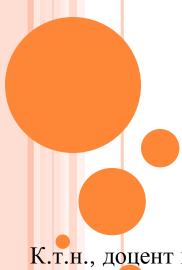
Методы поверхностного упрочнения

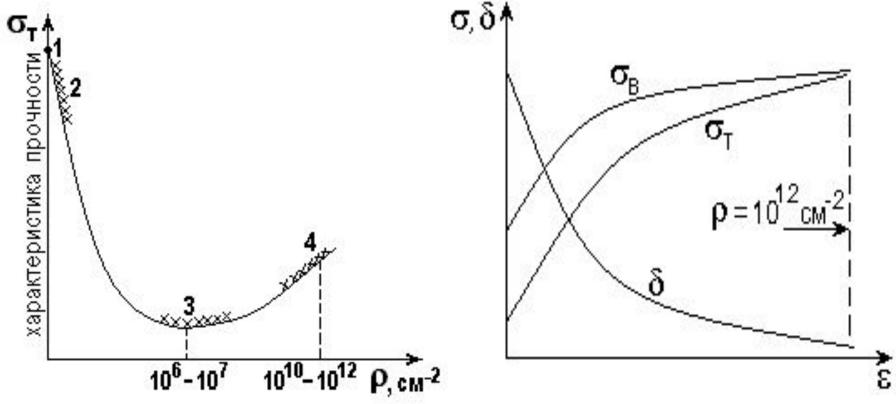


К.т.н., доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» Серов А.В.

Научные направления упрочнения материалов.

- 1. Упрочнение самими дислокациями
- 2. Упрочнение границами зерен
- 3. Упрочнение растворенными атомами примесей
- 4. Упрочнение дисперсными частицами второй фазы

Влияние плотности дислоканий на прочность



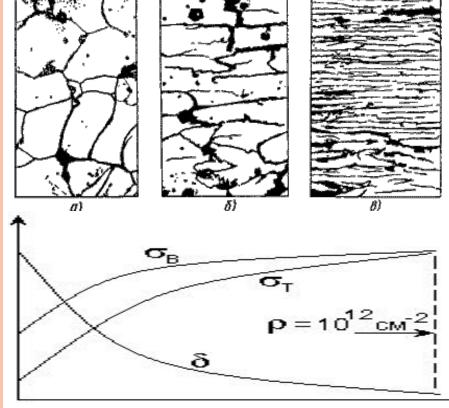
Влияние плотности дислокаций на прочность:

1 — идеальный кристалл; 2 — «усы», кристаллы с минимальной плотностью дефектов;

3 – отожженные металлы; 4 – сильно деформированные

с высокой плотностью дислока плияние степени деформации на прочность

Холодная пластическая деформация (наклёп, нагартовка)

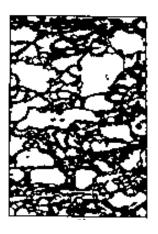


Изменение структуры и свойств при деформации:

- а) до деформации;
- б) после обжатия на 35%;
- в) после обжатия на 90%.

Рекристаллизация



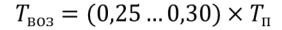




$$T_{\text{pek}} = k \times T_{\Pi}$$
, [k]

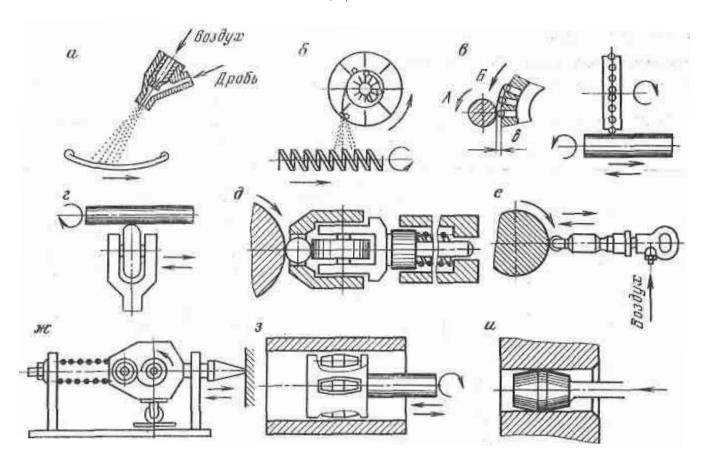
- для технически чистых металлов k = 0,4
 - для твёрдых растворов k = 0,5...0,8
- для металлов высокой чистоты 0,1...0,2

Возврат (отдых)



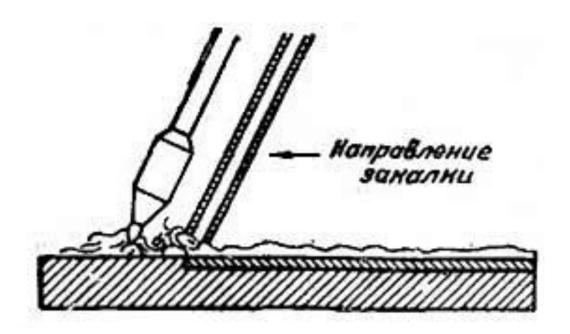


ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ



а) наклеп дробью пневматический и механический; б) наклеп центробежношариковый; в) обкатка роликами, д) шариками; е) вибрирующим роликом; ж) наклеп механической чеканкой; з) раскатывание отверстия роликами; и) дорнование.

Газопламенная закалка



Химико-термическая обработка

1. Диссоциация

• Образование свободных атомов

2. Адсорбция

• Осаждение на поверхности детали

3. Диффузия

• Перемещение элемента внутрь

Цементрация

В твёрдом карбюризаторе

Газовая цементация

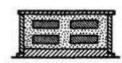
Образование оксида углерода

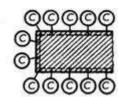
Диссоциация метана

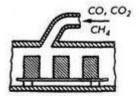
Из карбонатов ВаСО₃+С→ВаО+2СО Из угля 2C+O→2CO $CH_4 \rightarrow 2H_2 + C_{ar}$

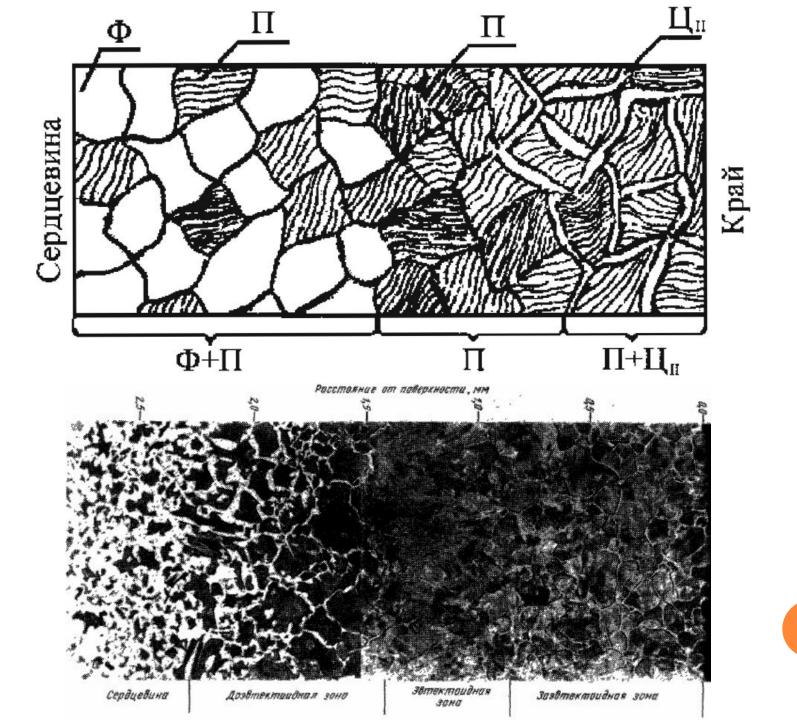
Диссоциация оксида углерода

$$2CO \rightarrow CO_2 + C_{ar}$$







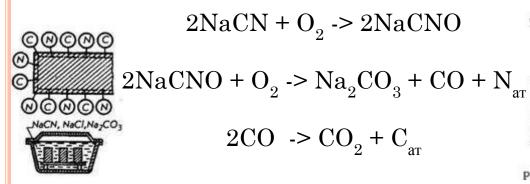


Азотирование

Диссоциация аммиака

•
$$2NH_3 \rightarrow 2N + 3H_2$$

Цианирование



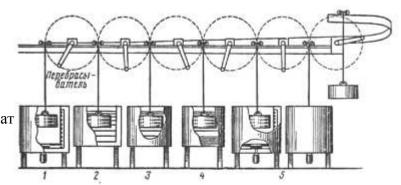


Рис. 157. Поточный агрегат для цианирования и термической обработки изделий:

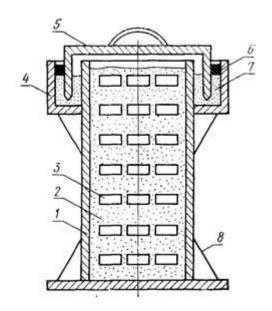
I — печь для подогрева;
 2 — ванна для цианировапия;
 3 — закалочный бэк;
 4 — промывизя ванна;
 5 — отпускные печи

Нитроцементация

Диффузионная металлизация

Диффузионное хромирование

$$\mathrm{NH_4CI}
ightarrow \mathrm{NH_3} + \mathrm{HCI};$$
 $\mathrm{NH_3}
ightarrow \mathrm{N} + 3/2\mathrm{H_2};$
 $\mathrm{Cr} + 2\mathrm{HCI} \leftrightarrow \mathrm{CrCl_2} + \mathrm{H_2};$
 $\mathrm{CrCl_2} + \mathrm{Fe} \to \mathrm{Cr} + \mathrm{FeCl_2};$
 $\mathrm{(изделие)}$
 $\mathrm{CrCl_2} + \mathrm{H_2} \to \mathrm{Cr} + 2\mathrm{HCI}$

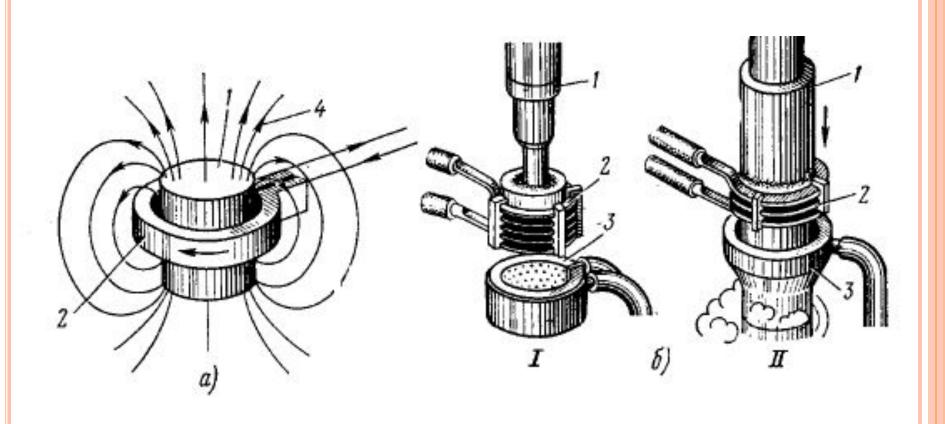


Общий вид контейнера с плавким затвором для диффузионного хромирования малогабаритных изделий *I* - корпус контейнера; *2* - хромирующая смесь; *3* - изделие; *4* - корпус плавкого затвора; *5* - крышка контейнера; *6* - натросиликатная глыба; *7* - песок кварцевый; *8* - ребра жесткости

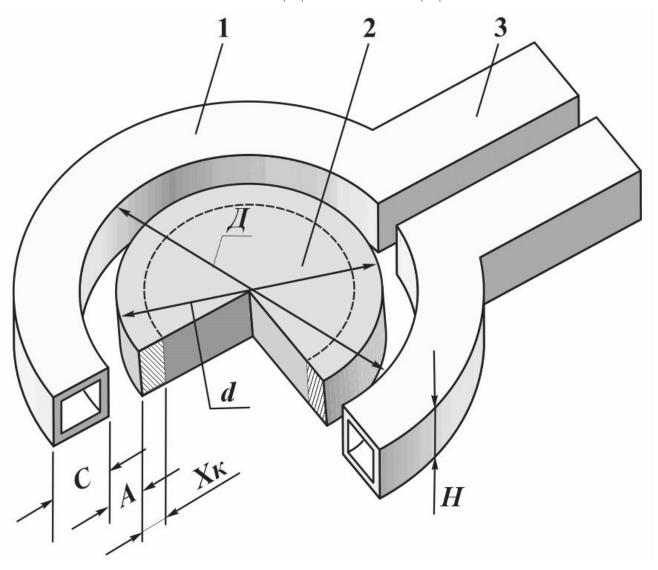
Алитирование

$$AlCl_3 \leftrightarrow Al_{ar} + 3Cl$$

Закалка токами высокой частоты (Закалка ТВЧ)

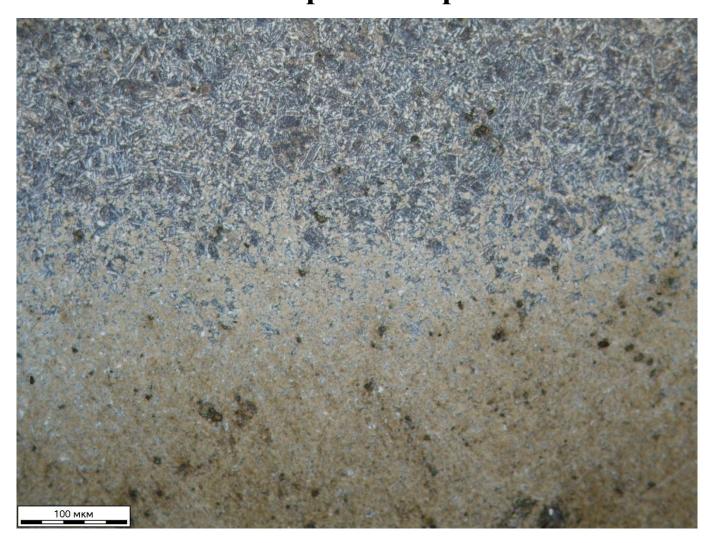


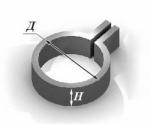
Система индуктор-деталь



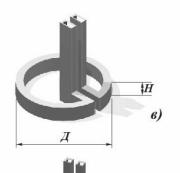
1 – индуктор, 2 – деталь, 3 – шина, H – высота индуктора, C – ширина индуктора, A – воздушный зазор, $X\kappa$ – нагретый слой детали

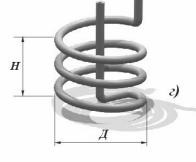
Микроструктура поверхностного слоя зуба шестерни после ТВЧ-закалки, х200, травление ниталем: поверхность- мелкоигольчатый мартенсит; основа — троосто-сорбит.













Индукторы для нагрева ТВЧ:

а,в – одновитковые индукторы для нагрева наружных и внутренних поверхностей цилиндрических деталей;

б, г – многовитковые индукторы для нагрева наружных и внутренних поверхностей цилиндрических деталей;

д – петлевой индуктор для нагрева плоских поверхностей деталей;

е – индуктор фасонной формы для нагрева шестерён

Зависимость глубины закалки от частоты

$$\delta = 4,46 \times 10^5 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}$$
 р — удельное электросопротивление, Ом·мм²/м μ - магнитная проницаемость, Γ с/э f - частота тока, Γ ц

Частота тока, Гц	$0,5-10^2$	$2 \bullet 10^3$	10^4	10^5	10^6
Глубина					
проникновения	91,4	14,5	6,5	2,1	$0,\!65$
тока в сталь 45	01,4	14,0	0,0	2,1	0,00
при 800 °C, мм					

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

- высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО) аустенита
- низкотемпературная термомеханическая обработка (аусформинг HTMO) Между температурой рекристаллизации и температурой мартенситного превращения
- предварительная термомеханическая обработка (ПТМО)

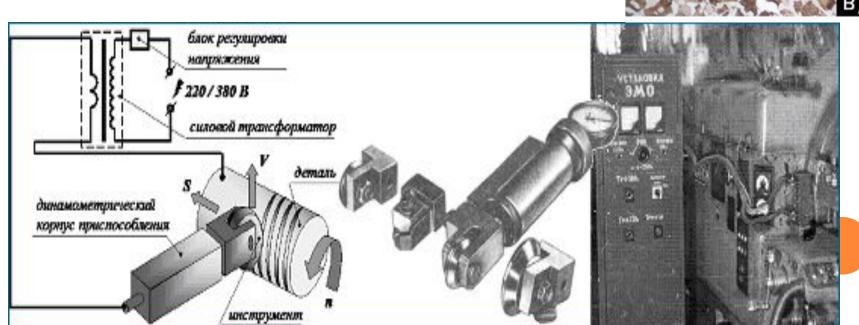
Вид обработки	[∞] , МПа	₹*, МПа	^{√∞} , %	uu, , %
HTMO	24002900	20002400	58	1530
BTMO	21002700	19002200	79	25 40
TO	1400	1100	2	3



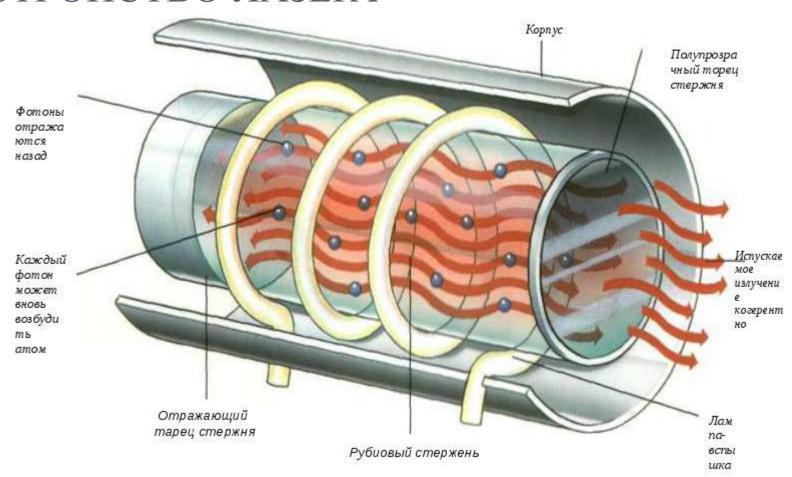
Электромеханическая обработка (ЭМО)

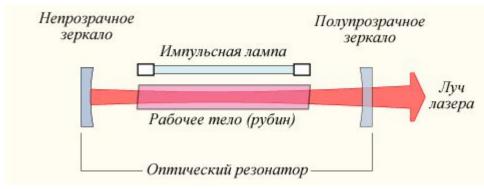






УСТРОЙСТВО ЛАЗЕРА





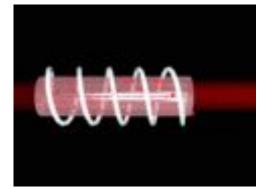
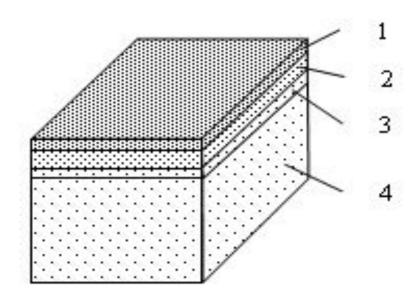




Схема структуры полученной при лазерной термической обработке



Упрочненная поверхность представляет собой:

1 - слой зона расплавленного и быстро закристаллизовавшегося металла; 2 - зона термического влияния, в которой все структурные изменения происходят в твердом состоянии; 3 - переходный слой; 4 - материал основы.

Электроискровое легирование (ЭИЛ)

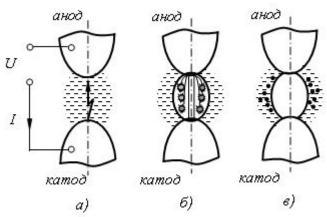


Схема физических процессов в межэлектродном промежутке при электроискровом легировании: a) — этап оплавления; б) — электрическая эрозия; в) - физико-химическое взаимодействие

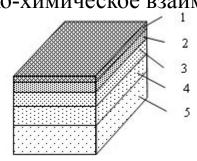


Схема композиционной структуры материала после электроискрового легирования: 1 — зона тонкопленочных или сплошных формирований; 2 — зона смеси материалов анода и катода; 3 — зона сформированная за счет диффузии элементов легирующего электрода в упрочняемой матрице катода-детали; 4 — зона термического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