

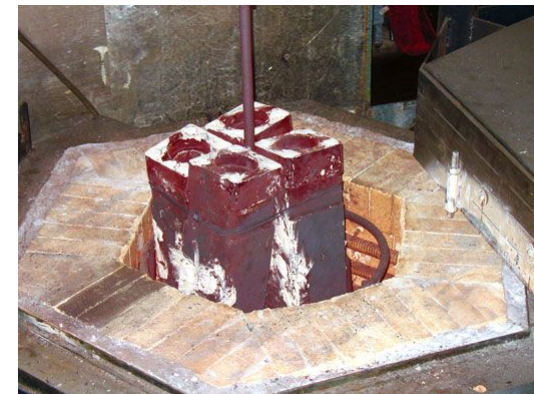


Химико-термическая обработка углеродистых сталей

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

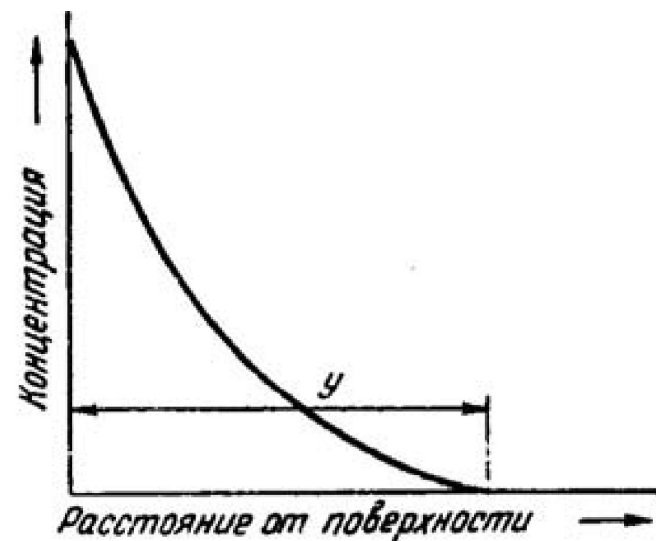
Химико-термическая обработка (ХТО)

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



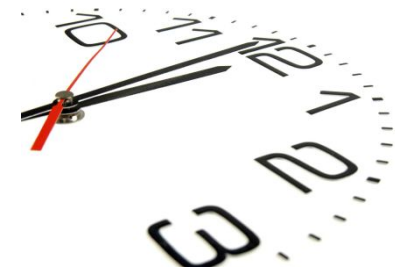
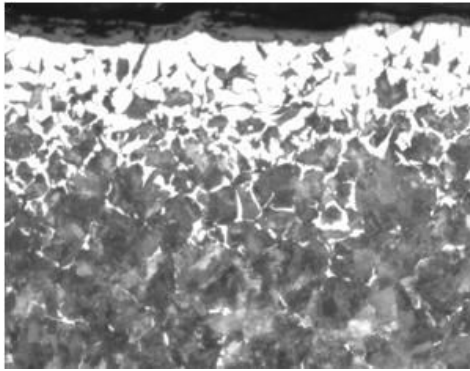
Этапы ХТО:

- **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.**

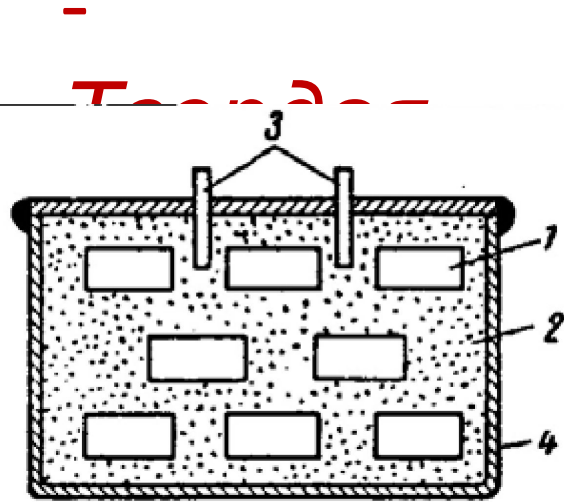
Виды ХТО:

1. Цементация стали —

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

Цель: поверхностное насыщение малоуглеродистой стали (обычно до 0,2% С) 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)

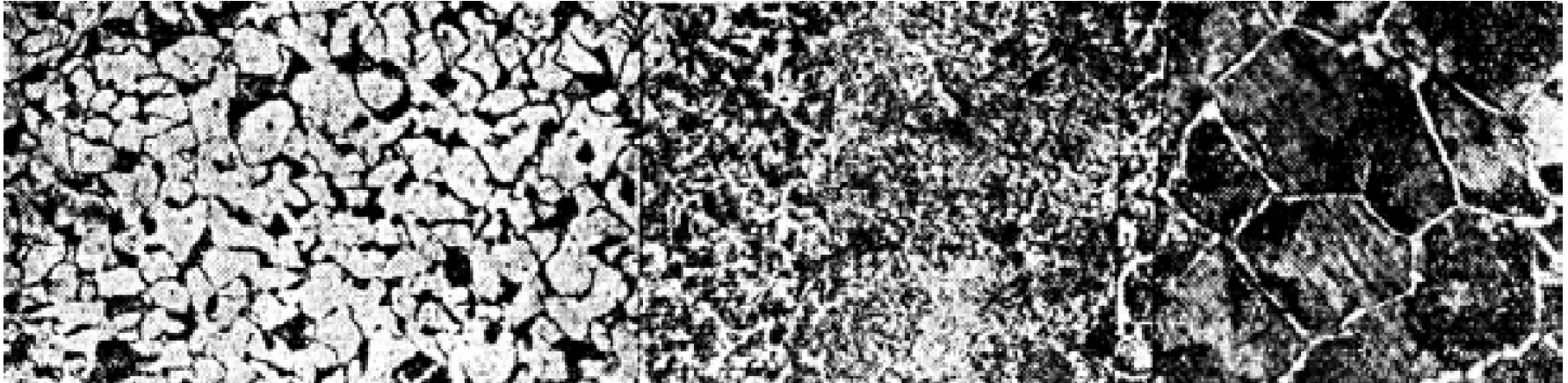
Карбюризатор: древесный уголь; **активизаторы** BaCO_3 или Na_2CO_3 .
Температура процесса.

Строение цементованной зоны

Ф + П

П

П + Ц



доэвтектоидная
зона

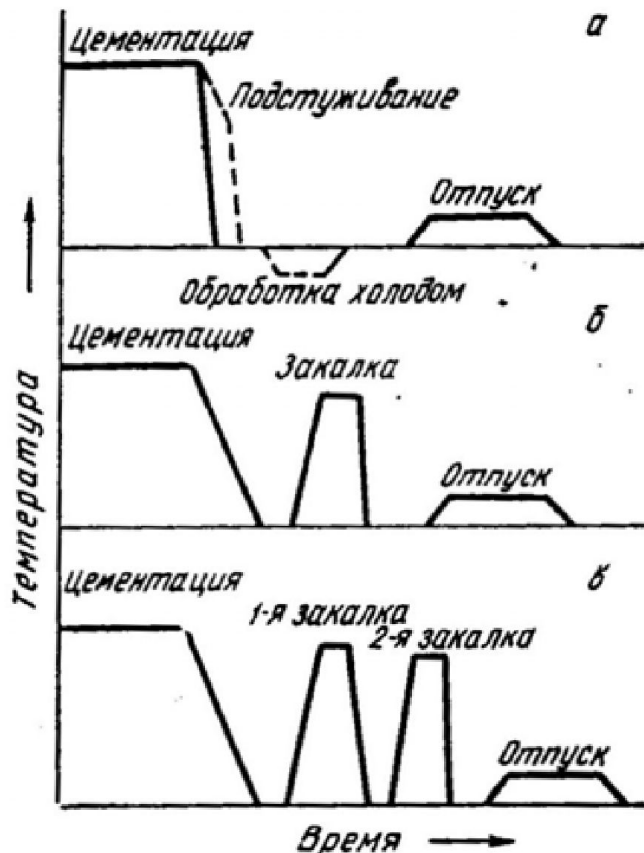
эвтектоидная
зона

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)

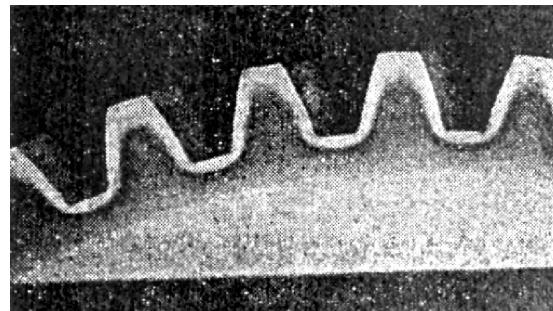
Различные режимы термической обработки цементированных деталей

(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

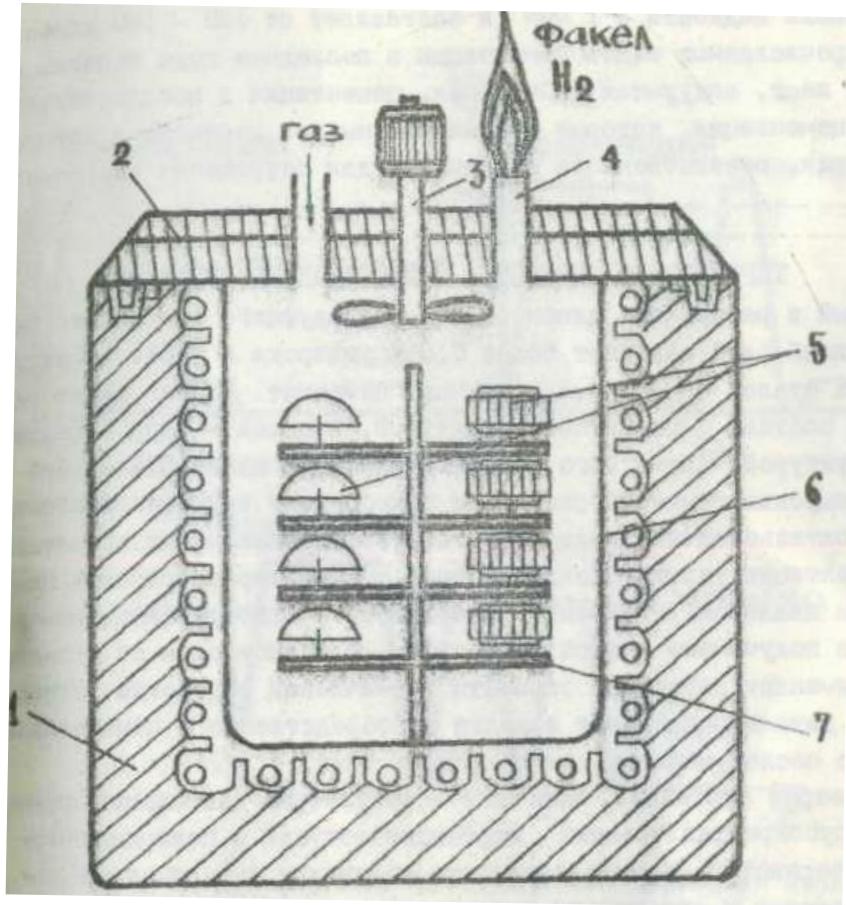
Процесс осуществляют в **среде газов**, содержащих углерод.

(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 цементируемых 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).

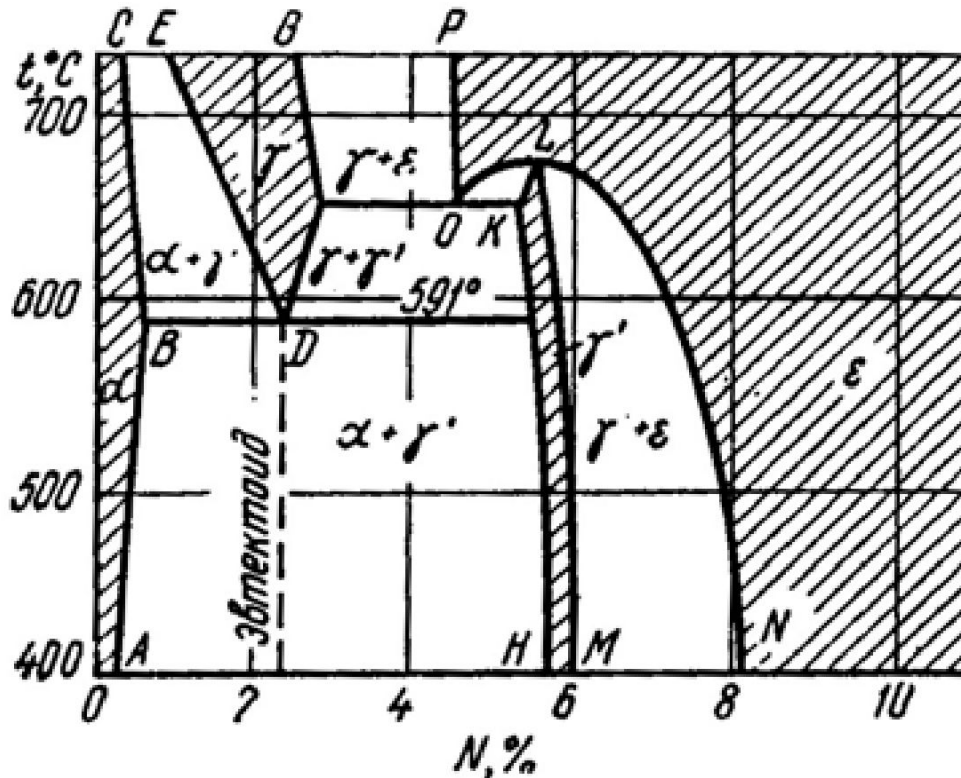
Проводится в **герметичной печи**, при подаче из баллона **аммиака:**

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 – α -фаза – содержит в решетке железа 0,1 % азота при 591 °С и всего 0,01 % при комнатной температуре.

Азотистый аустенит – γ -фаза, существующая выше эвтектоидной температуры 591 °С.

Нитрид Fe_4N – γ' -фаза внедрения с решеткой гранецентрированного куба.

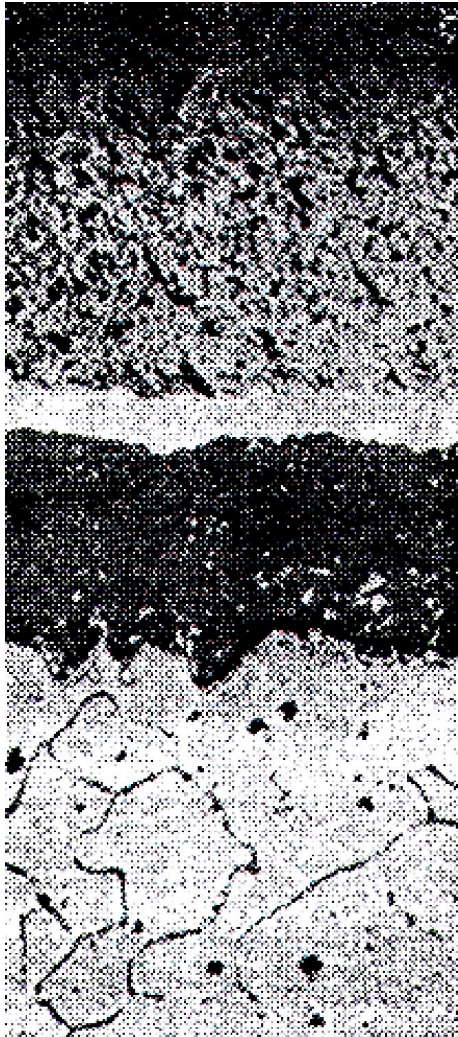
Нитрид Fe_2N – ϵ -фаза внедрения с широкой областью гомогенности, имеющая гексагональную решетку.

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

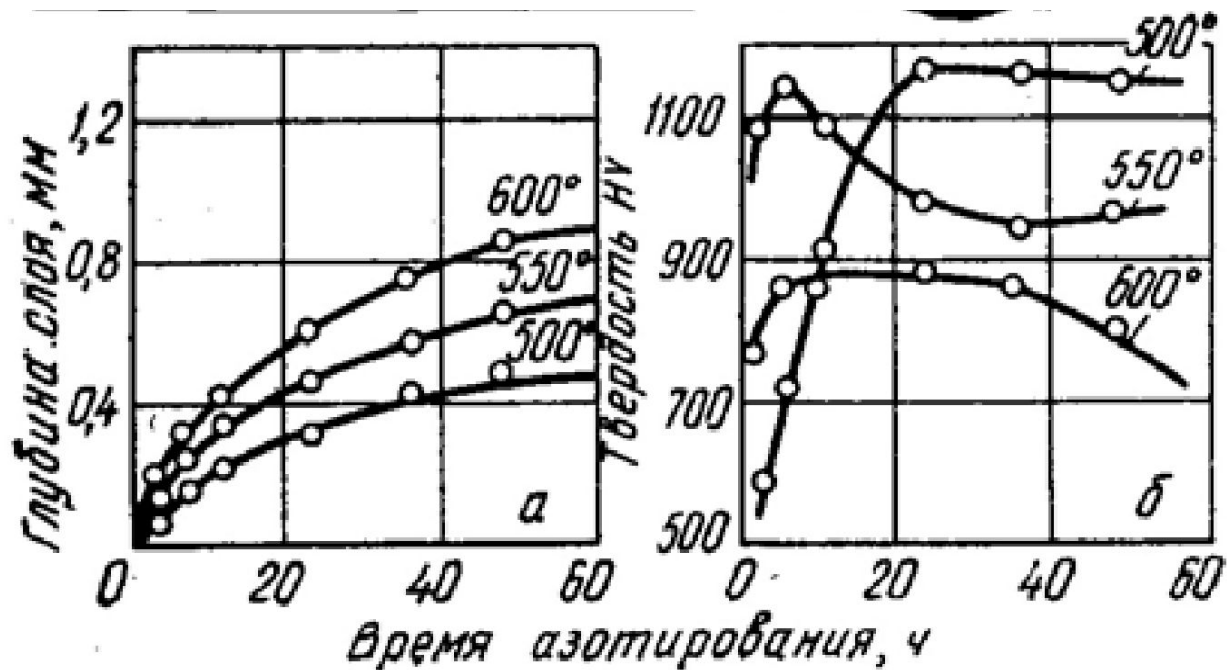
При температурах азотирования 500°С азотированный слой состоит из трех фаз: ϵ , γ' , α .

При температурах 650 °С в сечении могут существовать четыре фазы: ϵ , γ' , γ , α .

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



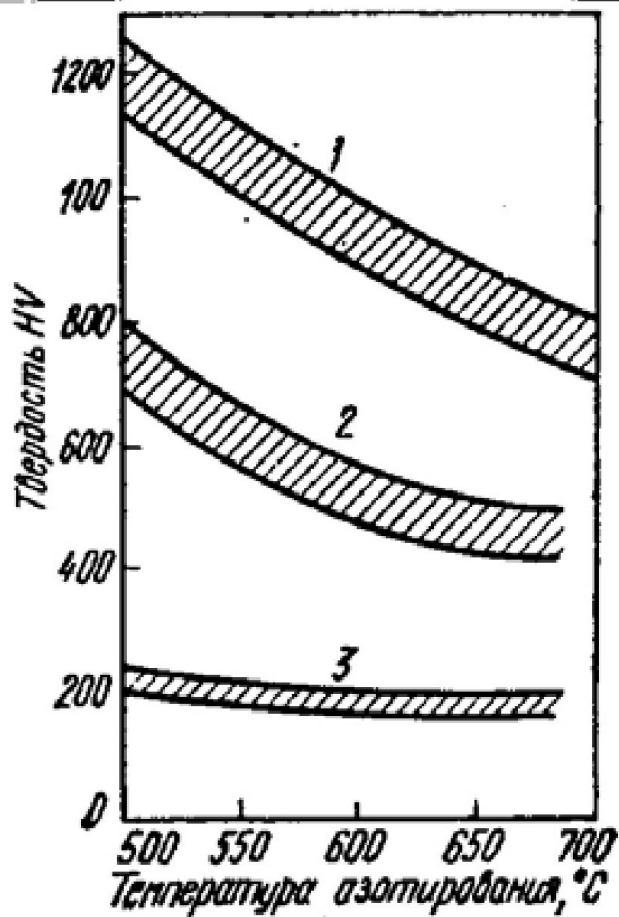
Глубина и поверхностная твердость азотированного слоя зависят от температуры, продолжительности и состава азотируемой стали.

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*