

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Невинномысский технологический институт (филиал)**

**ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ**

**Методические указания для лабораторных и практических занятий**

Направление подготовки – 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Невинномысск, 2020

УДК:  
ББК  
С24

Печатается по решению УМС НТИ (филиал)  
Северо-Кавказского федерального  
университета

Рецензенты: доцент кафедры химической технологии, машин и аппаратов химических производств, канд. хим. наук *А.Л. Проскурнин*; начальник отдела технического развития АО «Невинномысский Азот» *А.М. Новоселов*

**Составитель: А.И. Свидченко**

С24 Химико-термическая обработка материалов. Методические указания для лабораторных и практических занятий. / – Невинномысск: Изд-во НТИ (филиал) СКФУ, 2020. – 27 с.

Методические указания подготовлены в соответствии с программой дисциплины «Химико-термическая обработка материалов», разработанной в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки бакалавров. Последовательно изложены основы теории в соответствии с темой занятия, порядок проведения лабораторных работ, перечень вопросов для обсуждения и самоподготовки. Содержит отдельные теоретические вопросы и задания по разделам изучаемого теоретического материала, вынесенным на практические занятия, а также список рекомендуемой литературы [1-8]. Предназначено для получения знаний по дисциплине «Химико-термическая обработка материалов» студентами направления подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

УДК  
ББК

© Свидченко А.И.  
© ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Невинномысский технологический институт (филиал), 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ.....	6
Лабораторная работа №1. Закалка углеродистой стали.....	6
Лабораторная работа № 2. Отпуск закаленной стали.....	15
РАЗДЕЛ 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	20
Практическое занятие №1. Описание назначения и устройства основных частей машины для поверхностного упрочнения материалов.....	20
Практическое занятие №2. Определение состава и группы стали.....	23
ЛИТЕРАТУРА.....	26

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания составлены на современном научном уровне и рассчитаны на студентов, обладающих достаточной подготовкой по разделам дисциплин: физика, химия, механика.

Методические указания составлены для проведения лабораторных и практических занятий курса «Химико-термическая обработка материалов» с учетом требований стандарта третьего поколения ФГОС ВО для подготовки бакалавров направления 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

При подготовке издания учтены основные изменения в программе дисциплины и тенденции ее развития. Последовательность разделов соответствует логической структуре курса. Предлагаемые методические указания состоят из двух разделов, материал которых используется при подготовке и проведении лабораторных и практических занятий. В конце каждого материала занятий представлены вопросы для контроля знаний студента. В результате освоения материала методических указаний по дисциплине «Химико-термическая обработка материалов» ОП студент приобретает следующие компетенции:

*профессиональные:* ПК-15: умеет выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин; ПК-16: умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.

Содержание методических указаний соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования к содержанию дисциплины «Химико-термическая обработка материалов» для студентов направления 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

## ВВЕДЕНИЕ

Приобретаемые компетенции ОП при освоении материала методических указаний – ПК-15, ПК-16. Изучив этот материал, бакалавр будет:

– знать: способы выбора основных и вспомогательных материалов и способов реализации основных технологических процессов и применения прогрессивных методов эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения;

– уметь: использовать оборудование, приспособления и инструменты при изготовлении изделий химической техники; выбирать конструкционный материал на основе анализа их физических и химических свойств и с учетом эксплуатационных требований; использовать справочный материал по выбору конструкционных материалов, теплофизических и физико-химических параметров;

– владеть: способами контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проведения анализа причин нарушений технологических процессов в машиностроении и разработки мероприятий по их предупреждению; методами определения механических и физико-химических свойств конструкционных материалов; способами выполнения металлических и неметаллических неразъемных соединений в химическом аппаратостроении.

Ниже приведены материалы для лабораторных и практических занятий, рассматриваемые по основным темам дисциплины, согласно ФГОС ВО и рабочей учебной программы.

## РАЗДЕЛ 1. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### Лабораторная работа №1. Закалка углеродистой стали

**Цель:** Изучить процесс закалки стали; исследовать влияние массовой доли углерода на закаливаемость стали.

Организационная форма занятия – традиционная

#### Вопросы для обсуждения

1. Основные виды конструкционных сталей.
2. Основные легирующие элементы для сталей.
3. Области применения конструкционных сталей.
4. Способы улучшения свойств конструкционных сталей.
5. Принципы маркировки конструкционных сталей.

#### Методические рекомендации

Для подготовки к проведению лабораторной работы необходимы знания теоретических материалов, связанных с термической обработкой сталей (закалкой), используемых в химическом машиностроении.

*Мартенситное превращение в стали.* Распад аустенита на феррито-карбидную смесь – диффузионный процесс, связанный с перераспределением углерода и железа, т.е. с диффузионным перемещением атомов на значительные расстояния, намного превышающие период решетки аустенита.

При охлаждении углеродистой стали с достаточно большой скоростью (сотни градусов в секунду) аустенит настолько сильно переохлаждается, что не распадается на смесь двух фаз, так как подвижность атомов при сильном охлаждении ниже точки  $A_1$  слишком мала. Но фиксации аустенита при комнатной температуре не происходит, так как в углеродистой стали, начиная с некоторой температуры, может существовать железоуглеродистая фаза, обладающая свободной энергией меньше, чем аустенит. Эта фаза называется мартенситом.

Мартенситное превращение не связано с диффузионным перераспределением углерода и железа в решетке аустенита. Химический состав кристаллов

мартенсита и исходного аустенита одинаков. Мартенсит отличается от аустенита только кристаллической решеткой; у аустенита гранцентрированная решетка  $\gamma$ -железа, а у мартенсита – тетрагональная, близкая объемно центрированной кубической решетке  $\alpha$ -железа.

Таким образом, *мартенсит* является пересыщенным твердым раствором внедрения углерода в  $\alpha$ -железе.

Превращение аустенита в мартенсит при охлаждении начинается и заканчивается при определенных для каждой марки стали температурах – температуре начала ( $M_H$ ) и конца ( $M_K$ ) мартенситного превращения (рисунок 1.1).

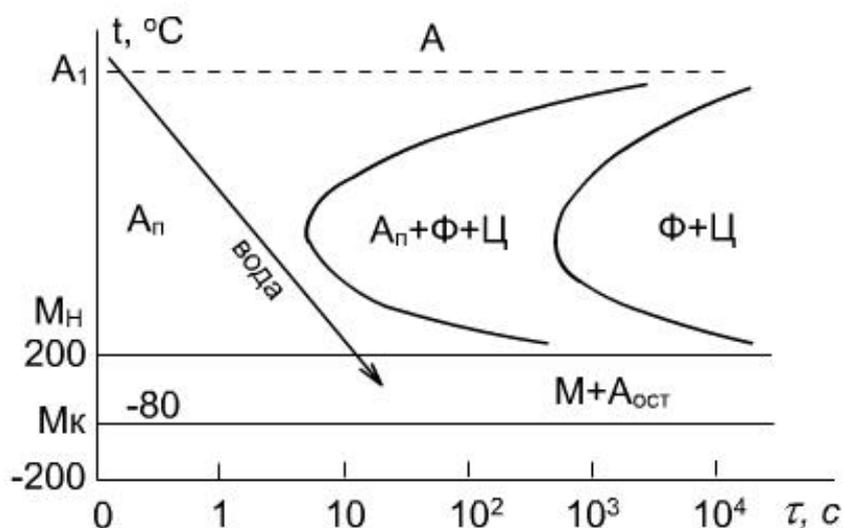


Рисунок 1.1 - Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита эвтектоидной стали: А – устойчивый аустенит,  $A_{п}$  – переохлажденный аустенит,  $A_{ост}$  – остаточный аустенит, М – мартенсит, Ф – феррит, Ц – цементит.

Температура начала мартенситного превращения в отличие от температуры начала перлитного превращения, не зависит от скорости охлаждения. На положение мартенситной точки ( $M_H$ ) влияет содержание углерода в стали, с увеличением которого снижается  $M_H$ . При температуре мартенситной точки  $M_H$  превращение только начинается, появляются первые кристаллы мартенсита. Чтобы мартенситное превращение развивалось, необходимо непрерывно охлаждать сталь ниже мартенситной точки. Если охлаждение приостановить и выдерживать углеродистую сталь при постоянной температуре ниже мартенситной точки  $M_H$ , то образование мартенсита почти сейчас же прекращается. Эта особенность наиболее ярко отличает кинетику мартенситного превращения от

перлитного, которое всегда доходит до конца при постоянной температуре ниже точки  $A_1$  т.е., оканчивается полным исчезновением аустенита.

Мартенситный кристалл (пластина) образуется только в пределах аустенитного зерна и не переходит границу между его зернами. В плоскости шлифа мартенситные пластины, как правило, попадают поперечным сечением и наблюдаются под микроскопом в виде игл. Так как размеры первых пластин мартенсита определяются размерами аустенитного зерна, то все факторы, приводящие к его укрупнению, делают более грубоигольчатым сам мартенсит. Поэтому сильный перегрев стали при закалке дает крупноигольчатый мартенсит.

При закалке на мартенсит углеродистой стали резко возрастает ее твердость и снижается пластичность. Например, твердость эвтектоидной стали в отожженном состоянии равна HB180, а в закаленном – HB650, т.е. примерно в 3,5 раза выше. Высокая твердость углеродистых сталей, закаленных на мартенсит, обусловлена, в первую очередь, возникновением сильных искажений решетки пересыщенного раствора за счет внедрения атомов углерода.

Структура и зависящие от нее механические свойства, металлических сплавов изменяются в результате термической обработки. Существуют различные виды термической обработки, к одному из которых относится закалка, приводящая к существенному изменению структуры и свойств сплавов. Применительно к углеродистым сталям закалка обеспечивает значительное повышение твердости и прочностных характеристик (пределов прочности и текучести).

*Закалкой* называется вид термической обработки, заключающийся в нагреве стали до температуры выше критической точки, выдержке и последующем быстром охлаждении со скоростью не ниже критической.

*Критические точки* – это температуры фазовых превращений. Различают равновесные (теоретические) и фактические критические точки. Равновесные критические точки лежат на линиях диаграмм состояния и показывают температуры фазовых переходов в условиях чрезвычайно медленного изменения температур (нагрева или охлаждения).

Равновесные критические точки углеродистых сталей можно определять по метастабильной диаграмме "железо - цементит". На этой диаграмме равновесные точки, лежащие на линии PSK, обозначаются  $A_1$  и показывают температуру превращения перлита в аустенит при нагреве и обратного превращения при охлаждении. Равновесные точки, находящиеся на линии GS, обозначаются  $A_3$  и показывают температуры окончания растворения феррита в аустените при нагреве и начала его выделения из аустенита при охлаждении. Равновесные точки линии SE обозначаются  $A_{cm}$  и показывают температуры окончания растворения цементита (вторичного) в аустените при нагреве и начала его выделения из аустенита при охлаждении.

Фактические критические точки при нагреве смещаются вверх по температурной шкале и обозначаются аналогично равновесным точкам с добавлением буквы "с", например,  $A_{c1}$ - $A_{c3}$ .

При охлаждении происходит смещение фактических критических точек относительно равновесных в сторону уменьшения температуры, это смещение отмечается буквой "r" ( $A_{r1}$  –  $A_{r3}$ )

Нагрев при закалке производится для перевода всей исходной структуры или определенной ее части в аустенит, который является исходной фазой для получения конечной структуры закаленной стали.

Выдержка необходима для выравнивания температуры по сечению детали и для полного установления необходимого фазового состояния.

Охлаждение при закалке должно производиться со скоростью не меньше критической для того, чтобы предотвратить протекание диффузионных процессов и переохладить весь исходный аустенит до температурного интервала мартенситного превращения.

*Критическая скорость охлаждения* (закалки) – это минимальная скорость охлаждения, при которой предотвращается диффузионный распад переохлажденного аустенита.

*Выбор технологических параметров закалки.* Фактическая скорость печного нагрева определяется температурой, до которой нагрето печное простран-

ство, и массой помещенной в него детали.

Температура закалки определяется исходя из массовой доли углерода в стали и соответствующего ей значения критической точки. Практически критические точки выбирают по справочникам или по диаграмме состояния "железо - цементит".

Температура нагрева при закалке **доэвтектоидных сталей** определяется следующим образом:

$$t_{\text{зак}} = A_{c3} + (30 - 50), \text{ } ^\circ\text{C}$$

*Заэвтектоидные и эвтектоидную* стали нагреваются при закалке до температуры:

$$t_{\text{зак}} = A_{c1} + (30 - 50), \text{ } ^\circ\text{C}$$

Исходя из этого определяется положение оптимального интервала температур закалки углеродистых сталей на диаграмме состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C (рисунок 1.2).

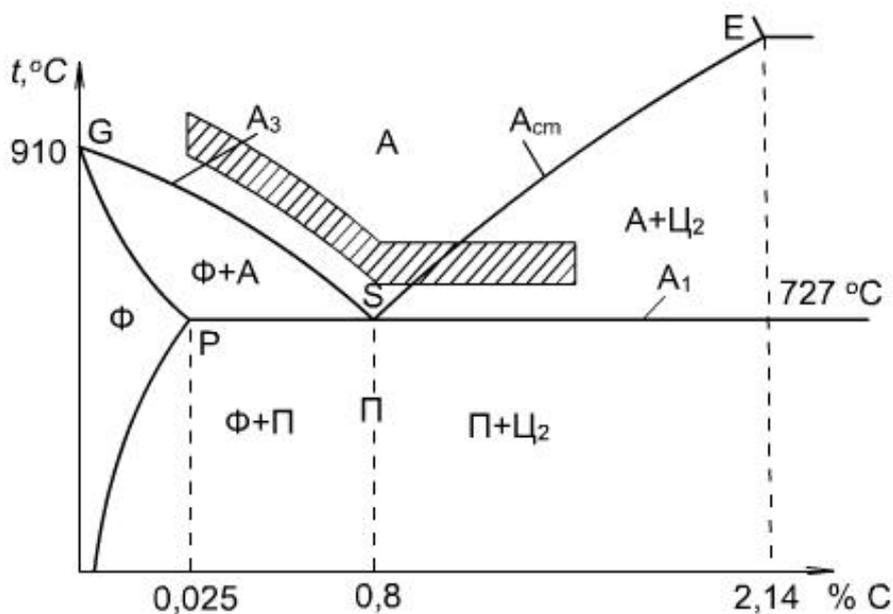


Рисунок 1.2 - Фрагмент диаграммы состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C с нанесенным оптимальным интервалом температур закалки

Продолжительность нагрева и выдержки определяется размерами и конфигурацией деталей и способом их укладки в печи. Она должна быть такой, чтобы прошло выравнивание концентрации углерода в аустените. Обычно общее время нагрева и изотермической выдержки составляет 1 - 1,5 мин на мм наибольшего поперечного сечения.

Охлаждение при закалке должно производиться в такой охлаждающей среде, которая обеспечивает скорость охлаждения не менее критической.

Закалочные напряжения складываются из термических и структурных напряжений. При закалке всегда возникает перепад температуры по сечению изделия. Разная величина термического сжатия наружных и внутренних слоев в период охлаждения обуславливает возникновение термических напряжений.

Мартенситное превращение связано с увеличением объема на несколько процентов. Поверхностные слои раньше достигают мартенситной точки, чем сердцевина изделия. Мартенситное превращение и связанное с ним увеличение объема около 1%, происходит в разных точках сечения изделия не одновременно, что приводит к возникновению структурных напряжений.

Суммарные закалочные напряжения растут с увеличением температуры нагрева под закалку и с повышением скорости охлаждения, так как в обоих этих случаях увеличивается перепад температур по сечению изделия. Наиболее опасным в отношении закалочных напряжений является интервал температур ниже мартенситной точки ( $M_H$ ), так как в этом интервале возникают структурные напряжения и образуется хрупкая фаза мартенсит. Выше мартенситной точки возникают только термические напряжения, причем сталь находится в аустенитном состоянии, а аустенит пластичен. Охлаждающая способность наиболее распространенных закалочных сред увеличивается в следующей последовательности: минеральное масло, вода, водные растворы солей и щелочей.

Углеродистые стали обладают большой критической скоростью охлаждения (закалки) и поэтому для них, как правило, в качестве охлаждающей среды выбирают воду при нормальной температуре.

Закалочное охлаждение эвтектоидной и доэвтектоидных сталей происходит из однофазной аустенитной области, поэтому структура этих сталей после закалки будет представлять мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита.

Заэвтектоидные стали охлаждаются из двухфазной аустенито-цементитной области и структура этих сталей после закалки представляет со-

бой мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита и цементит вторичный.

Температуры критических точек при нагреве сталей и их твердость после закали

Марка стали	Массовая доля углерода, %	Температура, °С		Твердость правильно закаленной стали, HRC
		A <sub>C1</sub>	A <sub>C3</sub>	
<b>Углеродистые конструкционные стали</b>				
20	0,17 – 0,24	735	850	34 – 40
25	0,22 – 0,30	735	835	42 – 48
30	0,27 – 0,35	730	820	48 – 51
35	0,32 – 0,40	730	810	54 – 60
40	0,37 – 0,45	730	790	60 – 62
45	0,42 – 0,50	730	770	
50	0,47 – 0,55	725	760	
55	0,52 – 0,60	725	755	
60	0,57 – 0,65	725	750	
<b>Углеродистые инструментальные стали</b>				
У7	–	725	765	62 – 64
У8 – У13	–	730	–	63 – 65

### **Приборы и материалы**

Прибор для определения твердости, муфельные лабораторные печи, оснащенные приборами для контроля температур, закалочные баки с охлаждающими средами, шлифовальный станок, образцы стали в отожженном состоянии.

### **Методика выполнения работы**

Проведите внешний осмотр образцов, определите их твердость и загрузите в муфельные лабораторные печи. После достижения необходимого температурного режима образцы необходимо опустить в закалочный бак. Охлажденный образец зачищают при помощи шлифовального станка и повторно определяют его твердость.

### **Указания по технике безопасности**

Для безопасного проведения лабораторной работы необходимо:

- соблюдать осторожность при работе с печью, шлифовальным станком, твердомером;
- проводить работу только в присутствии преподавателя;
- выполнять работу в строгом соответствии с методическими указаниями.

### Порядок проведения работы

1. Получите задание для выполнения работы от преподавателя.
2. Выполните задание в соответствии с методикой (см. выше).
3. Составьте отчет о выполненной работе.

### Содержание отчета

В отчете о выполненной лабораторной работе должны содержаться следующие данные:

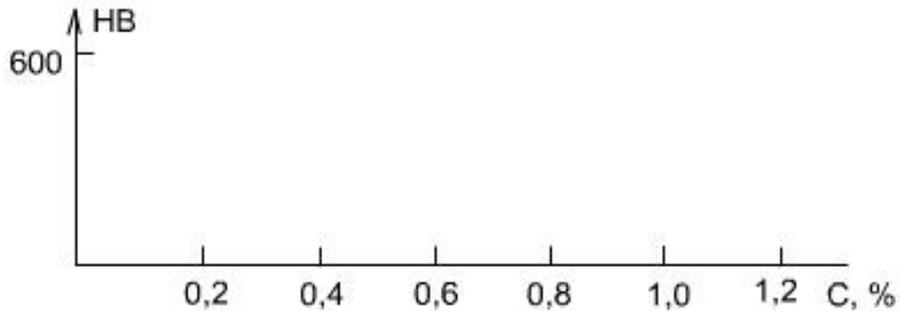
1. Дата проведения работы.
2. Цель работы.
3. Выбор технологических параметров закалки заданных образцов углеродистых сталей в виде таблицы, представленной ниже.

Исходные данные		Режим закалки					
Марка стали	Массовая доля углерода, %	Твердость		Критические точки		Выдержка, мин	Охлаждающая среда
		HRC	HВ				

#### 4. Результаты закалки.

Марка стали	Массовая доля углерода, %	Твердость		Структура
		HRC	HВ	

5. Зависимость твердости закаленной стали от массовой доли углерода.



6. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое закалка?
2. Как изменяются механические свойства в результате закалки?
3. Равновесные критические точки, их смысл и обозначение.
4. Обозначение и отличие фактических критических точек от равновесных.
5. Назначение нагрева, выдержки и охлаждения при закалке.
6. Что такое критическая скорость закалки?
7. От чего зависит и как практически определяется общее время выдержки при закалке?
8. Структура доэвтектоидной закаленной стали.
9. Структура заэвтектоидной закаленной стали.
10. Что такое мартенсит?
11. От чего зависят свойства мартенсита?
12. Основная структурная составляющая закаленной стали.
13. Влияние массовой доли углерода на закаливаемость стали.
14. В чем сущность мартенситного превращения?
15. Почему размер аустенитных зерен влияет на размер пластин мартенсита?
16. Каковы условия получения крупноигльчатого и мелкоигльчатого мартенсита?
17. Чем отличается мартенситное превращение от перлитного?
18. Чем вызывается образование закалочных напряжений?
19. До каких температур нагревают до- и заэвтектоидные стали под закалку?

## **Лабораторная работа № 2. Отпуск закаленной стали**

**Цель:** Практически освоить технологию проведения отпуска и исследовать влияние температуры отпуска на твердость стали.

Организационная форма занятия – традиционная

### **Методические рекомендации**

Закаленная сталь характеризуется по сравнению с другими состояниями максимальными значениями твердости и прочности и минимальными значениями пластичности и вязкости. Кроме того, в результате закалки в стали возникают большие остаточные закалочные напряжения, которые сами по себе, без приложения внешних нагрузок, могут приводить к трещинообразованию и разрушению детали. Поэтому для уменьшения хрупкости и снятия закалочных напряжений закаленные детали подвергают отпуску.

**Отпуском** называется термическая обработка, заключающаяся в нагреве закаленной стали до температуры ниже критической точки  $A_{c1}$ , выдержке и последующем охлаждении.

В зависимости от температуры нагрева различают три вида отпуска:  
низкий отпуск 150 – 250 °С,  
средний отпуск 350 – 450 °С,  
высокий отпуск 500 – 650 °С.

Выбор температуры отпуска зависит от того, в каких условиях будет работать изделие и, следовательно, какими свойствами оно должно обладать.

### **Превращения при отпуске, структура и свойства отпущенной стали**

Основным превращением, происходящим при отпуске является распад мартенсита закалки на феррито-карбидную смесь.

С повышением температуры отпуска увеличивается диффузионная подвижность атомов и, как следствие этого, увеличивается скорость и полнота процесса распада мартенсита. Кроме температуры на превращения при отпуске оказывает влияние время выдержки при температуре нагрева. Однако определяющее воздействие оказывает температура отпуска.

При низком отпуске в результате частичного распада мартенсита закалки образуется **мартенсит отпуска**, в котором наблюдается перераспределение углерода с начальным образованием карбидов. При этом практически не снижается твердость и износостойкость, но снимается часть закалочных напряжений и снижается хрупкость. Низкий отпуск применяется для режущих инструментов и деталей, подвергнутых поверхностной закалке, а также цементированных деталей.

Средний отпуск приводит к завершению распада мартенсита на мелкодисперсную феррито-цементитную смесь, называемую **трооститом отпуска**. Твердость его в пределах HRC40 – 50 для сталей, содержащих 0,45 – 0,8 %С. При этом сохраняются высокие упругие свойства и происходит дальнейшее (относительно низкого отпуска) снятие закалочных напряжений. Средний отпуск применяется для пружин и рессор.

В результате высокого отпуска происходит коагуляция (укрупнение) цементитных частиц и, образуемая при этом феррито-цементитная смесь с более крупными, чем у троостита отпуска цементитными частицами, называется **сорбитом отпуска**. Твердость его находится в пределах HRC15 – 25 для сталей, содержащих 0,40 – 0,60 %С. Эта структура обладает хорошим сочетанием прочности и пластичности. Поэтому высокий отпуск применяется для многих деталей машин (коленчатые и распределительные валы, шестерни и т.п.), работающих в условиях циклических знакопеременных и динамических нагрузок.

Комплекс термической обработки, состоящей из полной закалки и высокого отпуска конструкционных сталей, называется улучшением. Таким образом, отпуск является заключительной термической обработкой, формирующей конечную структуру и придающей изделиям требуемые условиями эксплуатации свойства.

Для достижения этих свойств температуру отпуска необходимо назначать исходя из следующих закономерностей: при повышении температуры отпуска понижаются твердость и прочность и повышаются пластичность и ударная вязкость сталей.

Технология проведения отпуска состоит из нагрева образца до температуры соответствующего отпуска и выдержки при этой температуре. Таким образом, общее время нахождения образца в печи ( $\tau_{\text{общ}}$ ) □ □ определяется:

$$\tau_{\text{общ.}} = \tau_H + \tau_B$$

Данные  $\tau_H$  (время нагрева) и  $\tau_B$  (время выдержки) берутся из табл. 2.

### **Приборы и материалы**

Прибор для определения твердости, муфельные печи, оснащенные приборами для контроля температур, закалочные баки с охлаждающими средами, закаленные образцы из среднеуглеродистой стали.

### **Методика выполнения работы**

Проведите внешний осмотр образцов, определите их твердость и загрузите в муфельные лабораторные печи. После достижения необходимого температурного режима и выдержки печи отключают. Охлажденный образец зачищают при помощи шлифовального станка и повторно определяют его твердость.

### **Указания по технике безопасности**

Для безопасного проведения лабораторной работы необходимо:

- соблюдать осторожность при работе с печью, шлифовальным станком, твердомером;
- проводить работу только в присутствии преподавателя;
- выполнять работу в строгом соответствии с методическими указаниями.

### **Порядок проведения работы**

1. Получите задание для выполнения работы от преподавателя.
2. Выполните задание в соответствии с методикой (см. выше).
3. Составьте отчет о выполненной работе.

### **Содержание отчета**

1. Дата проведения работы.
2. Цель работы.

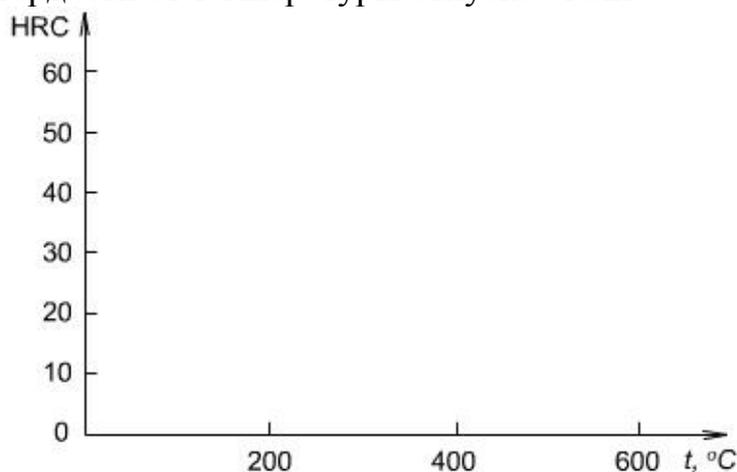
3. Исходные данные образцов и результаты закалки представить в форме таблицы, приведенной ниже.

Марка стали	Массовая доля углерода, %	Диаметр образца, мм	Режим закалки			Результаты закалки	
			$t, ^\circ\text{C}$	Время нагрева мин.	Охлаждающая среда	Твердость HRC	Структура

4. Режим и результаты отпуска закаленной стали.

Вид отпуска	Режим отпуска			Результаты отпуска	
	Температура нагрева, $^\circ\text{C}$	Общее время нагрева, мин.	Охлаждающая среда	Твердость HRC	Структура

5. Зависимость твердости от температуры отпуска стали.



6. Выводы.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое отпуск?
2. Какие причины обуславливают необходимость проведения отпуска?
3. Виды отпуска?
4. Чем определяется выбор температуры отпуска?
5. Основное превращение, протекающее при отпуске?
6. От каких факторов зависят скорость и полнота превращений при отпуске?
7. Структура после низкого, среднего и высокого отпуска?
8. Отличие сорбита отпуска от троостита отпуска?
9. Влияние температуры отпуска на уровень закалочных напряжений?

10. Особенности свойств стали после каждого вида отпуска?
11. Практическое назначение видов отпуска.
12. Влияние температуры отпуска на механические свойства стали.
13. Какие процессы проходят в закаленной стали при ее последующем нагреве до температуры 200 °С?
14. Какие процессы проходят в закаленной стали при ее последующем нагреве до температуры 400 °С?
15. Какие процессы проходят в закаленной стали при ее последующем нагреве до температуры 600 °С?
16. Какой комплекс термической обработки называют улучшением?
17. Для какой группы деталей целесообразно проводить улучшение?

Таблица 1-Температура закалки и твердость закаленных сталей

Марка стали	Массовая доля углерода, %	Температура закалки, °С	Твердость HRC
20	0,17 – 0,24	900 – 920	35 – 40
25	0,22 – 0,30	890 – 910	40 – 42
30	0,27 – 0,35	870 – 890	43 – 45
35	0,32 – 0,40	850 – 870	46 – 48
40	0,37 – 0,45	840 – 860	52 – 54
45	0,42 – 0,50	830 – 850	56 – 58
50	0,47 – 0,55	820 – 840	58 – 60
55	0,52 – 0,60	810 – 830	60 – 62
60	0,57 – 0,65	800 – 820	62 – 64

Таблица 2-Продолжительность нагрева и выдержки при термической обработке

Температура печи, °С	Форма нагреваемых образцов	
	○	□
	Продолжительность (мин.) нагрева и выдержки на 1 мм размера <i>d</i> или <i>a</i>	
900	1,3	1,8
800	1,5	2,0
700	0,7	0,9
600	0,9	1,1
500	1,0	1,2
400	1,1	1,3
300	1,3	1,6
200	1,5	1,8

Примечание:

1. Продолжительность нагрева до температур 200 – 700 °С указана без времени выдержки.
2. Ориентировочно время выдержки при температуре отпуска составляет 0,5 времени нагрева.

## РАЗДЕЛ 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### Практическое занятие №1. Описание назначения и устройства основных частей машины для поверхностного упрочнения материалов

**Цель:** приобретение знаний и умений по анализу назначения и конструкции машин для обработки материалов химической техники.

Организационная форма занятия – традиционная.

Исходя из результатов анализа сущности машин, можно утверждать, что любая машина имеет вполне определенный набор основных функциональных частей (блоков). В данном случае под термином блок понимается часть машины, представляющая собой группу функционально объединенных элементов. Структура – это общее, качественно определенное и относительно устойчивое строение рассматриваемого *объекта* (в данном рассмотрении – машины).

Современные наиболее распространенные машины, выполняющие механическую работу, включают следующие структурные составляющие.

1. Важной частью машины является рабочий (исполнительный) *орган*, которым машина выполняет полезную работу. Утверждается, что все остальные части машины – двигатель, передаточный механизм и устройства управления работой – второстепенны, так как предназначены для того, чтобы рабочий орган мог выполнять необходимые движения и передавать нужные усилия.

Понятие рабочий орган имеет больший объем и содержание, чем понятие орудие. Так, например, рабочим органом токарного станка является шпиндель, на котором установлен патрон для крепления детали, и суппорт, перемещающий резец во время работы. В данном случае орудием работы машины (токарного станка), входящим в состав рабочего органа и непосредственно воздействующим на обрабатываемое тело, является резец.

2. *Двигатель*, приводящий в движение рабочий орган.

3. *Передачный механизм* (трансмиссия) служит для преобразования и передачи движения от двигателя к рабочему органу в машинах механического действия.

4. *Управляющие устройства*, служащие для управления работой машины.

5. Наконец, все вышеперечисленные части машины соединяются воедино. Для этого у каждой машины имеется *рама* (станина или корпус).

Следовательно, в общем, структура любой машины может быть показана в виде блочной схемы (рисунок 2.1).

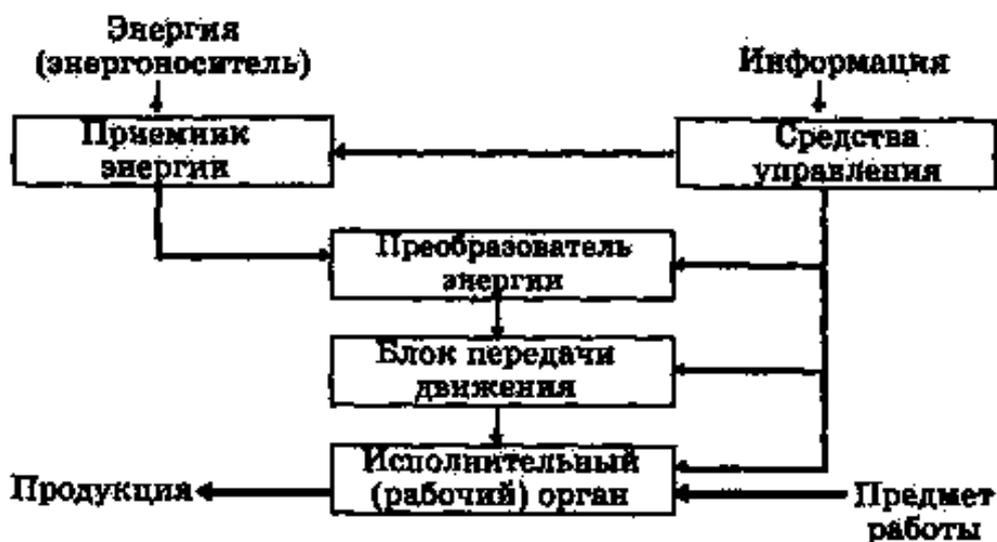


Рисунок 2.1 - Общая структура машины

### ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задание выполняется по вариантам, задаваемым преподавателем (машины для поверхностного упрочнения материалов).

1. Привести эскиз машины с расшифровкой основных частей в соответствии с ее структурой.

2. Привести описание назначения и конструкции машины для поверхностного упрочнения материалов.

### Контрольные вопросы

1. Каково функциональное назначение рассматриваемой машины?
2. Из каких структурных частей состоит машина?

3.Какой вид энергии используется для привода машины в действие?

4.Какой вид передаточного устройства использован в машине?

5.Выполнение каких технологических операций предусмотрено в машине?

6.Что можно было бы улучшить в конструкции рассматриваемой машины?

## **Практическое занятие №2. Определение состава и группы стали**

**Цель:** приобретение знаний и умений по определению состава и группы стали.

Организационная форма занятия – традиционная.

Из углеродистых качественных конструкционных сталей (ГОСТ 1050–74\*) производят прокат, поковки, калиброванную сталь, сталь серебрянку, сортовую сталь, штамповки и слитки. Эти стали являются основным материалом для изготовления таких деталей машин, как валы, шпиндели, оси, зубчатые колеса, шпонки, муфты, фланцы, фрикционные диски, винты, гайки, упоры, тяги, цилиндры гидроприводов, эксцентрики, звездочки цепных передач, т.е. деталей различной степени нагружения. Они хорошо обрабатываются давлением и резанием, лются и свариваются, подвергаются термической, термомеханической и химико-термической обработке. Различные специальные виды обработки обеспечивают вязкость, упругость и твердость сталей, позволяют делать из них детали, вязкие в сердцевине и твердые снаружи, что резко увеличивает их износостойкость и надежность.

Качественные конструкционные стали обладают более высокими механическими свойствами, чем стали обыкновенного качества, за счет меньшего содержания в них фосфора, серы и неметаллических включений. Но они на 10–15% дороже сталей обыкновенного качества, поэтому используются преимущественно для изготовления более нагруженных деталей. По видам обработки их делят на горячекатаную, кованую, калиброванную и серебрянку (со специальной отделкой поверхности). По требованиям к испытанию механических свойств различают пять категорий качественных конструкционных сталей:

1-я – без испытания механических свойств;

2-я – с испытанием механических свойств нормализованных образцов на растяжение и ударную вязкость;

3-я – с испытанием механических свойств нормализованных образцов на

растяжение;

4-я – с испытанием механических свойств термически обработанных образцов (закалка с отпуском) на растяжение и ударную вязкость;

5-я – с испытанием механических свойств нагартованных и термически обработанных образцов (отжиг или высокий отпуск) на растяжение.

Механические свойства рассматриваемых сталей регламентированы ГОСТ 1050–74\*. В зависимости от состояния материала стали выпускаются без термической обработки, термически обработанные (Т) и нагартованные (Н). В соответствии с назначением горячекатаная и кованая стали делятся на подгруппы:

*а* – для горячей обработки давлением;

*б* – для механической обработки резанием на станках;

*в* – для холодного волочения.

Перечисленные сведения указываются в заказе на получение стали от завода-изготовителя.

ГОСТ 1050–74\* предусматривает следующие марки качественных конструкционных сталей; 05кп, 08кп, 08пс, 08, 10кп, 10пс, 10, 11кп, 15кп, 15пс, 15, 18кп, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58 (55пп), 60. В обозначении марки стали цифра указывает на среднее содержание углерода в сотых долях процента. Например, сталь 25 содержит 0,25% углерода (допустимое количество углерода – 0,22 – 0,30%), сталь 60 – 0,60% (допустимое количество – 0,57 – 0,65%). В стали 58 (55пп) буквы означают повышенную прокаливаемость. Степень раскисления в марках спокойных сталей не отражается, а в марках полуспокойных и кипящих сталей, как и сталей обыкновенного качества, обозначается буквами «пс» и «кп» соответственно. В качественных конструкционных сталях всех марок допускается содержание серы не более 0,040% и фосфора – не более 0,035%. На чертежах марку стали обозначают в штампе, например: Сталь 15пс ГОСТ 1050–74\* или Сталь 45 ГОСТ 1050–74\*.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ

Задания выполняются по вариантам, задаваемым преподавателем.

1. Для 2-3 марок конструкционных сталей приведите расшифровку химического состава и определите групповую принадлежность.

2. Назначьте возможные варианты изделий для изготовления из рассматриваемых марок сталей.

3. Назначьте возможные варианты упрочняющей обработки изделий из рассматриваемых марок сталей.

### Контрольные вопросы

1. Что собой представляет сталь как материал химической техники?
2. Какие разновидности сталей известны?
3. Чем отличается конструкционная сталь от других разновидностей?
4. Как установить состав стали?
5. Как установить групповую принадлежность стали?
6. Какие виды упрочняющей обработки конструкционных сталей используют на практике?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Носенко, В. А. Физико-химические методы обработки материалов : учеб. пособие / В. А. Носенко, М. В. Даниленко. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 196 с. : ил. - Гриф: Доп. УМО. - ISBN 978-5-94178-327-4
2. Материаловедение и технология материалов: учебное пособие. / Под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. - М.: ИНФРА-М, 2012.
3. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. Т 1,850 с.
4. Фетисов Г.П. и др. Материаловедение и технология металлов. - М.: Высшая школа, 2002.- 638 с.
5. Лахтин Ю.М., Леонтьев В.П. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. - М.: Машиностроение, 1990. - 528 с.
6. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов вузов. /А.М. Дальский. - М.: Машиностроение, 1992. - 448 с.
7. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению./Под ред. С. Некрасова. - М.: Колос, 1978. - 256 с.
8. Тарасов В.В., Малышко С.Б. Лабораторный практикум по материаловедению. Владивосток – 2003. доступно//<http://www.msun.ru/div/kaf/tm/index.php>.

## **ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ**

### **Методические указания для лабораторных и практических занятий**

Направление подготовки – 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Составитель            *доц. А.И. Свидченко*

Рецензенты            *доц. А.Л. Проскурнин, доц. А.М. Новоселов*

Редактор

---

Подписано в печать	20	г.	Формат	60 x 84	1/16
Уч.-изд. л.	Усл. печ. л.		Тираж	Заказ №	
Невинномысский технологический институт (филиал)					
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»					

---

Отпечатано в типографии НТИ  
357108, г. Невинномысск, ул. Гагарина, 1