



**«Технология конструкционных
материалов и материаловедение»**

Лабораторная работа №8

2015

Лабораторная работа №8

ЗАКАЛКА СТАЛИ

Цель работы - ознакомиться с практикой закалки стали и изучить влияние химического состава и охлаждающей среды на структуру и свойства стали после термической обработки.

Приборы и материалы:

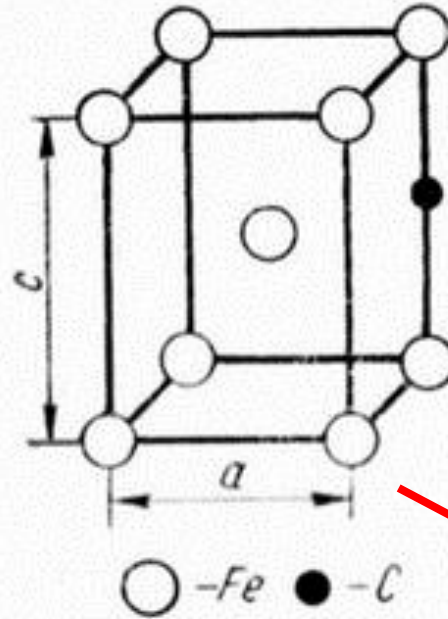
1. Образцы углеродистой стали 40 и легированной 40X в отожженном состоянии.
2. Твердомер Роквелла.
3. Металлографический микроскоп.
4. Лабораторная электропечь.
5. Ванны для закалки с водой и маслом.
6. Микрошлифы сталей 40 и 40X в исходном отожженном состоянии и после нагрева выше A_{c3} с последующим охлаждением в различных средах (в воде, масле, на воздухе).



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

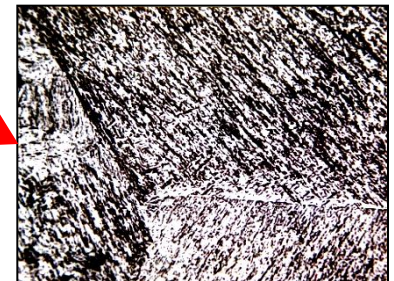
Закалка - это термическая обработка, которая заключается в нагреве стали выше критических температур, выдержке при этих температурах и охлаждении со скоростью выше критической.

Цель закалки – получение мартенситной структуры с равномерным распределением углерода и обеспечение повышения твёрдости и прочности.



Кристаллическая ячейка мартенсита

Мартенсит - это пересыщенный твердый раствор внедрения углерода в Fe_{α} .

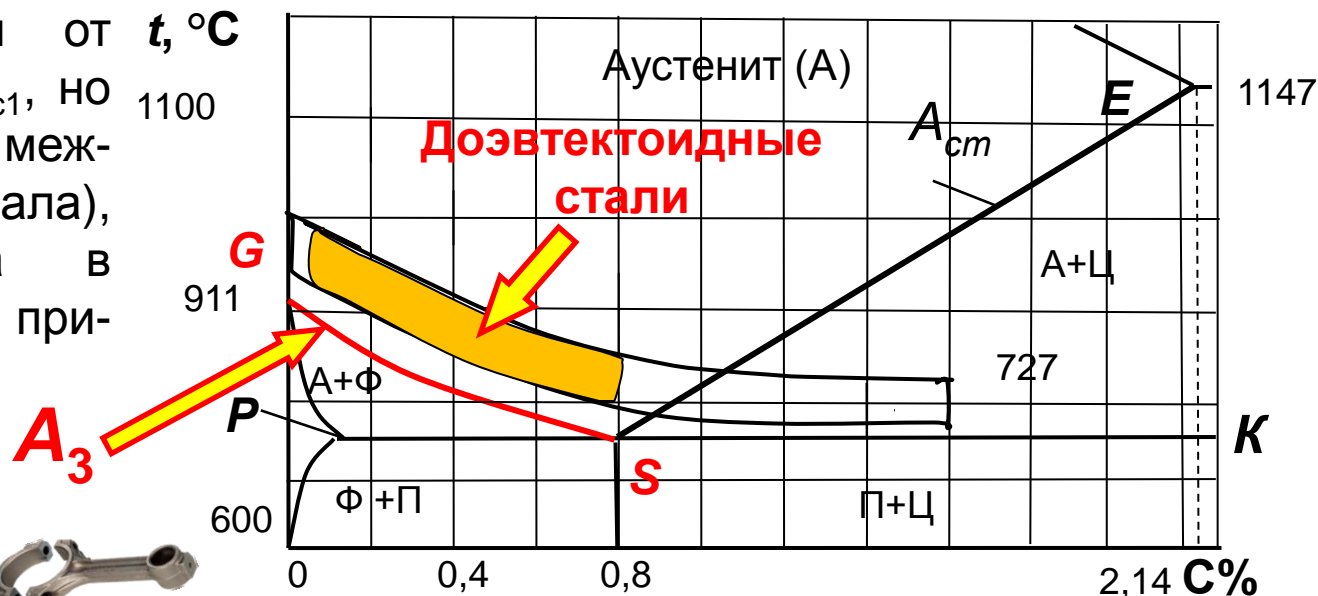
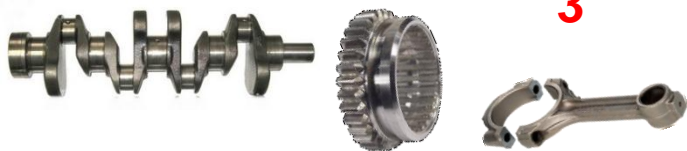


Для процесса закалки необходимо выбрать нагревательную среду, температуру нагрева, время выдержки при этой температуре и охлаждающую среду.

ВЫБОР ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ДОЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ

Температура нагрева под закалку зависит от химического состава стали и определяется положением критических точек A_{c1} и A_{c3} . **Доэвтектоидные стали** для закалки следует нагревать до температуры на **50-60 °С выше A_{c3} (выше линии GS)**.

В случае закалки от температур выше A_{c1} , но ниже A_{c3} (с межкритического интервала), кроме мартенсита в структуре будет присутствовать феррит.

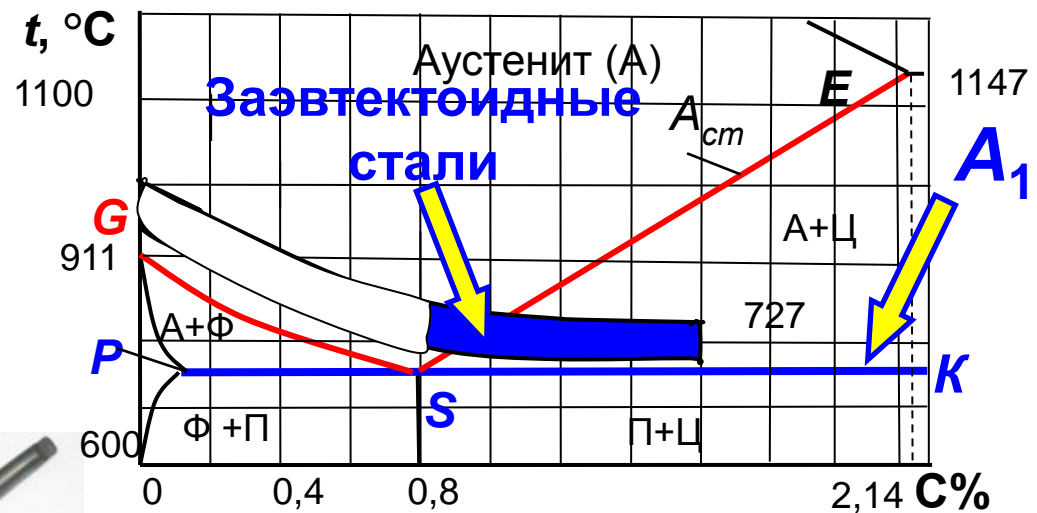


Феррит снижает твердость и прочность стали, вследствие этого закалку доэвтектоидных сталей от температур, соответствующих интервалу (A_{c1} - A_{c3}) не используют. Закалке подвергают детали, содержащие $> 0,3\%$ углерода. С меньшим содержанием углерода – незакаливающиеся стали!

ВЫБОР ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ЗАЭВТЕКТОИДНЫХ СТАЛЕЙ

Заэвтектоидные стали под закалку нагревают до температуры на **50-60 ° C** выше A_{c1} (линия **PSK**). После закалки образуется структура мартенсита с некоторым количеством вторичного цементита.

Присутствие цементита в структуре закаленной заэвтектоидной стали повышает ее твердость и износостойкость, что необходимо для инструментальных сталей.



Заэвтектоидные стали нецелесообразно нагревать выше температуры A_{c3} , так как это приводит к росту зерна аустенита, растворению вторичного цементита, возникновению закалочных напряжений, интенсивному окислению и обезуглероживанию поверхности детали,.

ВРЕМЯ ВЫДЕРЖКИ ПРИ ЗАКАЛКЕ

Чтобы избежать окисления и обезуглероживания поверхности детали нагрев необходимо производить в **защитных газовых средах** (контролируемые атмосферы), **соляных ваннах, расплавленном металле, в вакууме.**

Выдержка детали в печи или ванне τ , необходимая для прогрева массы металла и завершения фазовых превращений, зависит от среды, в которой происходит нагрев, размеров детали, состава стали.



$$\tau = d \cdot 1 \text{ мин}$$

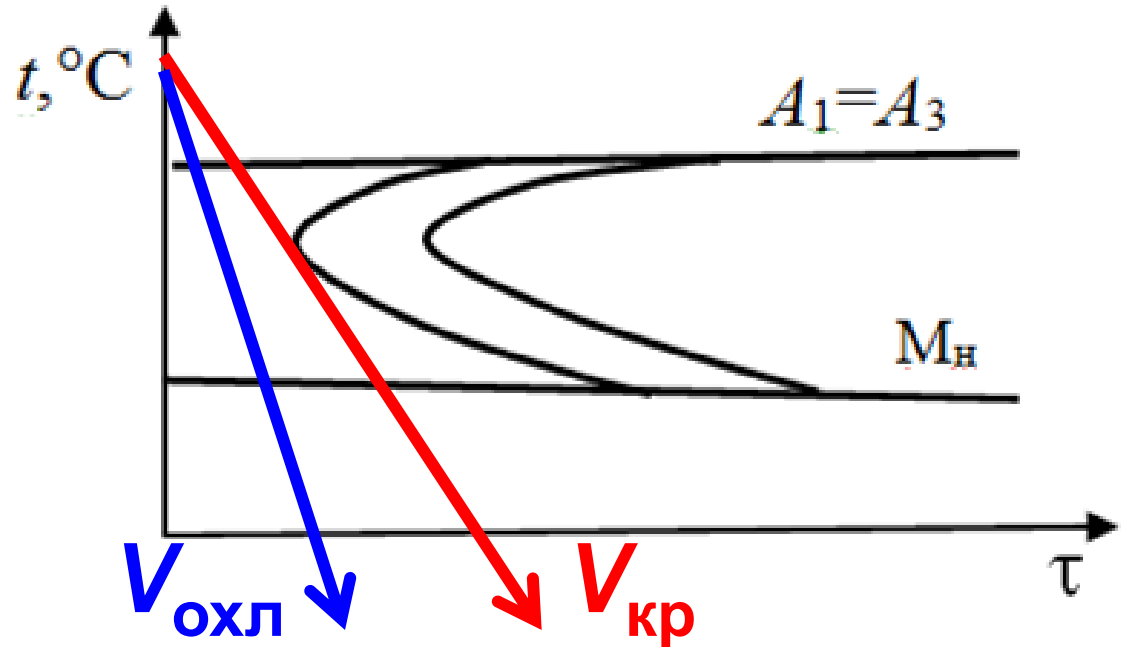
Продолжительность выдержки в газовой среде (воздухе) можно определить из расчета **1 минута на 1 мм толщины или диаметра детали.**

Соотношение выдержек в различных нагревательных средах примерно следующее: если принять время выдержки в газовой среде 1, то в расплавленных солях она равна 0,5, в расплавленных металлах - 0,25.

ВЫБОР СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ

Скорость охлаждения при закалке должна быть такой, чтобы обеспечить формирование мартенсита и не вызвать больших закалочных напряжений, которые могут привести к образованию трещин или к деформации детали.

Для получения мартенситной структуры по всему сечению детали необходимо, чтобы скорость охлаждения и поверхности и сердцевины $V_{охл}$ была выше критической $V_{кр}$.

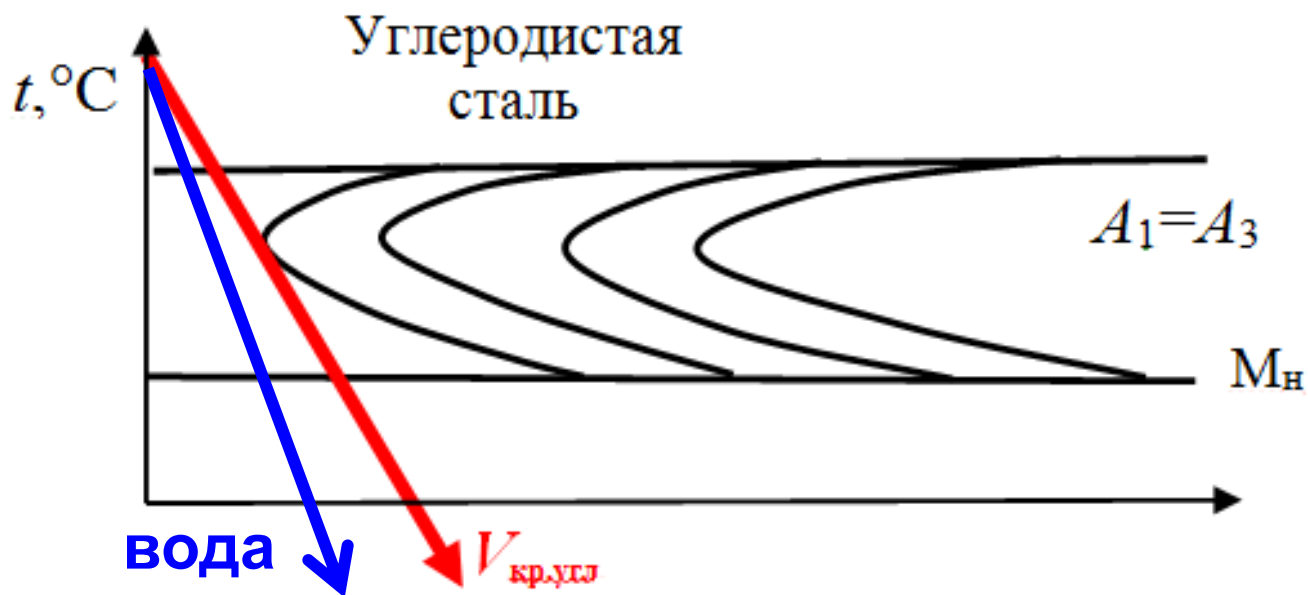


В противном случае в поверхностном слое и в сердцевине детали после закалки будет различная структура, а следовательно, и разные свойства.

ВЫБОР СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Критическая скорость охлаждения, необходимая для получения мартенсита, обусловлена химическим составом стали. Чем больше легирующих элементов содержит сталь, тем меньше ее критическая скорость охлаждения, и тем легче получить мартенсит при закалке.

В качестве охлаждающей среды чаще всего используют **воду**, водные растворы солей и щелочей, минеральное **масло**.

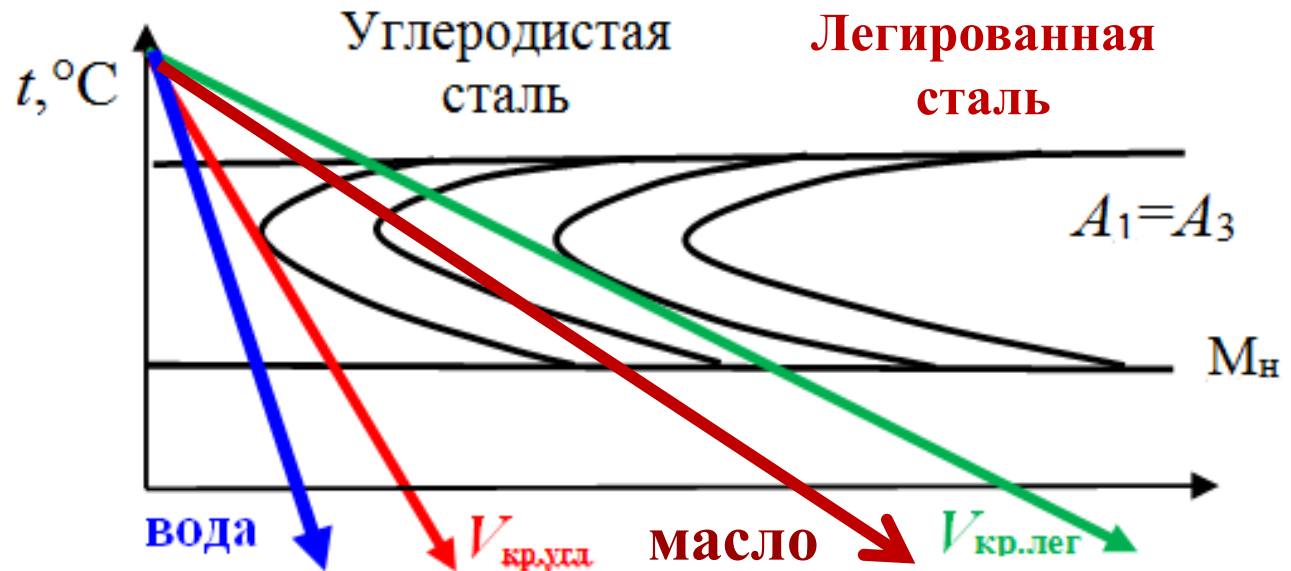


Углеродистые стали имеют высокую критическую скорость ($V_{кр.угл}$), поэтому их охлаждают в **воде** — очень интенсивном охладителе.

ВЫБОР СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Легированные стали имеют меньшую критическую скорость охлаждения ($V_{кр.лег}$) по сравнению с углеродистыми ($V_{кр.угл}$). Поэтому легированные стали следует закаливать в масле.

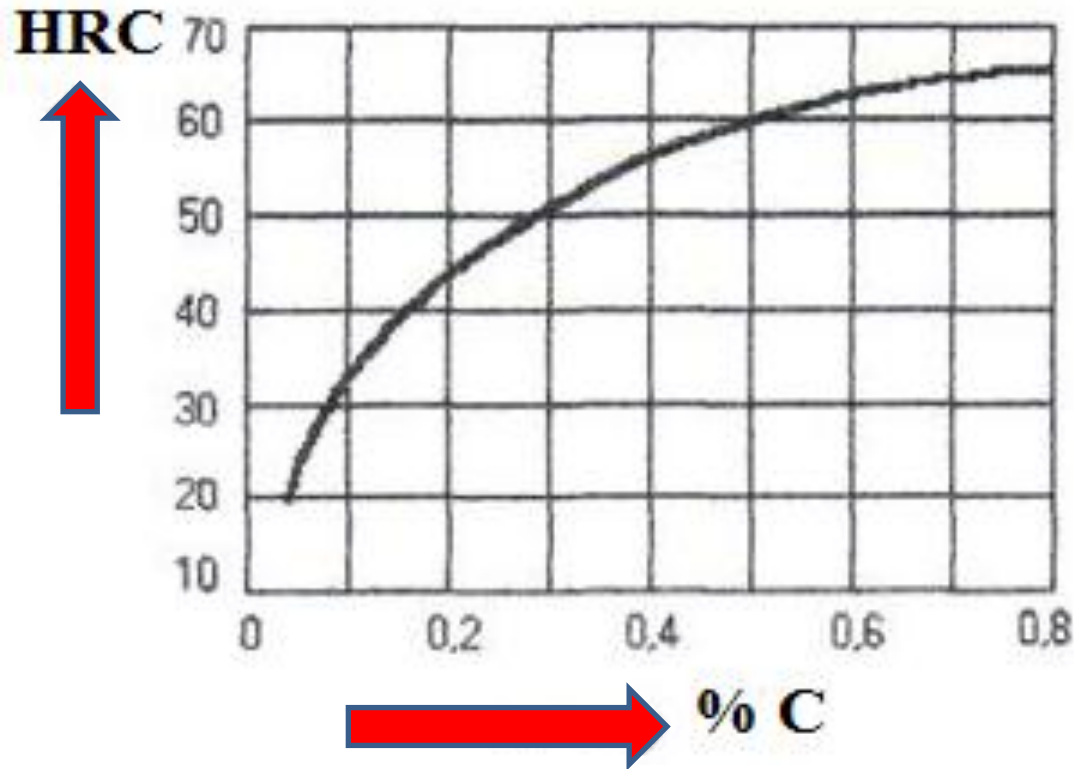
Скорость охлаждения в масле для легированных сталей с меньшей $V_{кр}$ обеспечивает получение мартенсита.



Охлаждение в масле способствует также снижению закалочных напряжений.

ТВЁРДОСТЬ МАРТЕНСИТА

Твердость мартенсита, полученного при закалке, определяется количеством углерода в стали: чем больше углерода в мартенсите, тем выше его твердость.

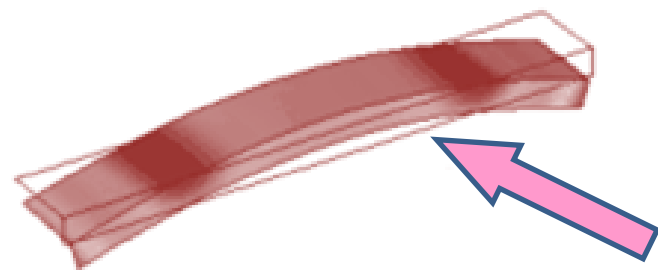
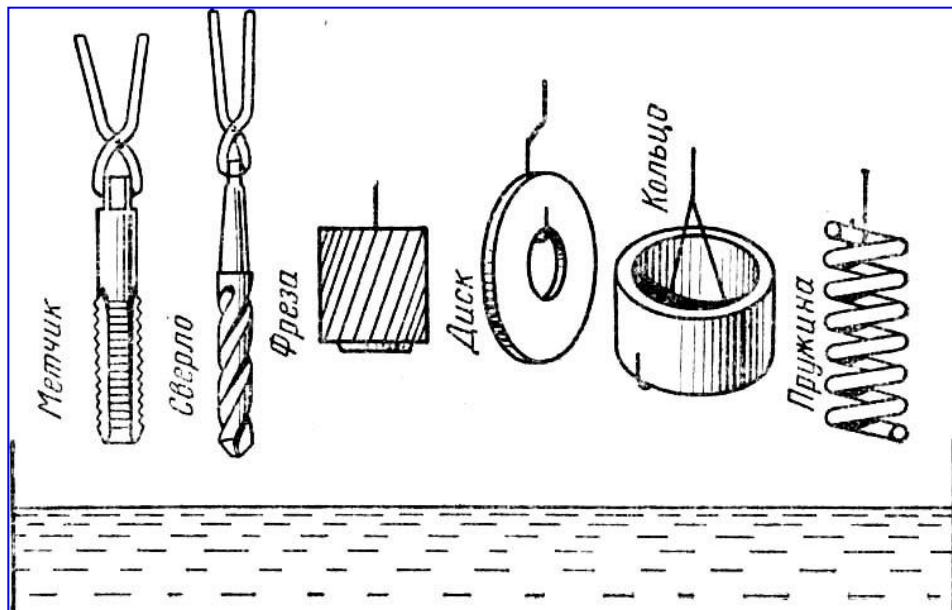


Стали с содержанием углерода менее 0,3% имеют низкую твердость и являются незакаливаемыми.

ДЕФЕКТЫ ЗАКАЛКИ

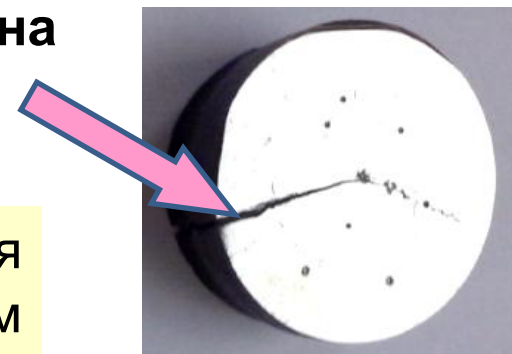
Для того, чтобы избавиться от остаточного аустенита, закаленные изделия следует охлаждать до температуры ниже M_k . Такая обработка называется **обработкой холодом**.

К основным дефектам при термической обработке относятся: недостаточная твердость; завышенная твердость; **коробление** и **образование трещин**; окисление и обезуглероживание.



Коробление

Закалочная трещина



Чтобы не допустить коробления длинные изделия нагревают и охлаждают в вертикальном положении.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1) На каждую группу из 3-4 студентов получить образцы сталей 40 и 40Х в отожженном состоянии.

2) Используя справочник, ознакомиться с химическим составом сталей 40 и 40Х, выбрать для них температуру нагрева под закалку, определить время выдержки при температуре нагрева.

3) Измерить твердость образцов для закалки.

4) Изучить микроструктуру образцов обеих сталей.

5) Загрузить по три образца каждой стали в печь, нагретую до необходимой температуры, и выдержать при этой температуре нужное время.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

6) Охладить по одному образцу каждой стали в воде, масле и на воздухе. Следует иметь в виду, что термообработка с охлаждением на воздухе - это нормализация, а не закалка, и используется в данной работе для оценки влияния охлаждающей среды на структуру и свойства.

7) Измерить твердость термообработанных образцов.

8) Изучить микроструктуру термообработанных образцов с помощью металлографического микроскопа.

9) Оформить отчет о работе.

ОТЧЁТ О РАБОТЕ

Отчёт о работе должен включать:

- 1) Цель работы.
- 2) Краткое изложение теоретических основ работы.
- 3) Данные о твердости сталей 40 и 40Х в исходном состоянии и после термической обработки, внесенные в табл. 1.
- 4) Схематическое изображение микроструктуры сталей различных марок в отожженном состоянии и после термической обработки по разным режимам.
- 5) Анализ влияния охлаждающей среды на структуру и свойства сталей различных марок.
- 6) Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что такое закалка стали?
- 2) До каких температур необходимо нагревать под закалку доэвтектоидные и заэвтектоидные стали и почему?
- 3) Какие нагревательные среды используются при нагреве под закалку?
- 4) Как определить время выдержки при нагреве под закалку?
- 5) Что такое мартенсит?
- 6) Что такое критическая скорость охлаждения?
- 7) Какие охлаждающие среды используют для закалки стали?

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1) Изучить оборудование для термической обработки.

2) Ознакомиться с современными охлаждающими средами.

3) Изучить дефекты закалки.

4) Привести существуют специальные способы закалки.

