды окончательной термической и химико-термической обработки

| Название обработки | Характеристика и применение | Режим |
|--------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Полная закалка | Повышает твердость, прочность и износостойкость; измельчает структуру. Стали с содержанием углерода менее 0,3% перед закалкой подвергаются поверхностному науглероживанию (цементации), а с содержанием углерода 0,3% и более закаливают без дополнительной обработки. Применяется для эвтектоидных и доэвтектоидных сталей, обеспечивая максимально возможную твердость | Температура нагрева на 30-50°C выше $A_{с3}$. Скорость охлаждения и охлаждающая среда (вода, масло, и др.) назначаются в зависимости от химического состава стали и требований, предъявляемых к детали |

| 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|---|---|
| Неполная закалка | Применяется для заэвтектоидных сталей, обеспечивая им максимально возможную твердость | Температура нагрева на 30-50°C выше A_{C1} . Скорость охлаждения и охлаждающая среда (вода, масло, и др.) назначаются в зависимости от химического состава стали и требований, предъявляемых к детали |
| Низкотемпературный отпуск | Производится немедленно после закалки, с целью придания стали необходимых механических свойств. Понижает внутренние напряжения, возникшие в процессе закалки, без заметного снижения твердости и хрупкости. Применяется для режущего инструмента, не подвергающегося ударам; измерительного инструмента; поверхностей деталей, работающих в условиях трения | Температура нагрева 150-250°C. |
| Среднетемпературный отпуск | Снижает внутренние напряжения и хрупкость, возникшие в процессе закалки, при некотором понижении твердости. Режущий инструмент, подвергающийся ударным нагрузкам; пружины | Температура нагрева 300-500°C. |
| Высокотемпературный отпуск | Снижает внутренние напряжения и хрупкость, возникшие в процессе закалки; увеличивает вязкость и значительно понижает твердость; после высокого отпуска возможна обработка лезвийным инструментом. Ответственные детали машин; валы, шатунные болты и т.п. | Температура нагрева 500-700°C. |

| 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------|---|--|
| Цементация (науглероживание) | Насыщение поверхностного слоя детали углеродом до концентрации 0,8-1%. Обеспечивает получение (после закалки) изделия с высокой твердостью и износостойкостью на поверхности и с вязкой сердцевиной. Применяется для деталей, изготовленных из малоуглеродистых сталей (до 0,25% углерода) | Нагрев деталей в герметически закрытой среде твердого или газообразного карбюризатора на 50-80°C выше A_{C3} , выдержка с медленным охлаждением |
| Азотирование | Насыщение поверхностного слоя детали азотом после предварительного улучшения. Придает высокую твердость (80-85 HRA), износостойкость и коррозионную стойкость поверхностному слою изделия при минимальном его короблении и не требует последующей обработки | Нагрев деталей в атмосфере аммиака при 500-700°C с последующим охлаждением в парах аммиака до 100°C |
| Нитроцементация | Одновременное насыщение поверхностного слоя детали N и C. В зависимости от температуры нагрева подразделяется на низкотемпературную (для повышения износостойкости режущего инструмента) и высокотемпературную (для создания износостойких деталей из малоуглеродистых легированных сталей) | Температура нагрева: а) 550-600°C без последующей термообработки (низкотемпературная); б) 850-870°C с последующей закалкой и низким отпуском (высокотемпературная) |

Термическая обработка обладает широкими возможностями придания металлическим материалам высокого комплекса эксплуатационных свойств. Термической обработкой называется технологический процесс, состоящий из совокупности операций нагрева, выдержки и охлаждения изделий из металлов и сплавов, целью которого является изменение их структуры и свойств в заданном направлении.

Температуру нагрева для различных видов термической обработки назначают по диаграмме Fe - Fe₃C в зависимости от марки стали (концентрации углерода) и вида термической обработки (рис.1).

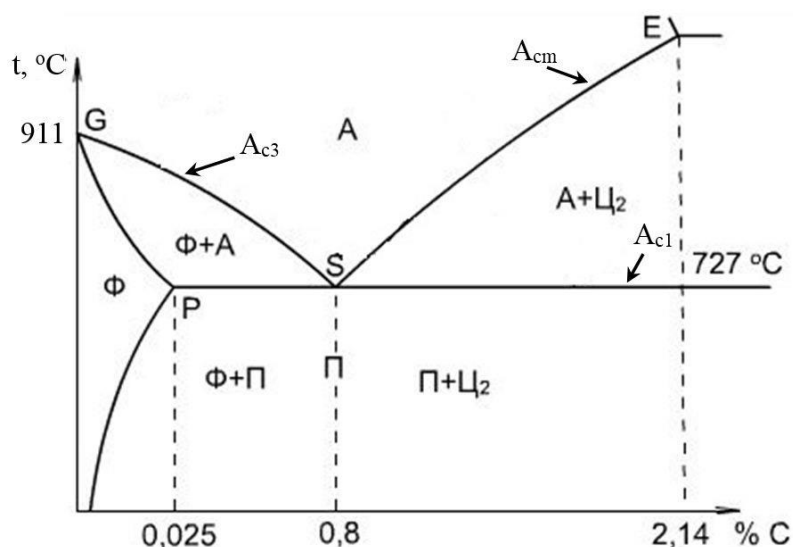


Рис. 1. Участок диаграммы Fe-Fe₃C

Температура нагрева эвтектоидной стали марки У8 для всех видов термообработки $A_{c1} + (30...50)^\circ\text{C}$. Температура нагрева доэвтектоидных сталей под закалку, отжиг, нормализацию $A_{c3} + (30...50)^\circ\text{C}$. Температура нагрева заэвтектоидных сталей под закалку, отжиг – $A_{c1} + (30...50)^\circ\text{C}$, нормализацию – $A_{cm} + (30...50)^\circ\text{C}$.

Время нагрева стальных заготовок и деталей до заданной температуры зависит от ряда факторов: химического состава стали, размеров максимального сечения, теплопроводности, площади поверхности контакта с нагревающей средой и т.д. Ориентировочные нормы времени для нагрева стальных деталей приведены в таблице 6.

Время выдержки изделий при температуре нагрева зависит от многих факторов. Ориентировочно время выдержки деталей и заготовок в пламенных и электрических печах берется в пределах 1,0...1,5 мин на 1 мм сечения детали. Время выдержки при отпуске назначается в соответствии с таблицей 7. Время выдержки при цементации и азотировании назначается в соответствии с требованиями на толщину цементованного или азотированного слоя.

Таблица 6. Время нагрева изделий из углеродистой и легированной сталей

| Наименование агрегата | Температура нагрева, °C | Время нагрева на 1 мм условного диаметра изделия, с | |
|-----------------------|-------------------------|---|-----------------------|
| | | из углеродистой стали | из легированной стали |
| Пламенная печь | 800-900 | 60...70 | 65...80 |
| Электропечь | 750-820 | 60...65 | 70...75 |
| | 820-880 | 50...55 | 60...65 |
| Соляная ванна | 770-820 | 12...14 | 18...20 |
| | 820-880 | 10...12 | 8...10 |
| | 1240-1280 | 6...8 | 8...10 |
| Свинцовая ванна | 770-820 | 6...8 | 8...10 |
| | 820-880 | 5...7 | 7...8 |

Таблица 7. Время выдержки при отпуске деталей

| Температура отпуска, °C | Время отпуска в электропечах | Время отпуска в соляных ваннах, мин |
|----------------------------|--|--|
| 300 | 120 мин +1 мин на 1 мм условной толщины | 120 |
| 300-400 | 20 мин + 1 мин на 1 мм условной толщины | 15-20 |
| 400-680 | 10 мин + 1 мин на 1 мм условной толщины | 3 мин + 0,4 мин на 1мм условной толщины |

Скорость охлаждения стали напрямую зависит от выбранной охлаждающей среды. Охлаждающая среда должна обеспечивать скорость охлаждения в верхнем диапазоне температур выше критической скорости закалки, а в нижнем – в области мартенситных превращений – по возможности меньшую скорость охлаждения, чтобы предотвратить коробление изделий и образование трещин. Скорость охлаждения стали в различных средах указана в таблице 8.

Таблица 8. Скорость охлаждения стали в различных закалочных средах

| Закалочная среда | Скорость охлаждения в °C/с в интервале температур | |
|----------------------------------|--|--------------|
| | 550...650 °C | 200... 300°C |
| Вода при 18°C с движением | 600 | 270 |
| Вода при 18°C спокойная | 130 | 120 |
| Масло минеральное с движением | 150 | 30 |
| Масло минеральное спокойное | 20 | 8,3 |
| Воздух (обдувка сжатым воздухом) | 30 | 10 |
| Воздух спокойный | 3 | 1 |

Примечание: фактическая скорость охлаждения зависит от многих факторов: объема жидкости и способа ее охлаждения, размеров и формы изделия, интенсивности движения в охлаждающей среде и пр.

Кривые непрерывного охлаждения аустенита эвтектоидной стали с различными скоростями можно наложить на диаграмму изотермического превращения переохлажденного аустенита (рис. 2). Очевидно охлаждение аустенита со скоростью v_1 соответствует отжигу стали; со скоростью v_2 - нормализации; со скоростью, большей $v_{кр}$, например, v_5 - закалке. При охлаждении со скоростью v_3 получится структура троостита, а со скоростью v_4 - троостита и мартенсита.

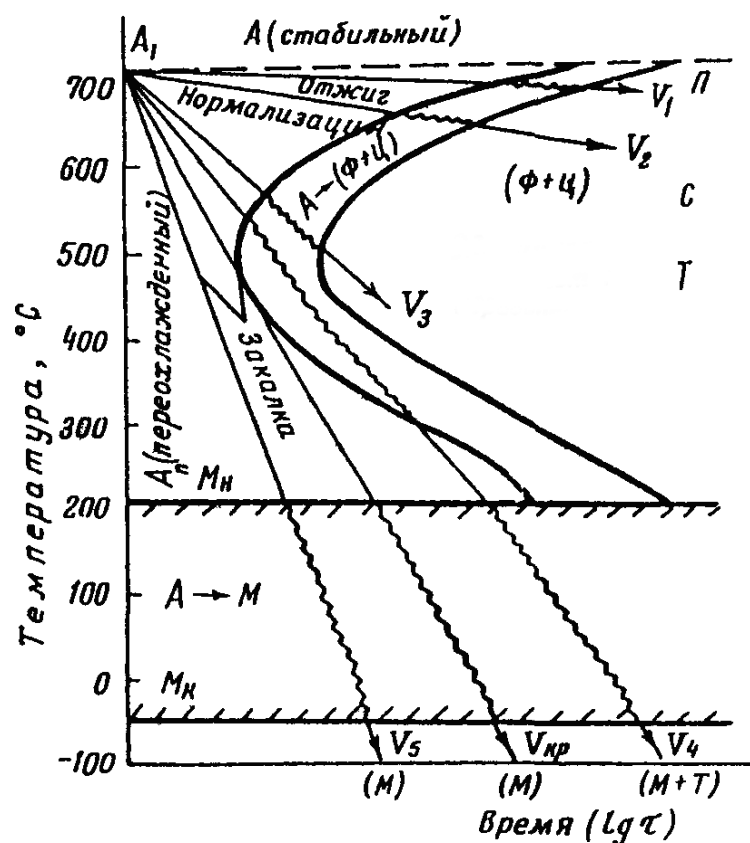


Рис.2. Диаграмма изотермического превращения переохлажденного аустенита эвтектоидной стали с графиками скоростей охлаждения (П - перлит, С - сорбит, Т - тростит, М - мартенсит закали, $v_{кр}$ – критическая скорость закали)

Выбор технологического оборудования

К основному оборудованию термического участка относятся нагревательные печи, печи-ванны, установки для получения искусственных атмосфер, индукционные закалочные установки, закалочные баки. К вспомогательному оборудованию относятся грузоподъемные средства, приспособления для загрузки деталей, контрольно-измерительную аппаратуру и приборы, оборудование для очистки деталей.

Печи для термической обработки классифицируются по следующим признакам:

1. По назначению – универсальные печи для отжига, нормализации, закали и отпуска, цементационные, для азотирования, печи специального назначения.
2. По температуре рабочего пространства – низкотемпературные, среднетемпературные, высокотемпературные.
3. По характеру загрузки, выгрузки – камерные, шахтные, печи с выдвижным подом.
4. По источнику тепла – мазутные, газовые, электрические

В небольших многотемпературных термических цехах и участках широкое распространение получили универсальные камерные печи, работающие на мазуте или газе, электрические печи камерные и шахтные с карборундовыми (силитовыми) нагревателями.

Библиографический список

1. Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: учебник для вузов по напр. подготовки и спец. в области техники и технологии / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин [и др.]; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. М.: Московский гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана, 2005. 646 с.
2. Арзамасов, В.Б. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов / В.Б. Арзамасов, А.Н. Волчков, В.А. Головин [и др.]; под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепихина. М.: Академия, 2007. 447 с.
3. Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Б.Н. Арзамасов и др.: Под ред. Б.М. Арзамасова. –М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
4. ГОСТ 380-88 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. Изд-во стандартов, 1991. 6 с.
5. ГОСТ 1050-88 Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. М.: Изд-во Стандартиформ. 2010. 24 с.
6. ГОСТ 1435-90 Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия. Изд-во стандартов. 1990. 30 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Тверской государственный технический университет
Кафедра технологии металлов и материаловедения

КУРСОВАЯ РАБОТА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

**ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ТЕРМИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ (ИНСТРУМЕНТА)**

Выполнил: студент группы _____

Проверил: доцент Ф.И.О.

Тверь 2016

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ (ИНСТРУМЕНТА)

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине
«Материаловедение»

Составитель Л.Е. Афанасьева
Корректор Я.А. Петрова
Технический редактор Ю.Ф. Воробьева

Подписано в печать 6.09.2016

Формат 60х84/16

Физ. печ. л. 1

Тираж 200 экз.

Усл.- печ. л. 0,93

Заказ № 64

Бумага писчая

Уч.-изд. л. 0,87

С – 63

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22