

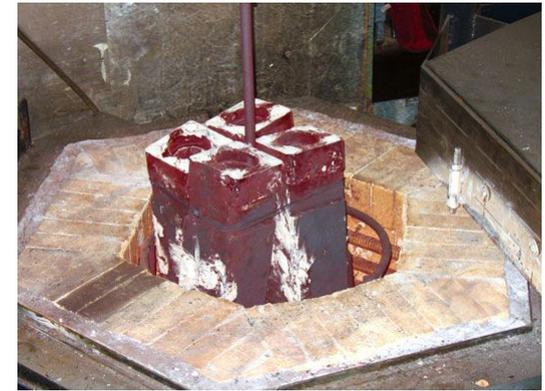


# Химико-термическая обработка углеродистых сталей

Дисциплина: «Технология конструкционных материалов и материаловедение»  
доц. каф. «Технология машиностроения», к.т.н. Джелялов С. И.

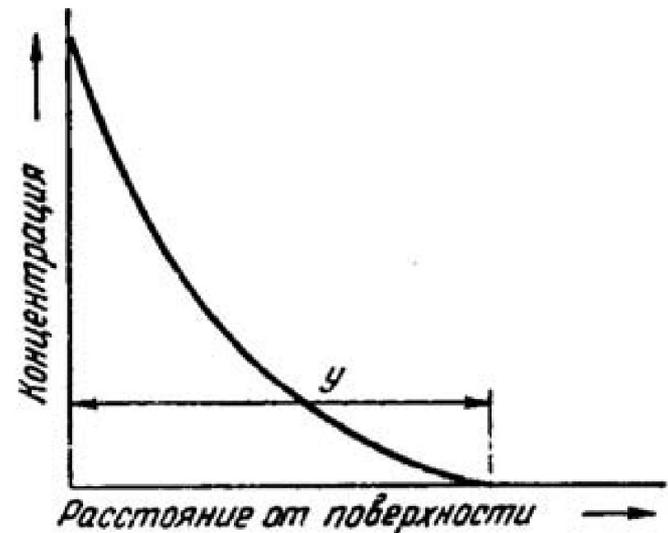
## Химико-термическая обработка (ХТО)

поверхностный способ упрочнения деталей, способствующий формированию твердой и прочной поверхности и сохранению мягкой, вязкой сердцевины изделия.



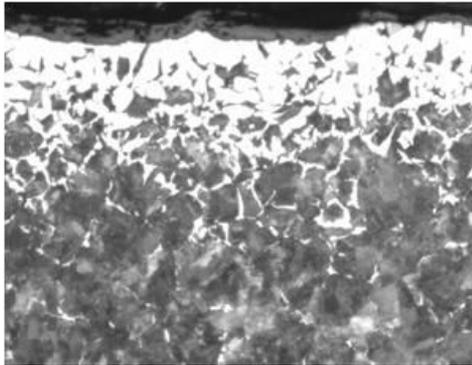
### Этапы ХТО:

- **1. Диссоциация:** распад молекул и образование активных атомов диффундирующего элемента, например  $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ ;
- **2. Абсорбция:** происходит на границе раздела металла состоит в поглощении (растворении) активных атомов поверхностью металла.
- **3. Диффузия** – проникновение элемента вглубь металла. В результате на поверхности металла образуется диффузионный слой с большой концентрацией насыщающего элемента, которая при удалении от поверхности убывает



# Химико-термическая обработка характеризуется:

- **Толщиной слоя** (глубиной проникновения элемента) – прямая зависимость от времени выдержки;



- **Диффузионным перемещением атомов в металлах:**  
**самодиффузией** (не меняет концентрацию) **и**  
**гетеродиффузией** (осуществляется от мест с высокой концентрацией к местам с низкой):
- **Продолжительностью насыщения.**

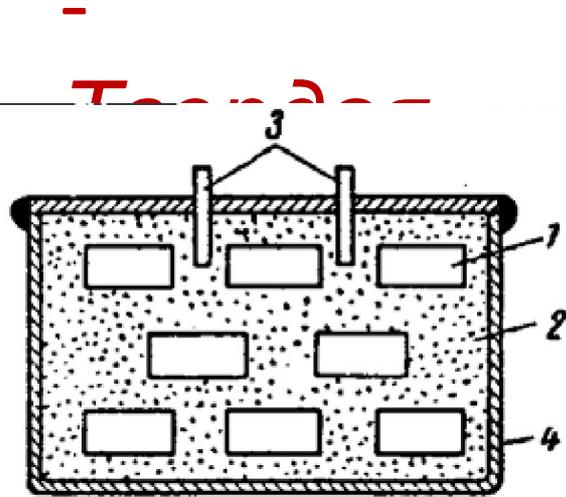
# Виды ХТО:

## 1. Цементация стали —

поверхностное диффузионное насыщение малоуглеродистой стали углеродом с целью повышения твёрдости, износоустойчивости.

**Цель:** поверхностное насыщение малоуглеродистой стали (обычно до 0,2% C) углеродом, в результате чего получают высокоуглеродистый поверхностный слой. Сердцевина при этом сохраняет низкое содержание углерода. После термической обработки (закалка) в таком изделии получают твёрдую поверхность и вязкую сердцевину.

# Виды цементации:



- 1 - цементируемые детали;
- 2 - карбюризатор;
- 3 - контрольные образцы;
- 4 - ящик.

Параметры процесса:

-рабочая температура выше  $A_3$ ,  
( $930-950^{\circ}\text{C}$ ) с целью довести  
растворение углерода в  
аустените до максимального  
содержания;

-продолжительность процесса  
связана с длительностью  
прогрева (достигает неск.  
десятков часов)

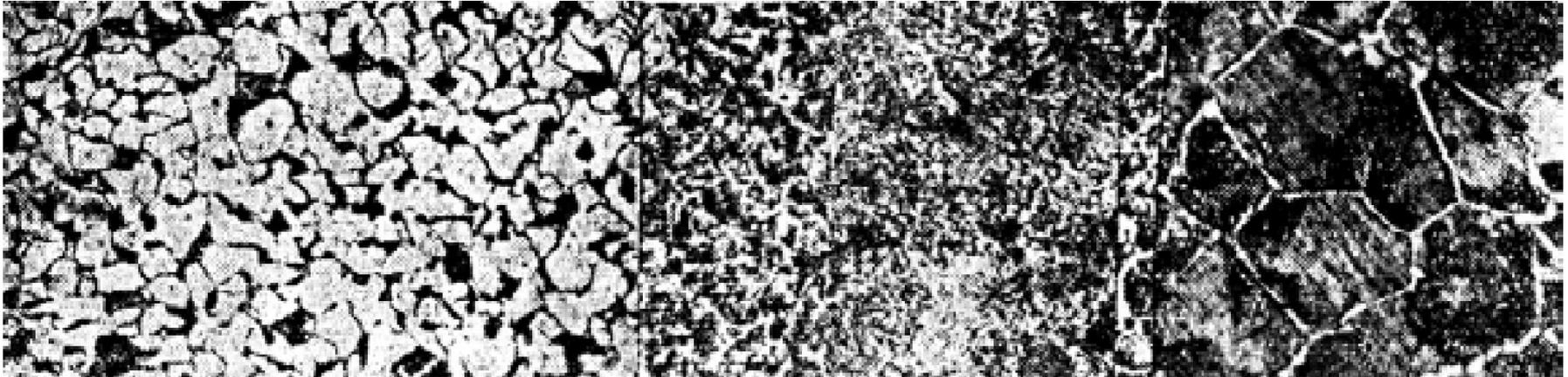
**Карбюризатор:** древесный уголь; **активизаторы**  $\text{BaCO}_3$  или  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .  
**Температура** процесса.

# Строение цементованной зоны

Ф + П

П

П + Ц



доэвтектоидная  
зона

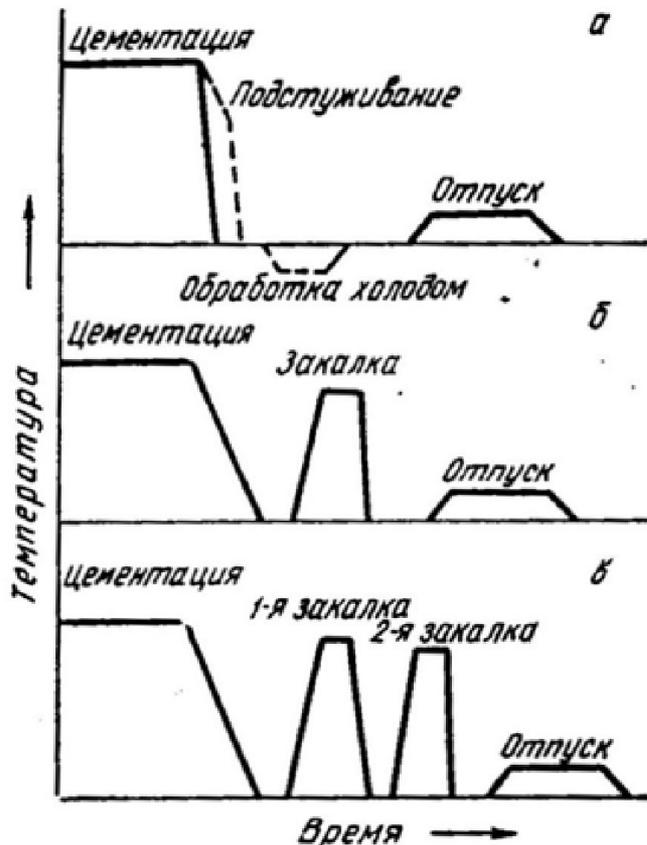
эвтектоидная  
зона

заэвтектоидная  
зона

*появляется выгодное распределение углерода на поверхности до 1,7 % С при этом сохраняется такое же содержание углерода как в исходной стали (0,2 % С)*

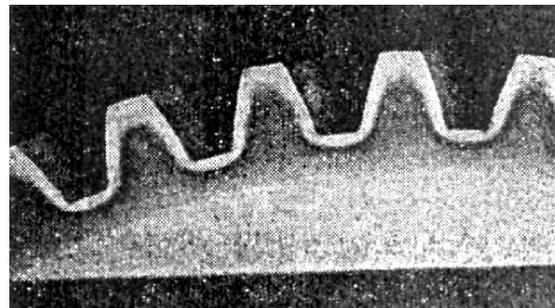
# Различные режимы термической обработки цементированных деталей

(способствуют окончательному формированию свойств цементованного изделия)



Наиболее экономичный, однако полученная структура – крупнозернистая;

Применяются для деталей с повышенными механическими свойствами: зерно аустенита измельчается, механические свойства становятся заметно выше



**Макроструктура после цементации и закалки шестерни:**  
светлый слой – цементованный, более темный – закаленный

# -Газовая

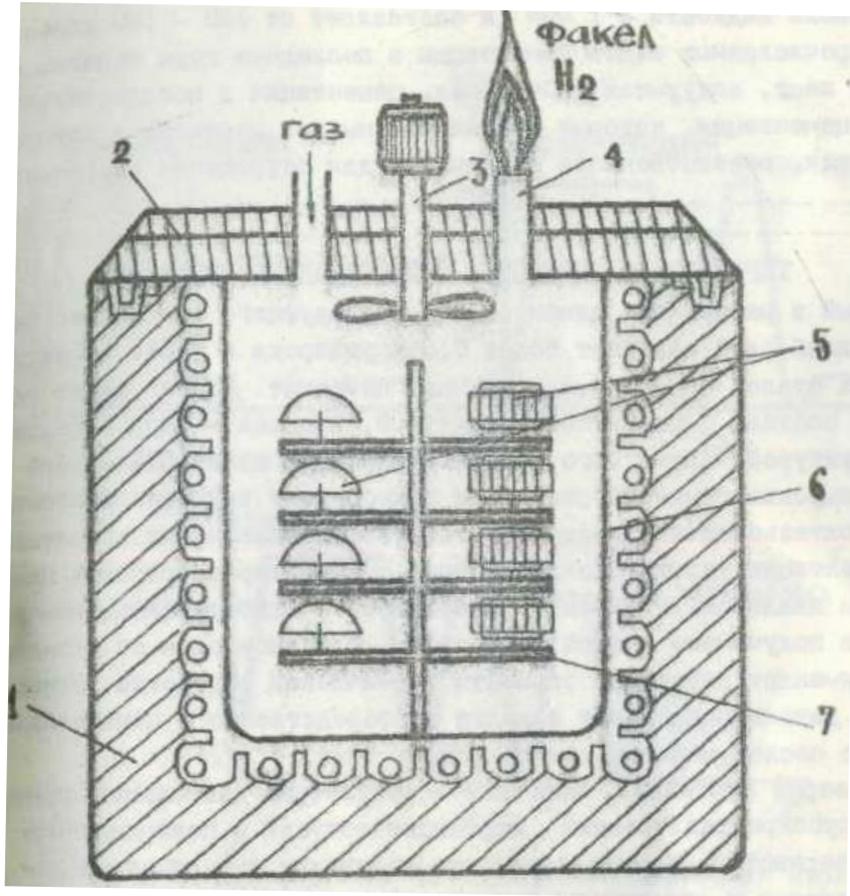
Процесс осуществляют в **среде газов**, содержащих углерод.

(к примеру, **природный газ** : основа - **метан**);  
удобен при применении на заводах, изготавливающих детали **массовыми партиями**;

## Преимущества:

- возможность получить заданную концентрацию углерода в слое;
- сокращается длительность процесса, так как отпадает необходимость прогрева ящиков, наполненных малотеплопроводным карбюризатором;
- обеспечивается возможность полной механизации и автоматизации процессов;
- значительно упрощается последующая термическая обработка деталей, так как закалку можно проводить непосредственно на моментальной печи;

# Схема процесса газовой цементации



- 1- электрическая печь;
- 2 – крышка;
- 3 – вентилятор;
- 4 - патрубок вывода газа;
- 5 – изделия (шаровые опоры шестерни);
- 6 – муфель (реторта);
- 7 – подставка для крепления цементуемых изделий;

# - Жидкая

*Производится в расплавленных солях, обычно в солях, состоящих из карбонатов щелочных металлов.*

Смесь расплавляют в ванне и цементацию проводят посредством погружения деталей в расплав.

Рабочая температура: 850°C;

Продолжительность процесса: 0,5 - 3,0 часов;

Глубина сдоя получается в пределах 0,2 - 0,5 мм.

## **Основные преимущества:**

- возможность непосредственной закалки из цементационной ванны;
- малые деформации обработанных изделий.

## - Цементация из паст

Находит применение в условиях индивидуального и мелкосерийного производства.

**Карбюризатор:** На рабочую поверхность наносится обмазка, содержащая сажу (33 - 70 %), древесную пыль (20 - 60 %), желтую кровяную соль (5 - 20 %) и другие компоненты. Также используют керосин, бензол и некоторые масла.

В качестве связующих материалов используют органические, органоминеральные и неорганические клеи.

**Толщина обмазки** должна быть в 6 - 8 раз больше требуемой толщины цементованного слоя.

**Интенсивность подачи жидких карбюризаторов** определяют по количеству капель жидкости в 1 мин и составляет от 120 - 180 капель

## 2. Азотирование-

процесс насыщения поверхности сталей азотом.

**Цель:** повышения твердости, износоустойчивости, усталостной прочности и коррозионной стойкости

**Основные преимущества** по отношению к цементации -

- проводят этот процесс на **готовых деталях**, прошедших термическую обработку и шлифовку до точных размеров;
- более высокая твердость азотированного слоя;

**Рабочая температура процесса:**

500...600 °С, (ниже температуры  $A_1$ ).

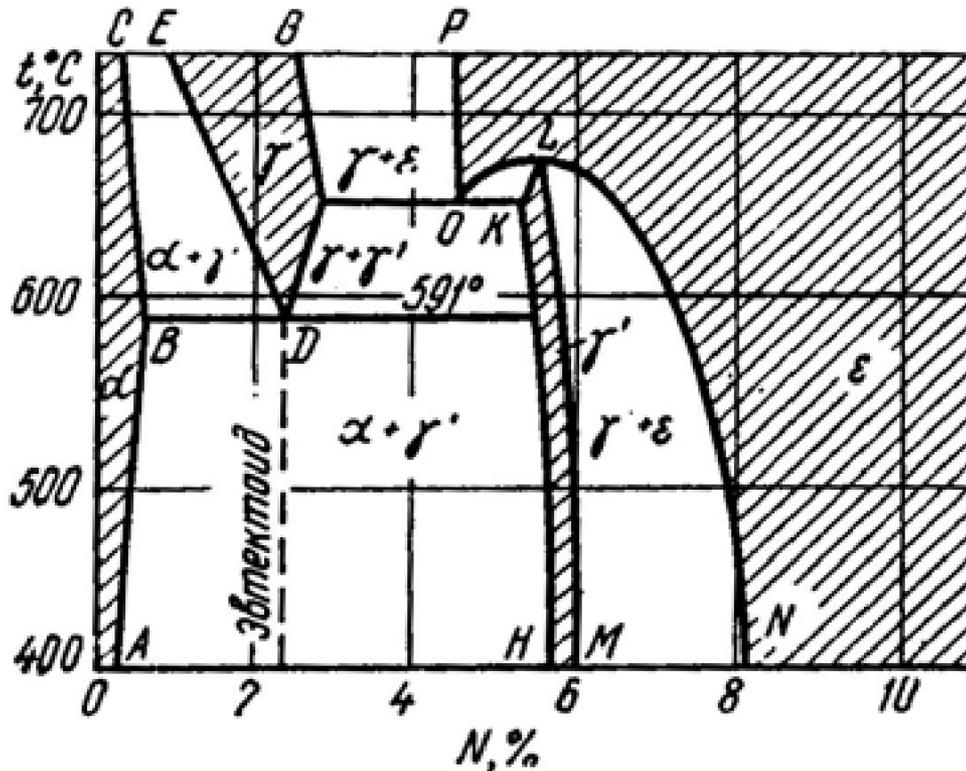
Проводится в **герметичной печи**, при подаче из баллона **аммиака:**

**реакция диссоциации:**  $\text{NH}_3 \rightarrow 3\text{H} + \text{N}$ .

**Сущность процесса:** *атомарный азот осаждается на поверхности азотируемой детали и диффундирует в поверхность.*

# Структура азотированного слоя

Установление фаз образующихся в азотируемом изделии осуществляют по диаграмме состояния Fe–N.



# Фазы азотированного слоя

**Азотистый феррит –  $\alpha$ -фаза** – содержит в решетке железа 0,1 % азота при 591 °С и всего 0,01 % при комнатной температуре.

**Азотистый аустенит –  $\gamma$ -фаза**, существующая выше эвтектоидной температуры 591 °С.

**Нитрид  $Fe_4N$  –  $\gamma'$ -фаза** внедрения с решеткой гранецентрированного куба.

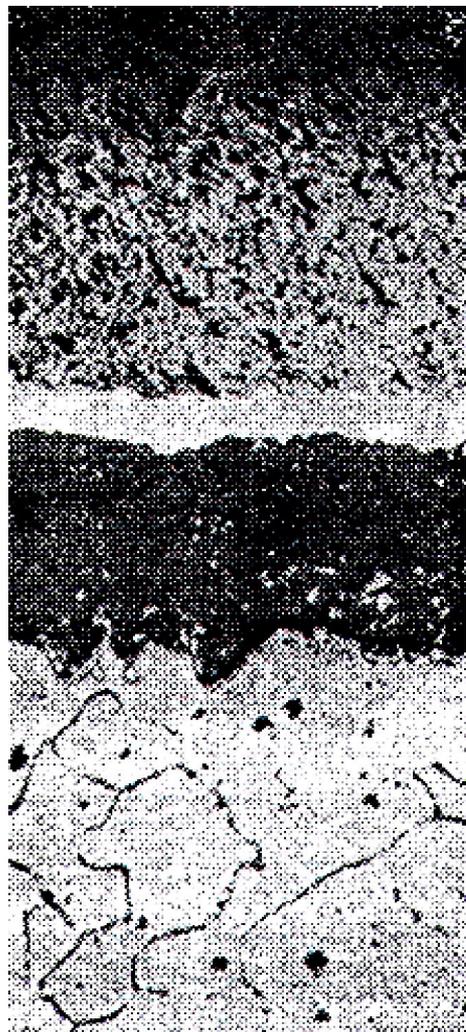
**Нитрид  $Fe_2N$  –  $\epsilon$ -фаза** внедрения с широкой областью гомогенности, имеющая гексагональную решетку.

*При наличии в сталях легирующих элементов, азот с ними образует химические соединения – нитриды ( $CrN$ ,  $Cr_2N$ ,  $TiN$  и т.д.)*

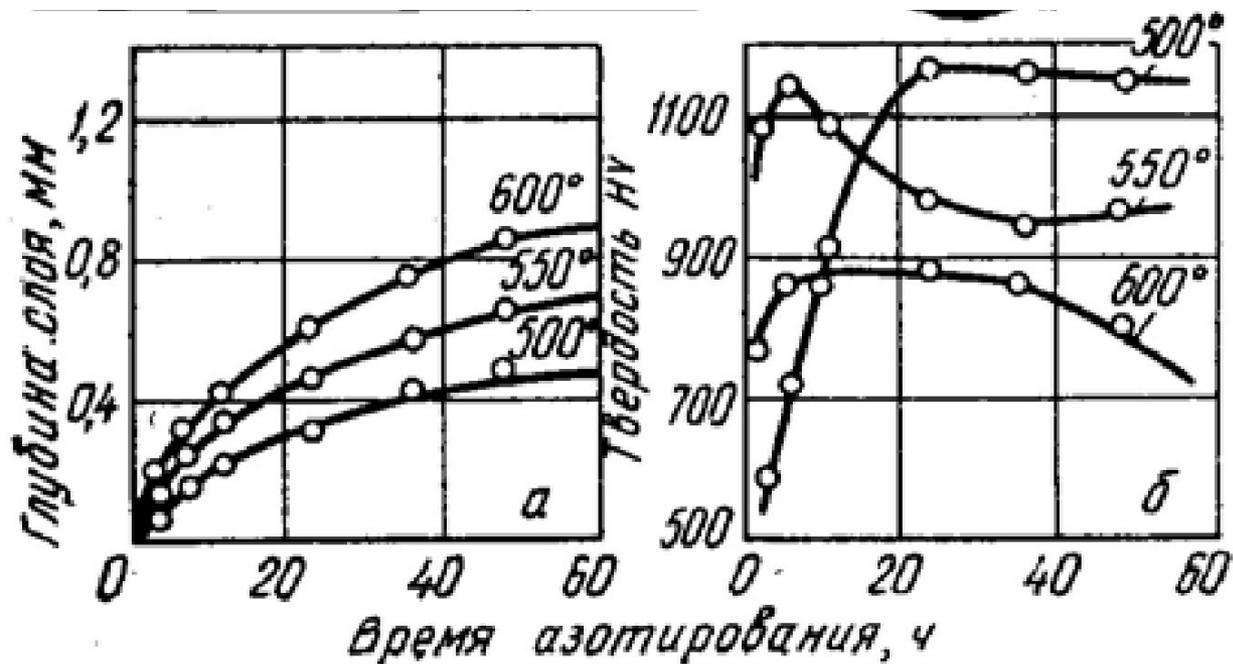
При температурах азотирования 500°С азотированный слой состоит из трех фаз:  $\epsilon$ ,  $\gamma'$ ,  $\alpha$ .

При температурах 650 °С в сечении могут существовать четыре фазы:  $\epsilon$ ,  $\gamma'$ ,  $\gamma$ ,  $\alpha$ .

При охлаждении ниже эвтектоидной температуры (591 °С) азотистый аустенит распадается на эвтектоид  $\alpha + \gamma'$  (темный слой), который называется браунит.



## Поверхностная твердость азотированных деталей в зависимости от температуры



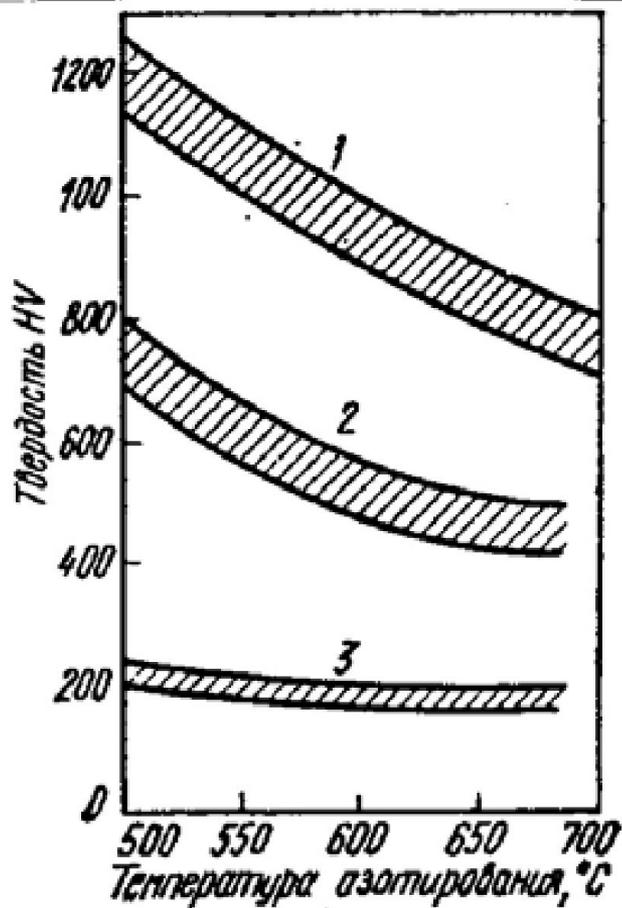
Глубина и поверхностная твердость азотированного слоя зависят от температуры, продолжительности и состава азотируемой стали.

Твердость азотируемого слоя 1200 НВ, (у цементованного НВ = 800).

Максимальная толщина слоя – 0,8 мм.

Применяют легированные стали, содержащие Al, Cr, Mo, которые называются **НИТАЛОЯМИ**.

# Сравнительная твердость после азотирования различных по составу сталей



- 1 – для стали 35ХМЮА;
- 2 – легированные стали типа 40Х;
- 3 – углеродистые стали.

*Наилучшие свойства  
получают на специально  
подобранной азотируемой  
стали 35ХМЮА*