

# ЛЕКЦИЯ №12-13

## Термическая обработка металлов

### План лекции:

1. Основы термической обработки.
2. Отжиг.
3. Закалка.
4. Отпуск.
5. Нормализация.
6. Криогенная обработка.

# 1. Основы термической обработки металлов

**Термическая обработка металлов – это основа всей металлообрабатывающей промышленности. Именно эта отрасль позволяет создавать различные сплавы с уникальной структурой и физическими свойствами.**



Под термином **термической обработки металлов** понимают процесс изменения структуры стали и металлических сплавов за счет воздействия на них температуры.



Путем термической обработки стали можно придавать ей различные свойства: сделать стальное изделие хрупким и твердым или, наоборот, мягким и пластичным.



Термообработке могут подвергаться цветные металлы, сплавы или сталь различной категории.

В зависимости от выбранного режима нагрева, вида термической обработки и температуры охлаждения можно получить абсолютно уникальную структуру и свойства материала.



Нагрев и последующее охлаждение с определенной скоростью и при определенных условиях устанавливается отдельно, исходя из свойств и структуры исходного металла.



# **Виды термической обработки:**

- Отжиг;
- Закалка;
- Отпуск;
- Нормализация;
- Криогенная обработка.

## 2. Отжиг

**Отжиг** – термическая обработка, в результате которой металлы или сплавы приобретают структуру, близкую к равновесной.



## *Цели отжига:*

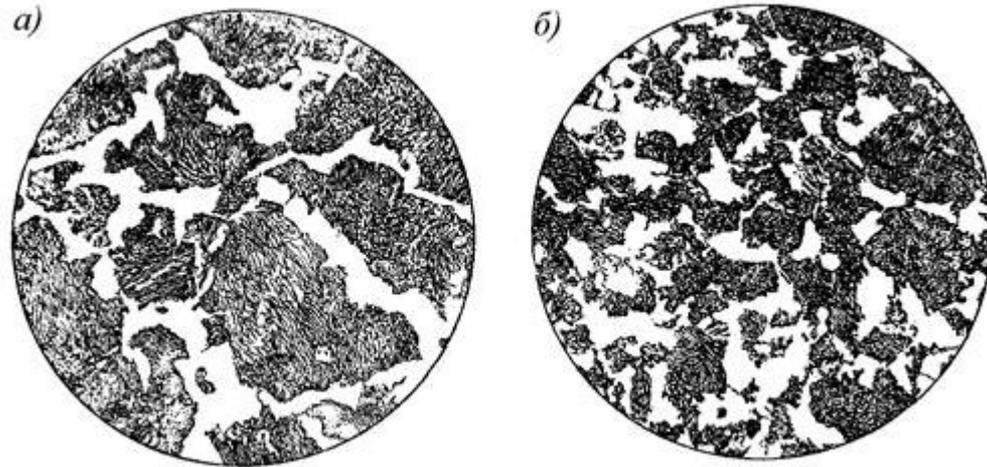
- снятие внутренних напряжений;
- устранение структурной и химической неоднородности;
- снижение твердости и улучшение обрабатываемости;
- подготовка к последующей операции термообработки.



Отжиг заключается в нагреве изделий до определенной температуры, выдержке их при данной температуре с последующим медленным охлаждением **вместе с печью**. При этом заготовки или изделия получают устойчивую структуру без остаточных напряжений.



# Микроструктура стали ДО и ПОСЛЕ отжига



Микроструктура стали 45 до отжига (а) и после отжига (б)

### 3. Закалка.

**Закалка** – заключается в нагревании стального изделия до определенной температуры, **выдержки и быстром охлаждении.**





*Цель закалки* состоит в том, чтобы зафиксировать при более низкой температуре высокотемпературные структурные составляющие или продукты их распада.

Закалку применяют для **повышения твердости, прочности и износостойкости.**

Скорость охлаждения зависит от охлаждающей среды.

Распространенной охлаждающей жидкостью является **вода**. Кроме воды, для охлаждения при закалке применяют ряд растворов, **масло**, **расплавленный свинец** и др.



Сталь различного состава при одинаковом режиме закалки имеет неодинаковую толщину закаленного слоя. В изделиях большой толщины скорость охлаждения внутренних и поверхностных слоев различна.

Способность стали закаливаться на большую или меньшую глубину называется **прокаливаемостью**.  
Наименьшей прокаливаемостью обладают углеродистые стали.



Охлаждение в масляной ванне

## Способы закалки:

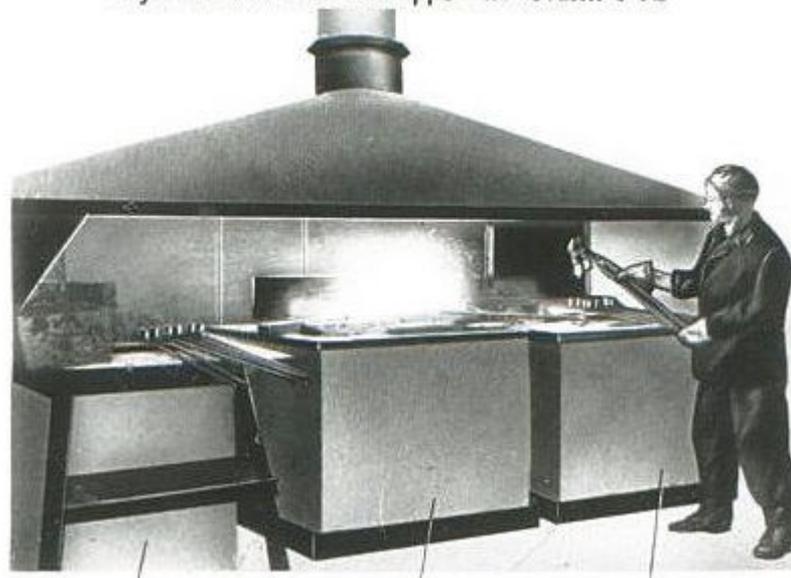
1. **Закалка в одном охладителе** — нагретую до определённых температур деталь погружают в закалочную жидкость, где она остаётся до полного охлаждения. Этот способ применяется при закалке несложных деталей из углеродистых и легированных сталей.



**2. Прерывистая закалка в двух средах –**  
этот способ применяют при закалке  
высокоуглеродистых сталей.

Деталь сначала быстро охлаждают в  
быстро охлаждающей среде (например  
воде), а затем в медленно охлаждающей  
(масло).

Ступенчатая закалка фрез из стали P18





**3. Струйная закалка** заключается в обрызгивании детали интенсивной струёй воды и обычно её применяют тогда, когда нужно закалить часть детали. При этом способе не образуется паровая рубашка, что обеспечивает более глубокую прокаливаемость, чем простая закалка в воде.

Такая закалка обычно производится в индукторах на установках ТВЧ (токи высокой частоты).

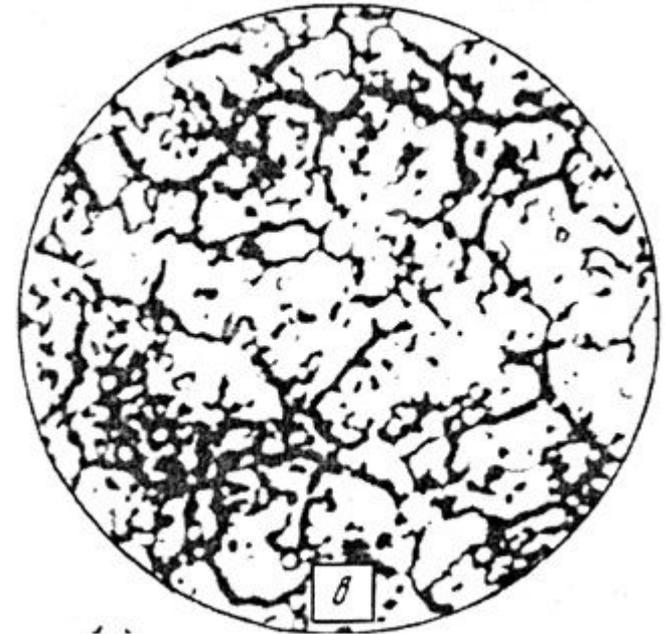
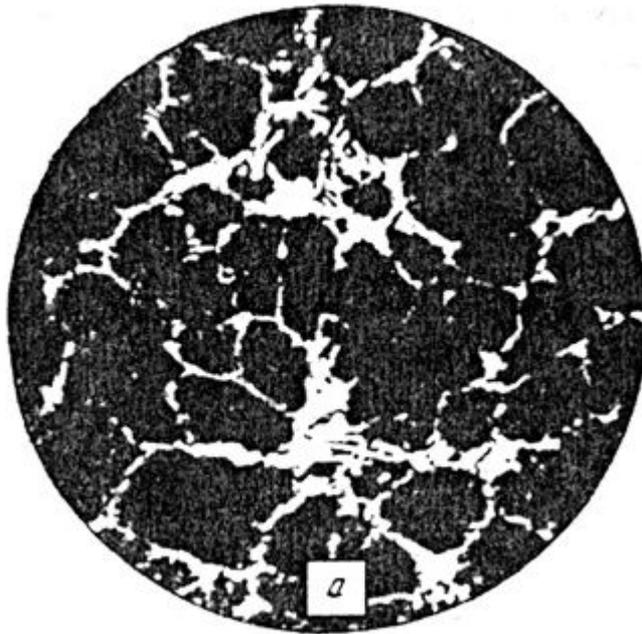


Установка ТВЧ  
для закалки

# Струйная закалка



\_mp4.avi



Микроструктура быстрорежущей стали:  
а) литое состояние; б) после закалки

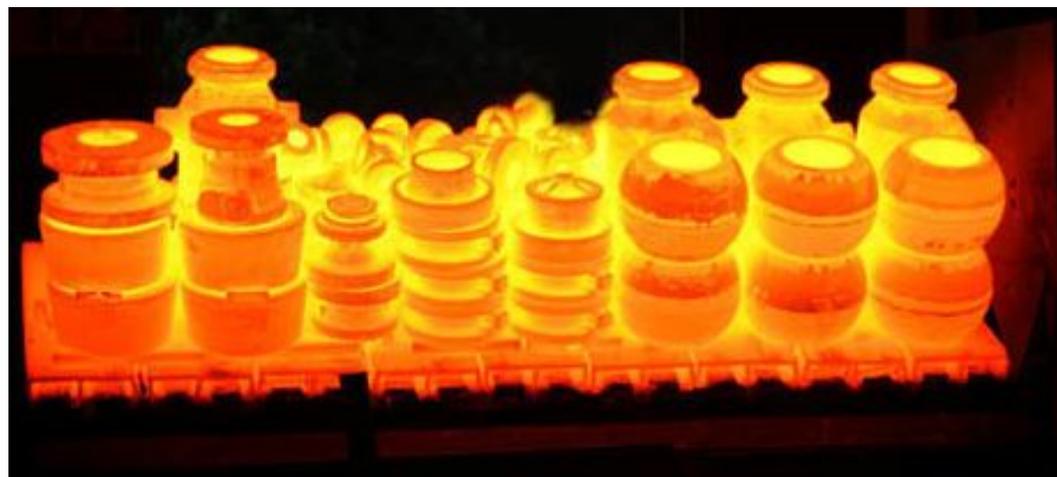
## 4. Отпуск

**Отпуск** – заключается в нагреве закаленной стали до определенной температуры (ниже  $723^{\circ}\text{C}$ ), выдержке при этой температуре и охлаждении; проводится сразу после закалки.



Закалка и последующий отпуск при высокой температуре называют **термическим улучшением.**

При этом механические свойства стали становятся наиболее высокими.





Отпуск проводят с *целью* получения более высокой пластичности и снижения хрупкости материала при сохранении приемлемого уровня его прочности. Для этого изделие подвергается нагреву в печи до температуры от 150—260 °С до 370—650 °С с последующим медленным остыванием.

Термическую обработку легированных сталей производят с учетом влияния легирующих элементов.

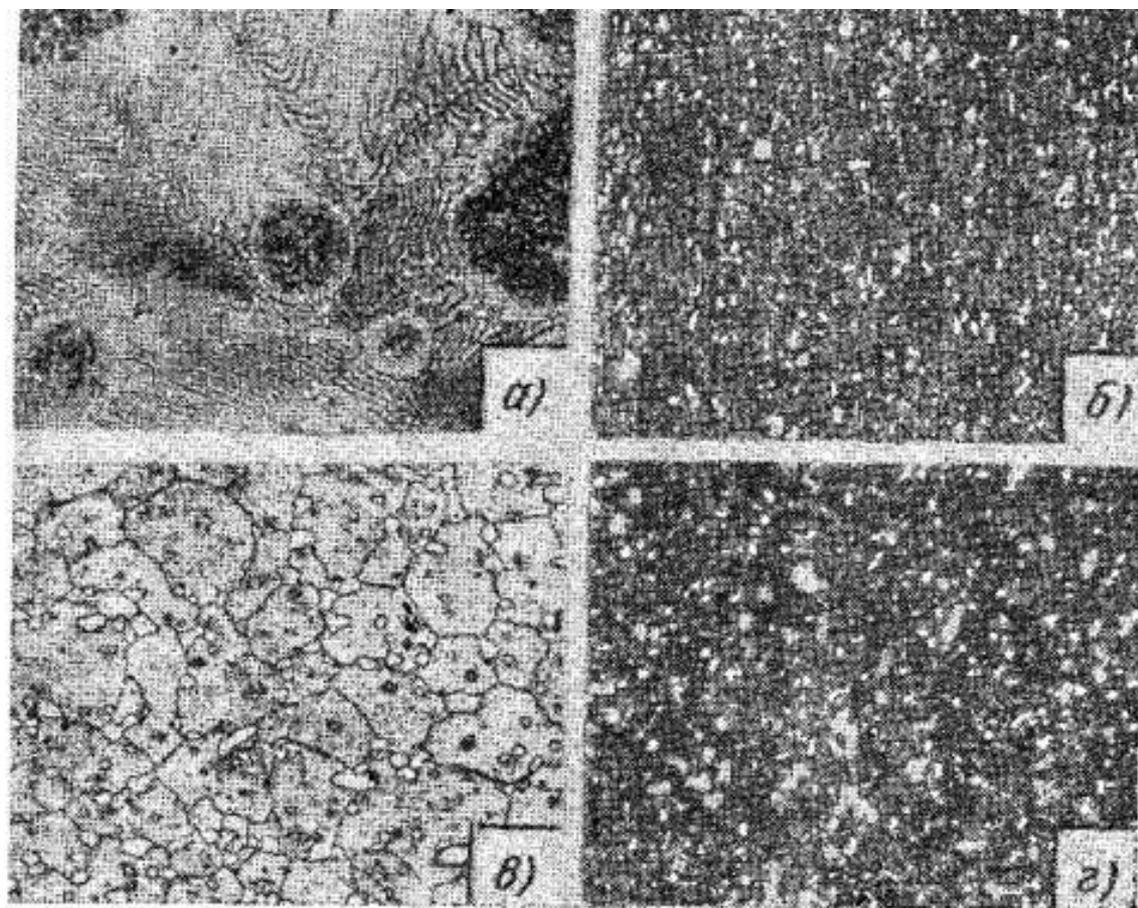


Рис. 165. Микроструктура быстрорежущей стали:  
*a* — литая;  $\times 900$ ; *b* — отожженная; *v* — после закалки; *g* — после закалки  
и отпуска;  $\times 500$

## 5. Нормализация

**Нормализация** (нормализационный отжиг) — вид термической обработки, заключающийся в нагреве до определённой температуры, выдержке и последующем охлаждении на спокойном воздухе



Часто нормализацию используют для подготовки стали к закалке.

Нормализация обеспечивает большую производительность и лучшее качество поверхности при обработке резанием



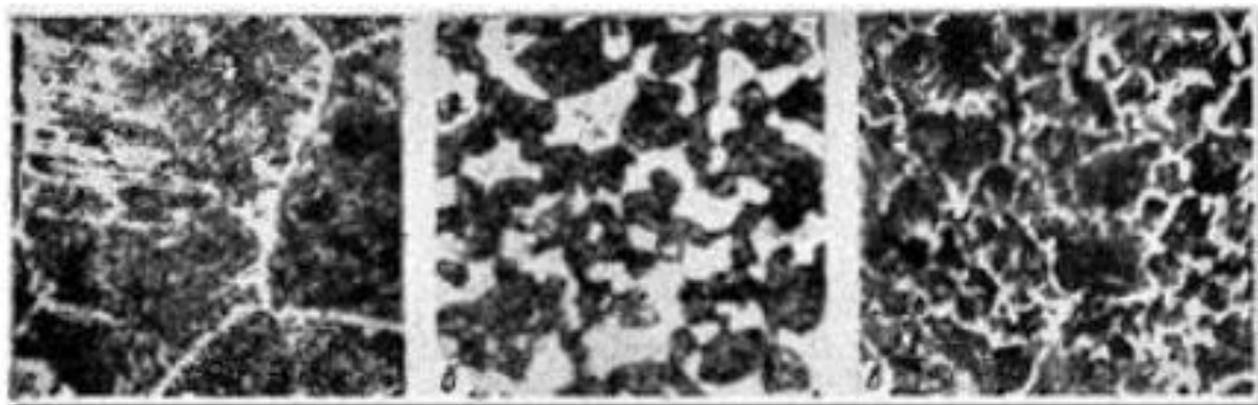


Рис. 13.10. Структура стали: а - после ковки;  
б - после полного отжига; в - после  
нормализации

## 6. Криогенная обработка или обработка холодом

Чтобы повысить механические свойства стали ее обрабатывают холодом. Сталь охлаждают в специальных холодильных установках до температуры от -20 до 100 с выдержкой около 1,5 часов.



Охлаждающими жидкостями являются: жидкий воздух, азот, смесь твердой углекислоты с денатурированным спиртом.

После выдержки производят отпуск. В результате такой обработки твердость изделия значительно повышается, улучшается его износостойчивость.

Обработку холодом применяют главным образом для режущих инструментов.

