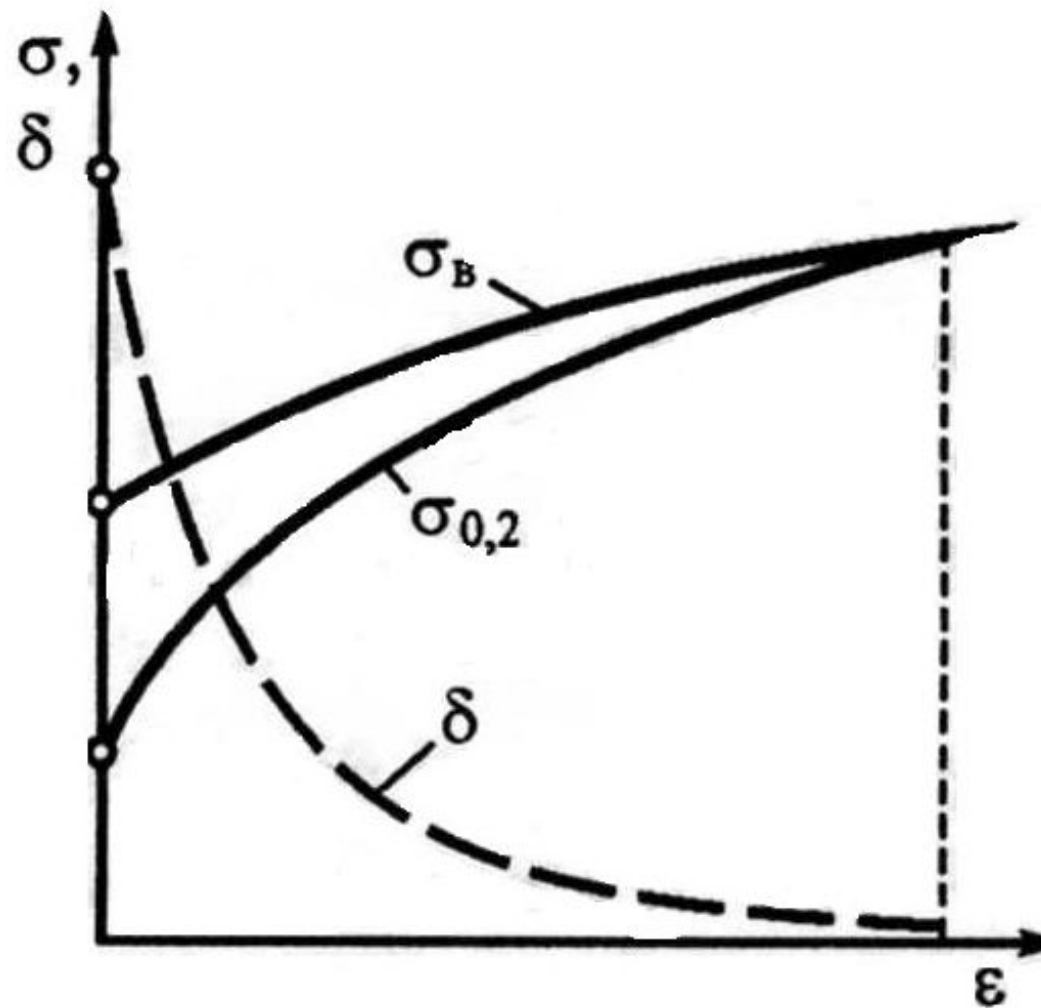


Лекция 11.

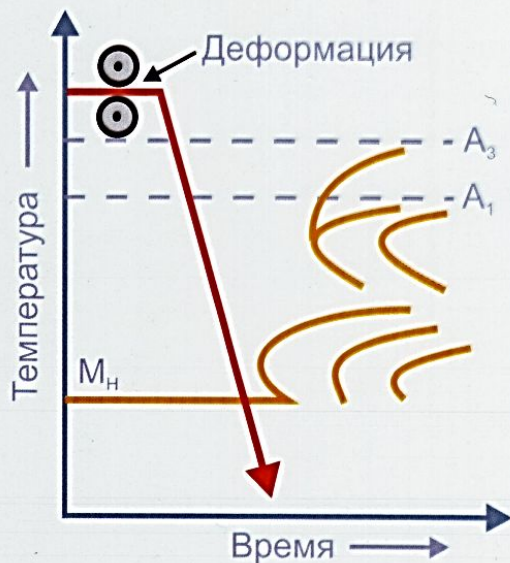
Поверхностное упрочнение деталей

Зависимость механических свойств от степени деформации



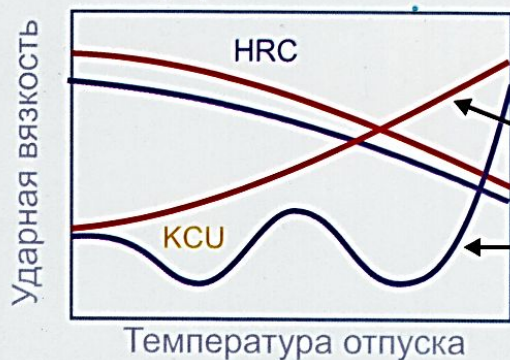
Высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО)

ВТМО заключается в совмещении горячей деформации, осуществляемой в аустенитном состоянии, с последующей закалкой на мартенсит и окончательном отпуске. При проведении ВТМО рекристаллизация горячедеформированного аустенита должна быть исключена.



Деформацию прокаткой, ковкой, или штамповкой проводят при 850-950°С с обжатиями 20-40%. ВТМО повышает пределы текучести и прочности на 150-250 МПа, циклическую прочность на 10-25%. Одновременно могут расти пластичность, ударная вязкость, сопротивление хрупкому разрушению

ВТМО является эффективным методом ослабления интеркристаллитных видов хрупкости сталей



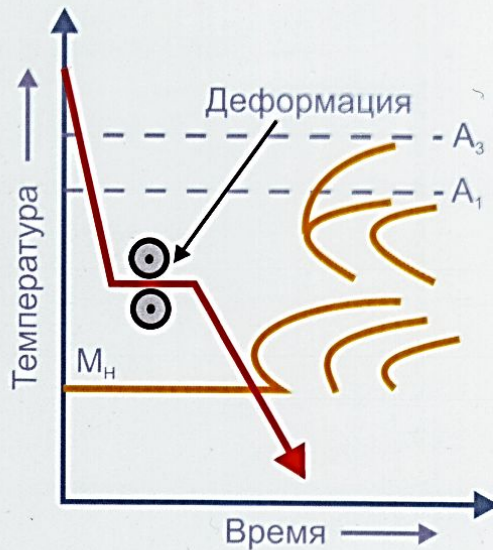
Сталь 37ХНЗА

Аустенизация при 1000°С, отпуск длительностью 1 час.

ВТМО с деформацией при 900°С на 20%.
Обычная термическая обработка

Низкотемпературная термомеханическая обработка (НТМО)

НТМО заключается в совмещении интенсивной пластической деформации переохлажденного аустенита в температурном интервале его высокой устойчивости, с последующей закалкой на мартенсит и отпуском.



Деформацию прокаткой, экструзией или волочением проводят при 600-400°С с обжатиями 70-95%.

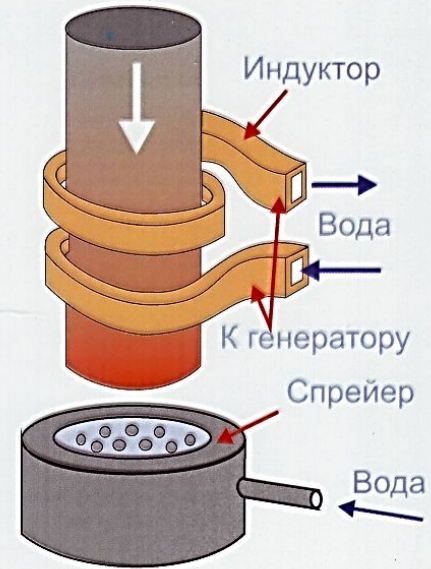
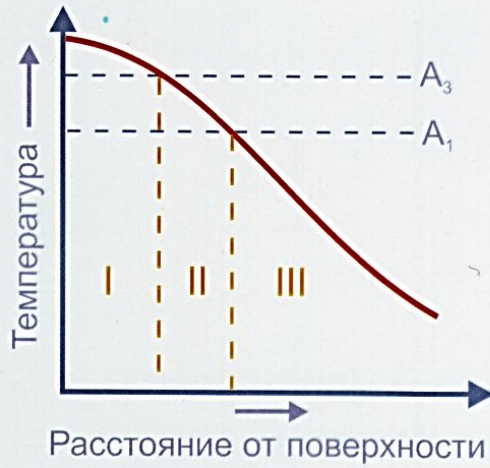
Для легированных сталей НТМО позволяет получить высокий уровень прочностных свойств.

Свойства сталей после отпуска при 220°С

Марка стали	Обработка	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
37ХН3А	Обычная термообработка	1300	1900	6
	НТМО с деформацией при 525°С на 70% прокаткой	2600	2800	5
40ХН5С	Обычная термообработка	1300	1900	—
	НТМО с деформацией при 525°С на 70% прокаткой	2600	3300	6

Поверхностная закалка

Закалка с нагревом ТВЧ



Лазерная закалка

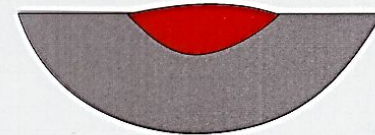
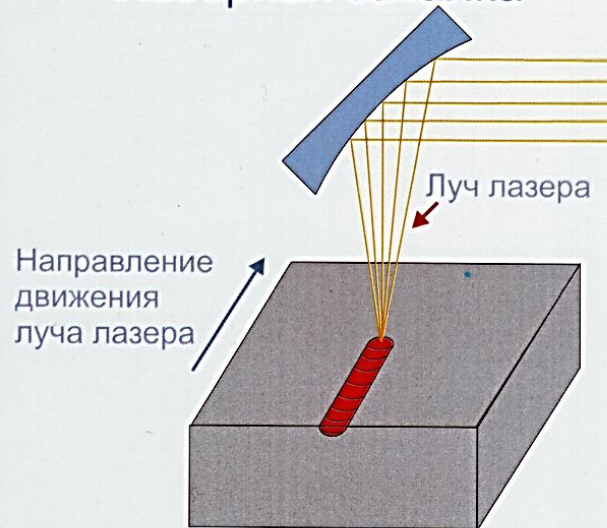


Схема термического влияния



Сталь 20

Сема композиционной структуры при лазерной термической обработке

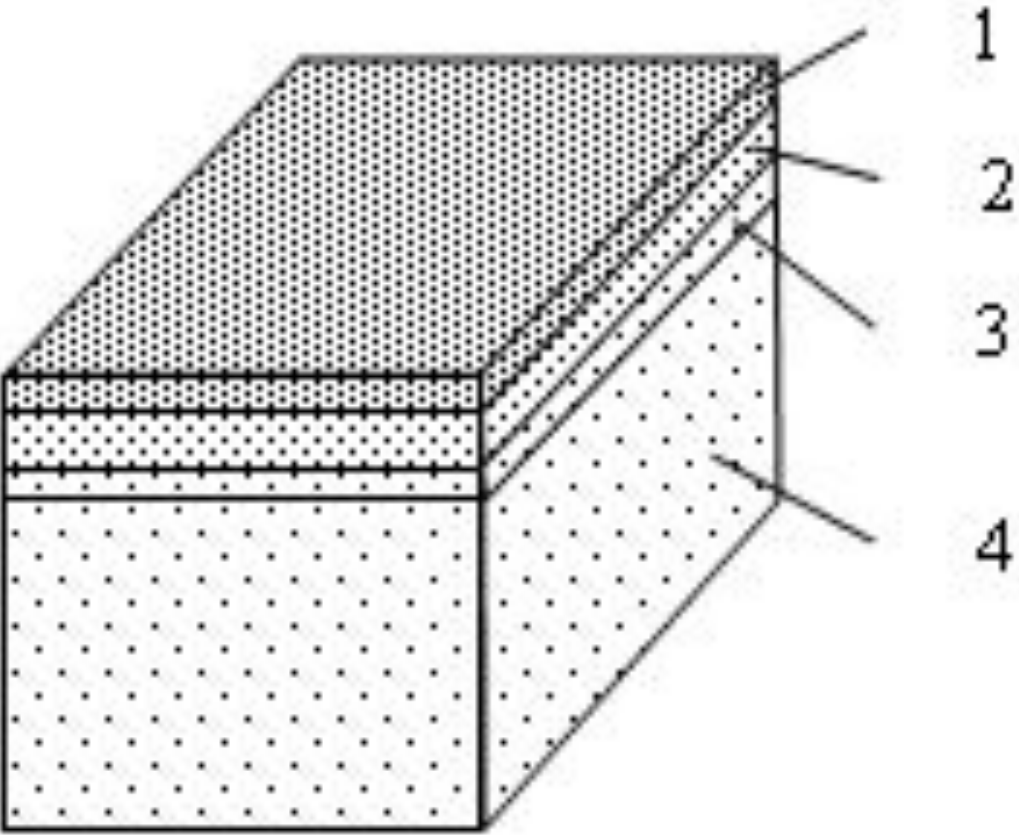
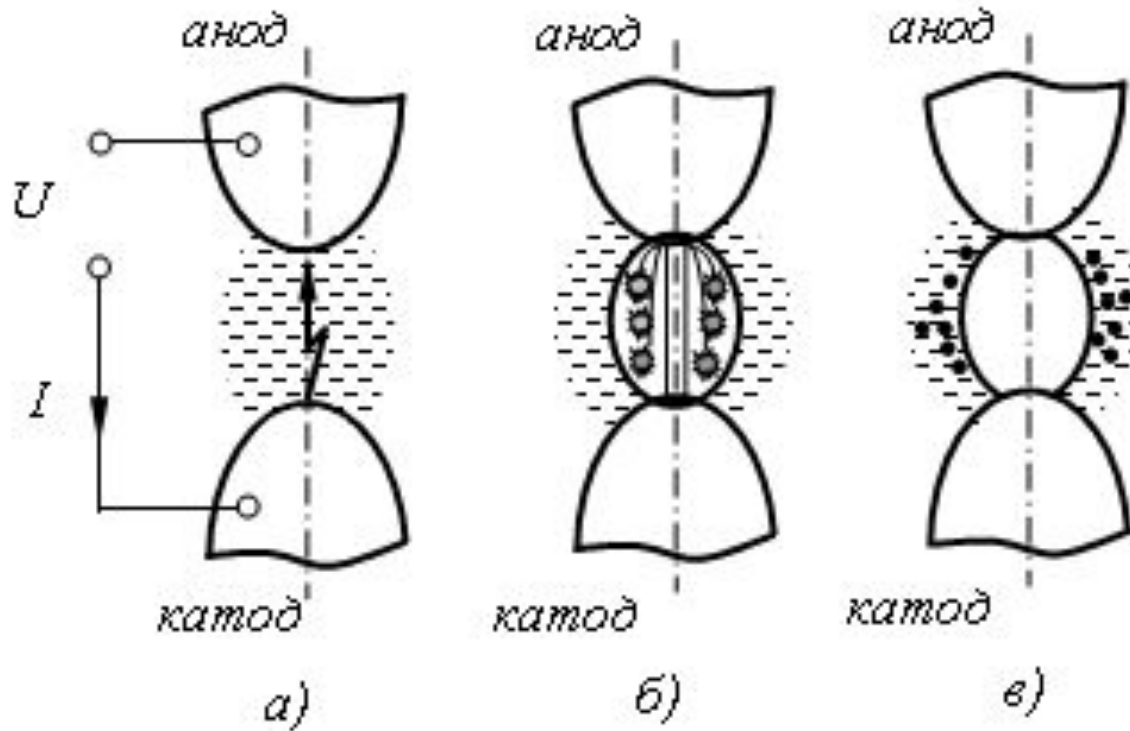
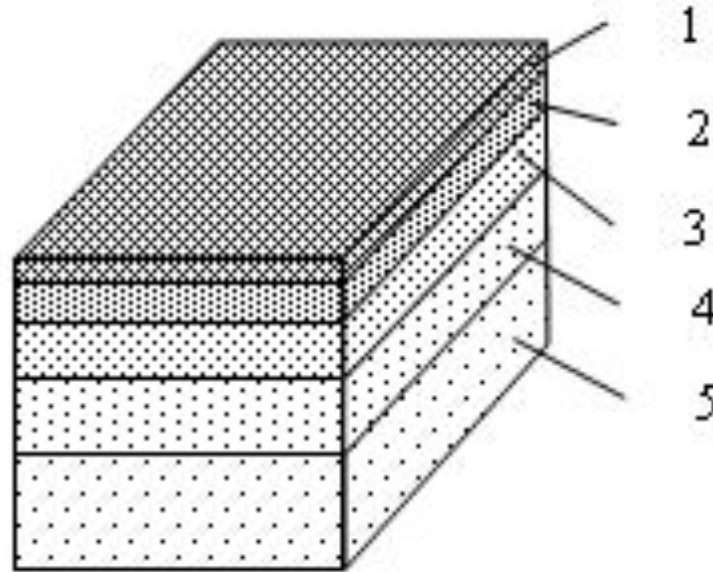


Схема физических процессов в межэлектродном промежутке при электроискровом легировании



а) – этап оплавления; б) – электрическая эрозия; в) - физико-химическое взаимодействие

Схема композиционной структуры материала после электроискрового легирования



1 – зона тонкопленочных или сплошных формирований; 2 – зона смеси материалов анода и катода; 3 – зона сформированная за счет диффузии элементов легирующего электрода в упрочняемой матрице катода-детали; 4 – зона термического воздействия плавно переходящая в структуру основного материала -5.

Химико-термическая обработка

- это технологический процесс, при котором некоторыми элементами насыщается поверхностный слой стальных деталей с целью изменения его химического состава, а следовательно, структуры и свойств.

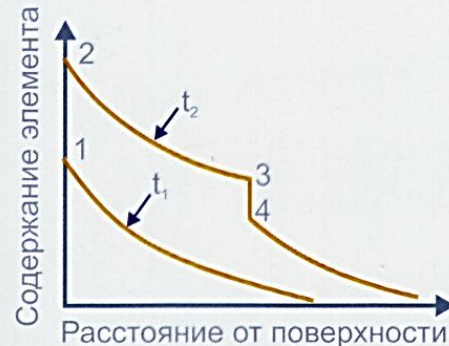
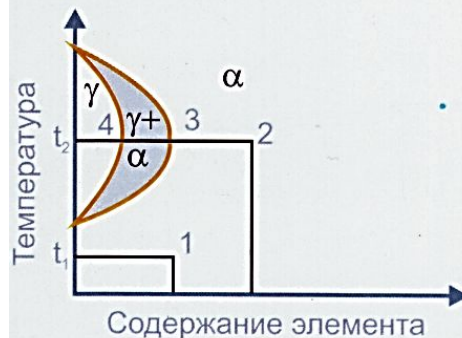
Различают три стадии химико-термической обработки:

- **диссоциация** - процесс, протекающий во внешней среде и приводящий к выделению диффундирующего элемента в атомарном состоянии;
- **адсорбция** диффундирующего элемента поверхностью металла и растворение его в металле;
- **диффузия** элемента вглубь насыщаемого металла.

Толщина слоя L зависит:

- от продолжительности насыщения τ . При $t = \text{const}$ $L = k_1 \sqrt{\tau}$.
- от температуры. При $\tau = \text{const}$ $L = k_2 e^{-Q/RT}$ (где Q - энергия активации диффузионных процессов).

Толщина слоя тем больше, чем выше концентрация диффундирующего элемента на поверхности.



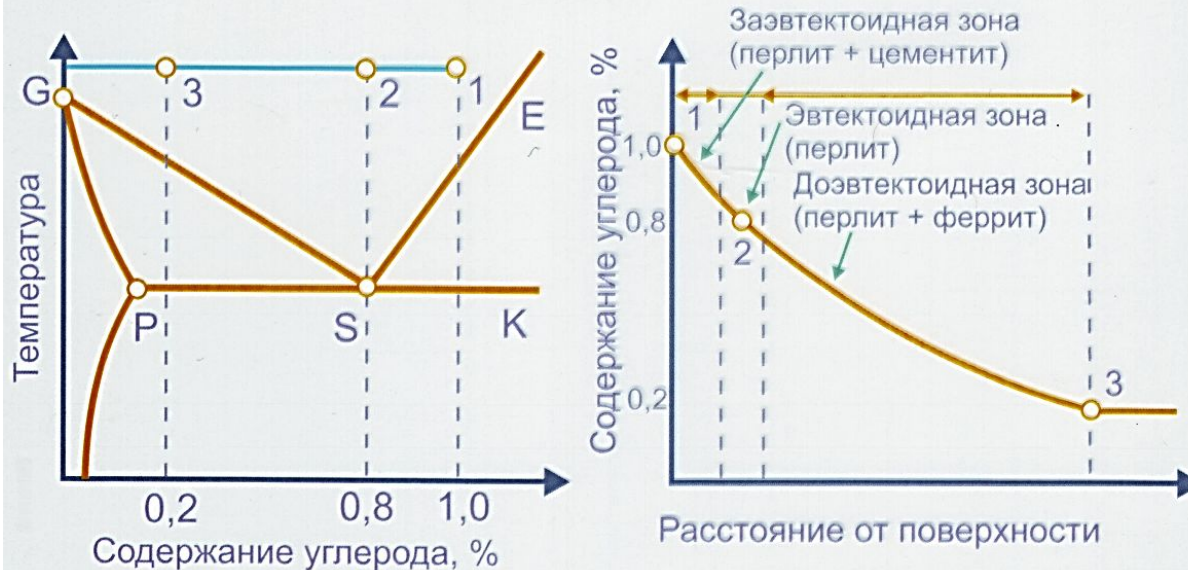
Цементация стали

- процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стальных деталей углеродом.

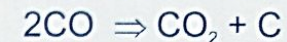
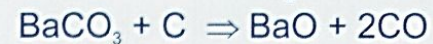
Такой обработке подвергают стали с 0,10 - 0,20% С.

Содержание углерода в поверхностном слое - 0,8 - 1,0% С.

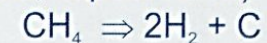
Толщина науглероженного слоя - 0,5 - 2,0 мм.



Цементация в твердом карбюризаторе. Процесс осуществляют при 910-930°C в карбюризаторе, состоящем из **древесного угля, 20-25% BaCO₃ и 3-5% CaCO₃.**



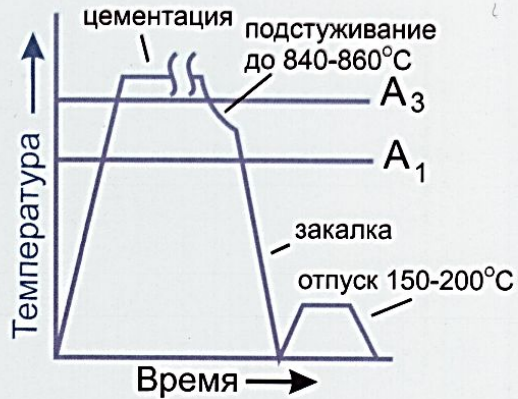
Газовая цементация проводится при 930-950°C с использованием природного газа или жидких углеводородов (бензола, керосина ...).



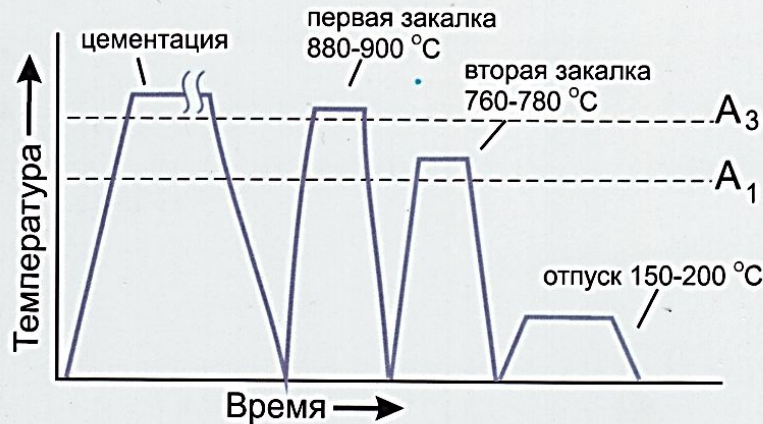
Термическая обработка цементованных изделий

Она заключается в закатке и низком отпуске. После такой термической обработки твердость поверхностного слоя детали достигает **58-62 HRC** при твердости сердцевины **25-35 HRC** и ниже.

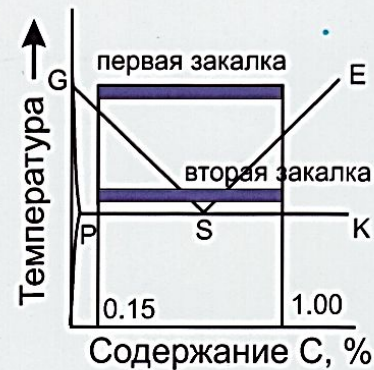
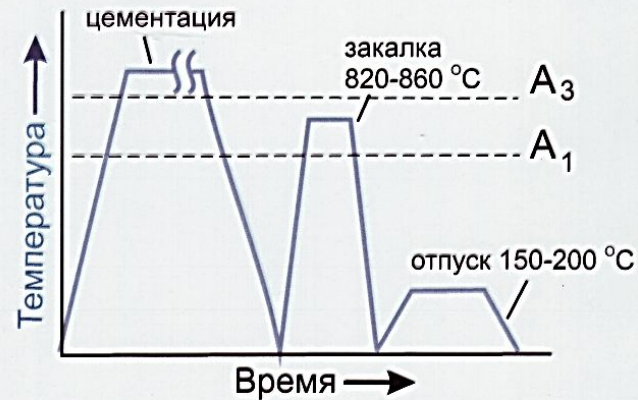
Закатка с цементационного нагрева.



Двойная закалка



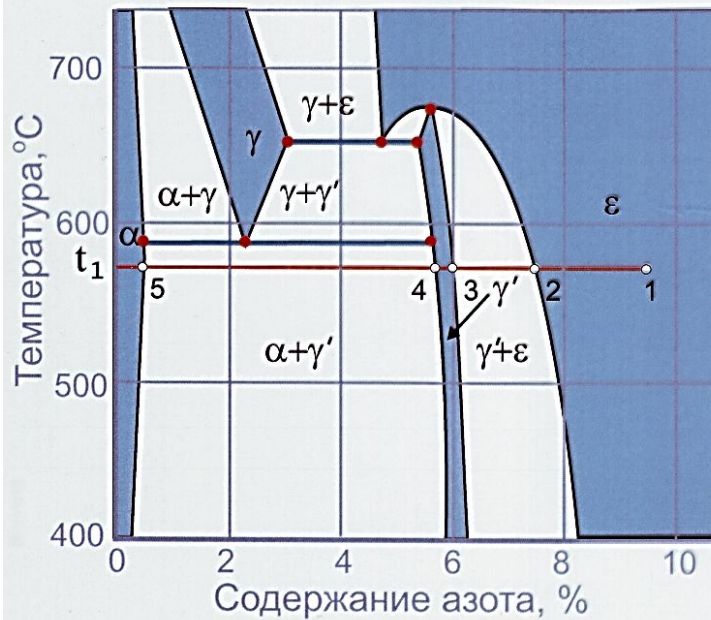
Однократная закалка



Азотирование стали

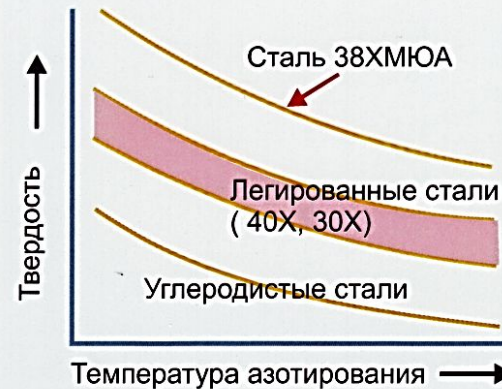
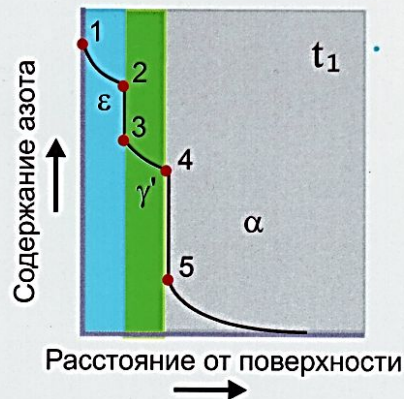
Азотирование - процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стальных деталей азотом.

Диаграмма Fe - N



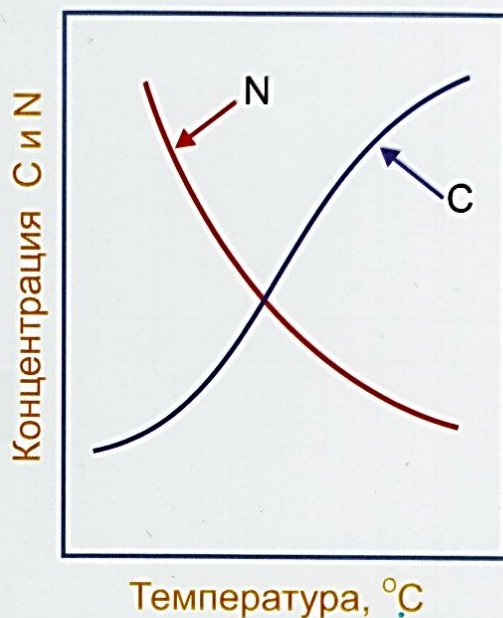
α - азотистый феррит
 γ - азотистый аустенит
 γ' - нитрид Fe_4N
 ϵ - нитрид Fe_3N

Азотирование проводят в среде аммиака:
 $2NH_3 \Rightarrow 2N + 6H$
Температура азотирования 500 - 600°C
Толщина слоя 0,3 - 0,6 мм



Нитроцементация стали

Нитроцементация - процесс совместного насыщения поверхности стальных деталей углеродом и азотом. Она проводится либо в расплавленных цианистых солях (жидкостная нитроцементация или цианирование) либо в смеси науглероживающих газов и аммиака (газовая нитроцементация)



Различают высокотемпературную и низкотемпературную нитроцементацию.

Высокотемпературная нитроцементация

Температура процесса: 820 - 960°C
толщина диффузионного слоя -
- 0,15 - 2,00 мм

После нитроцементации производят закалку и низкий отпуск. Твердость диффузионного слоя после термической обработки **58 - 62 HRC**.

Низкотемпературная нитроцементация

Температура процесса: 560 - 580°C
толщина диффузионного слоя -
- 0,2 - 0,6 мм.

Перед низкотемпературной нитроцементацией проводится **улучшение** - термическая обработка состоящая из закалки и высокого отпуска.

В основе жидкостной нитроцементации лежат следующие основные химические реакции:

