

Лекция 10



ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Блок 6 модуль 17

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

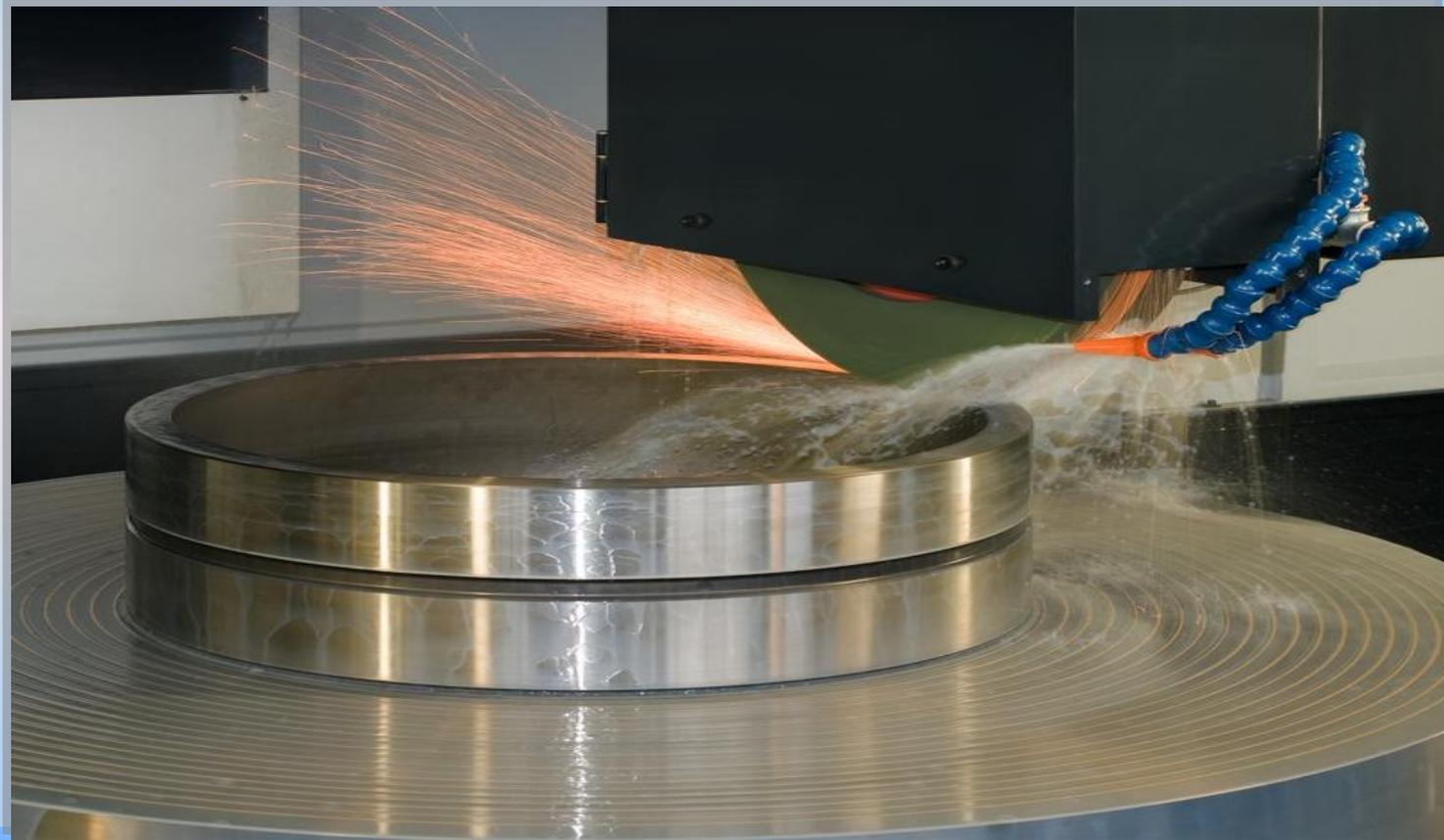
**Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lect10_1M_TKMIM_GDB_07.04.15**

ПЛАН

1. Азотирование
2. Ионное азотирование
3. Цианирование и
нитроцементация
4. Диффузионная металлизация

АЗОТИРОВАНИЕ

Азотирование заключается в насыщении поверхности изделия азотом в атомарном состоянии, который получается при разложении аммиака.



Азотированию подвергают среднеуглеродистые стали, главным образом легированные. Пример – сталь 38ХМЮА.



АЗОТИРОВАНИЕ

Высокая твердость азотированного слоя достигается за счет: получения азотистого феррита и образования нитридов.

Причем высокой твердостью отличаются не нитриды железа, а нитриды легирующих элементов. Это – Cr_2N , Mo_2N , AlN . Поэтому азотированию с целью повышения твердости поверхностного слоя рационально подвергать стали, содержащие соответствующие легирующие элементы.



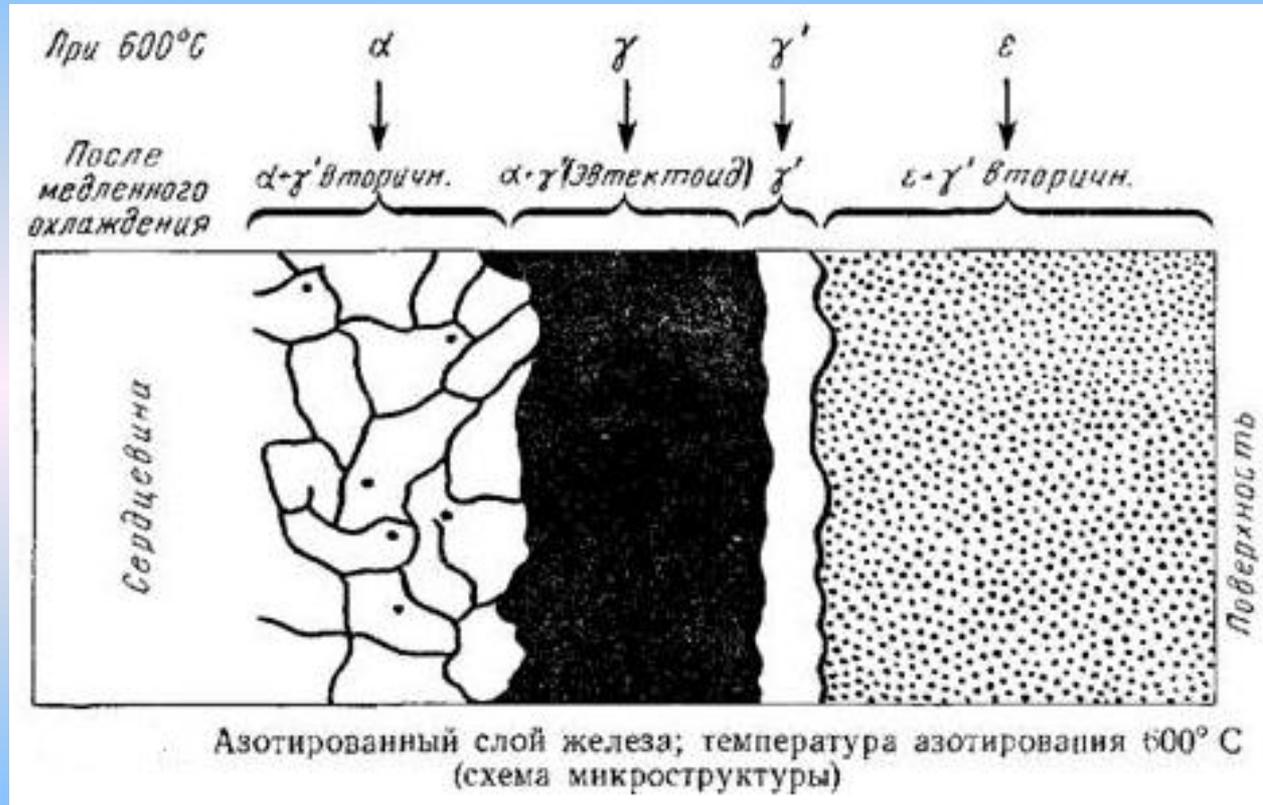
азотистый феррит



АЗОТИРОВАНИЕ

Азотированию предшествует улучшение. Технологические параметры азотирования следующие

Температура процесса – 500–600 °С. Чтобы нитриды находились в мелкодисперсном состоянии, что обеспечивает максимальную твердость и износостойкость, поддерживают температуру 500–520 °С.



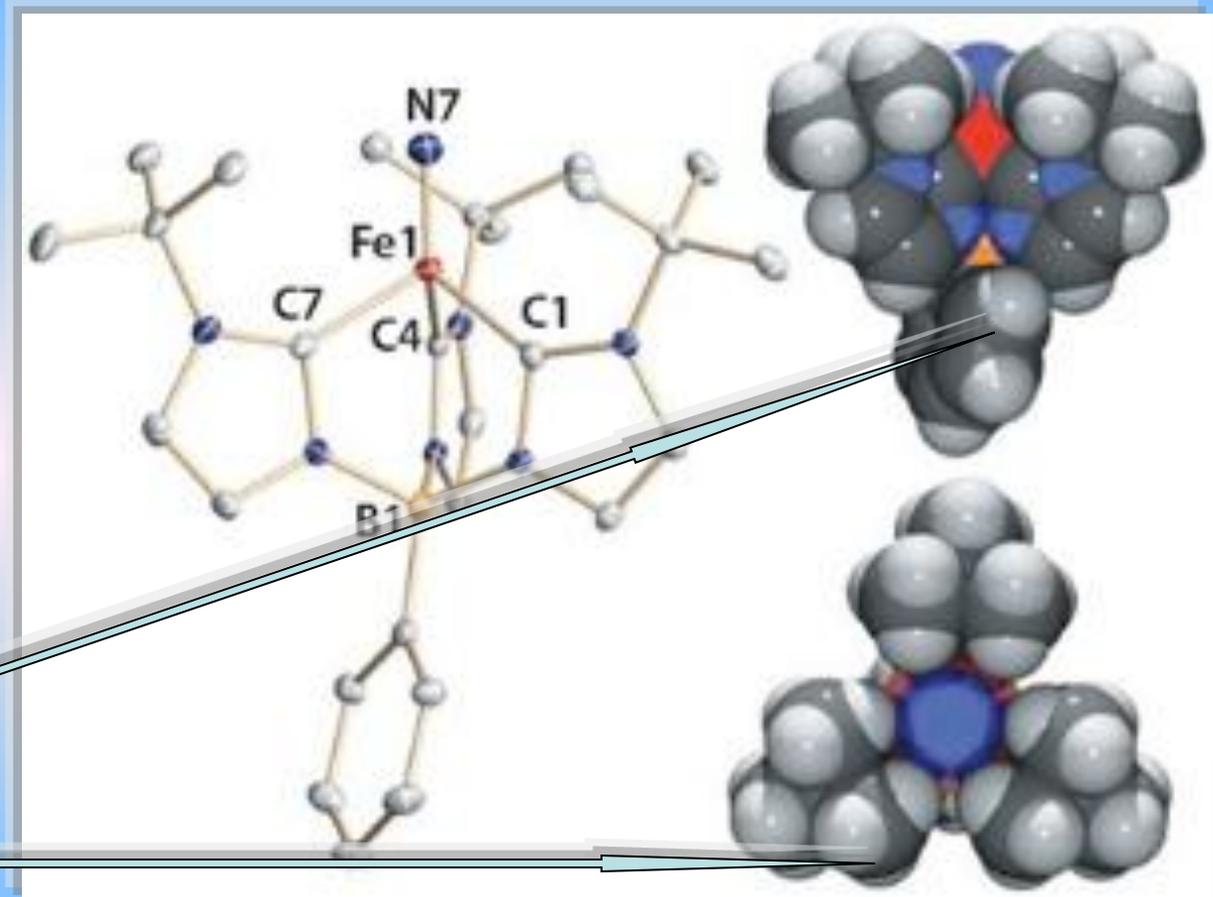
Скорость процесса – 0,01 мм/час. Обычно проводят азотирование на глубину 0,30–0,60 мм. Твердость стали после азотирования может достигать 1200 HV.



АЗОТИРОВАНИЕ

Азотирование проводится также с целью увеличения усталостной прочности.

Кроме того, с помощью азотирования можно повысить **коррозионную стойкость**. Обычно для повышения коррозионной стойкости используют углеродистые стали и образующиеся нитриды железа Fe_3N и Fe_4N защищают металл от коррозии.



Нитрид железа

В этом случае температуру азотирования рекомендуется повысить до ~ 600 °C.



АЗОТИРОВАНИЕ

Сравнивая цементацию и азотирование, важно отметить следующие преимущества азотирования:

1. более высокая твердость и сохранение ее до температуры ~ 600 °С, в то время как цементированный слой сохраняет твердость до температуры ~ 200 °С.
2. азотирование не требует проведения термической обработки.



Химико-термическая обработка (азотирование)

Однако азотирование – это длительный процесс и требует, как правило, применения дорогих легированных сталей.



Контрольные вопросы:

1. В чем заключается азотирование?
2. За счет чего достигается высокая твердость азотированного слоя?
3. Какая термическая обработка предшествует азотированию?
4. При какой температуре проводят азотирование?
5. Указать скорость процесса азотирования и глубину азотированного слоя.
6. Какую твердость можно достичь азотированием?



ИОННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ

Процесс ионного азотирования заключается в насыщении металлических поверхностей ионами азота.

Процесс ионного азотирования максимально автоматизирован и состоит из нескольких этапов.

1. Изделия

предварительно обрабатываются и помещаются в герметичные контейнеры с азотосодержащей плазмой. Как правило, используется аммиак, азот, азотистоводородная смесь.



2. К источнику постоянного напряжения подключаются обрабатываемые детали (катод) и стенки контейнера (анод). Под воздействием высокого напряжения (до 1000В) под давлением 0,4-10 мБар происходит ионизация газовой среды. Температура в контейнере при этом достигает 600 градусов. Ионы азота устремляются к катоду и диффундируют в металл.

В результате образуется азотированный слой, который придает стальным изделиям твердость, а сердцевина остается вязкой.



ИОННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ

метод ионного азотирования стали считается более экономичным и экологически безопасным.



Ионное азотирование



Обогащение азотом способствует твердости, повышению усталостной прочности металла, его антикоррозионной защите, улучшению износостойкости.

Высокая производительность и качество получаемой поверхности на порядок выше, чем у других способов упрочнения металла.

Часто ионное азотирование является единственным способом обработки точных деталей, которые работают в сложных условиях и агрессивных средах с ударной нагрузкой. А в некоторых случаях им можно заменить некоторые антикоррозионные гальванические покрытия.



ИОННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ

Технология предусматривает возможность обработки стальных, в том числе и нержавеющей, чугуновых и титановых инструментов и деталей различных размеров и конфигураций



Оси



Распредвал



Титановый инструмент



Шестерня



Импланты



Контрольные вопросы:

1. Какие этапы ионного азотирования?
2. Параметры ионного азотирования
3. Температура при которой проводится ионное азотирование
4. Какие детали подвергаются ионному азотированию?
5. Сравнить стоимость цементации, азотирования, и ионного азотирования



ЦИАНИРОВАНИЕ И НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯ

Цианирование – это одновременное насыщение поверхности углеродом и азотом.



Установка для газового цианирования



Жидкое цианирование

В зависимости от среды, в которой его проводят, различают жидкое и газовое цианирование. Жидкое – в расплавах солей NaCN и Na_2CO_3 , газовое – в среде CH_4 и NH_3 .

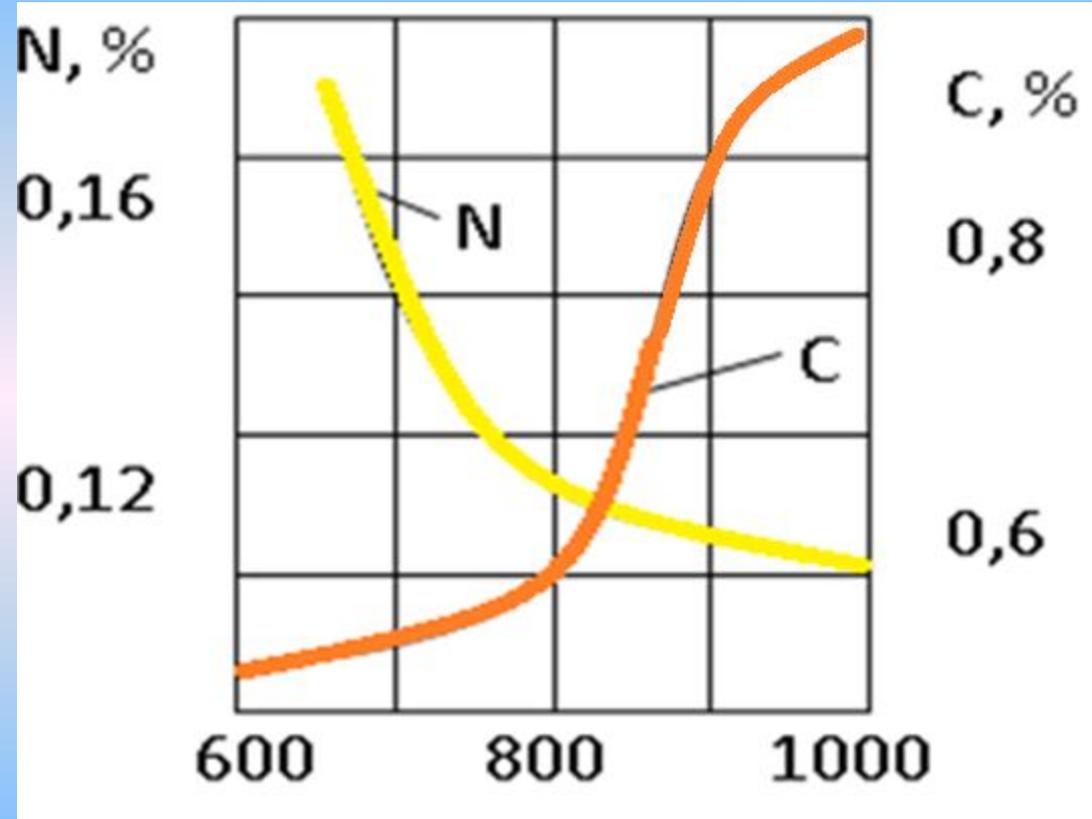
[Химико-термическая обработка металлов .mp4](#)



ЦИАНИРОВАНИЕ И НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯ

Структура и свойства после цианирования в значительной степени зависят от температуры процесса.

С повышением температуры растет содержание углерода в поверхностном слое, а с понижением температуры – содержание азота

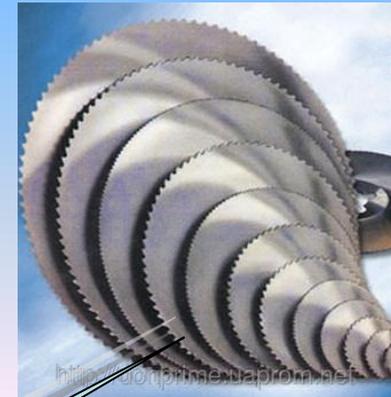


Содержание углерода и азота в поверхностном слое в зависимости от температуры цианирования



ЦИАНИРОВАНИЕ И НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯ

Различают низкотемпературное и высокотемпературное цианирование.



Установка для жидкого цианирования

Низкотемпературное цианирование проводится при температуре 550–600 °С для любых сталей (чаще всего для инструмента из быстрорежущей стали). Ему предшествует улучшение.



ЦИАНИРОВАНИЕ И НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯ

Высокотемпературное цианирование проводится в широких пределах – 800–950 °С для низко- и среднеуглеродистых сталей

После высокотемпературного цианирования следуют закалка и низкий отпуск. Разновидностью цианирования является **нитроцементация**, представляющая собой высокотемпературное газовое цианирование, которое проводится при температуре 850 °С.



Нитроцементация стали

Следует отметить ряд преимуществ нитроцементации по сравнению с цементацией:
1. достижение более высокой твердости (за счёт образования карбонитридов)

2. Возможность проводить закалку непосредственно после нитроцементации. 3. Получение более мелкого зерна. 4. Более низкая температура нагрева и др.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

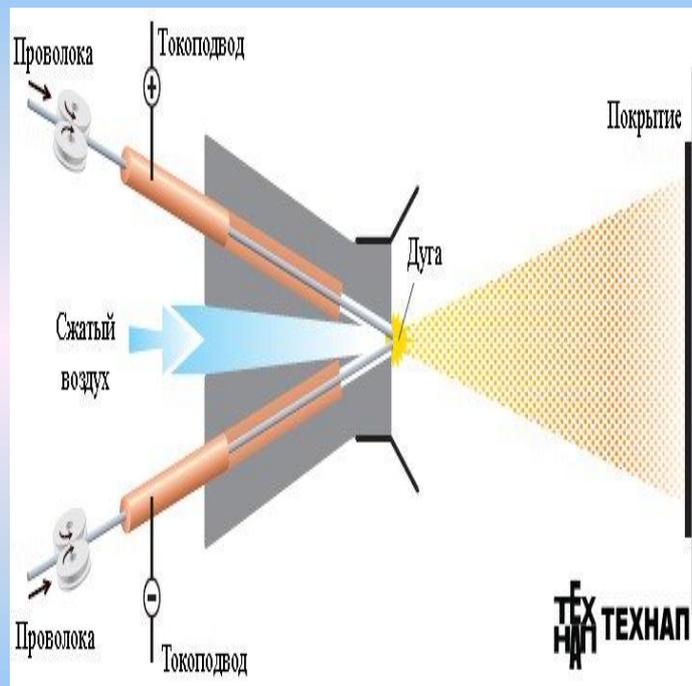
1. В чем заключается цианирование?
2. Охарактеризовать низкотемпературное цианирование.
3. Что представляет собой высокотемпературное цианирование
4. Что такое нитроцементация? В чем ее преимущества по сравнению с цементацией



ДИФФУЗИОННАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ

Диффузионной металлизацией называется химико-термическая обработка, при которой поверхность стальных деталей насыщается различными химическими элементами – металлами.

На практике наиболее часто применяют насыщение поверхностного слоя алюминием (алитирование), хромом (хромирование), кремнием (силицирование) и др. Возможно и комбинированное насыщение двумя или несколькими элементами.



Диффузионная металлизация

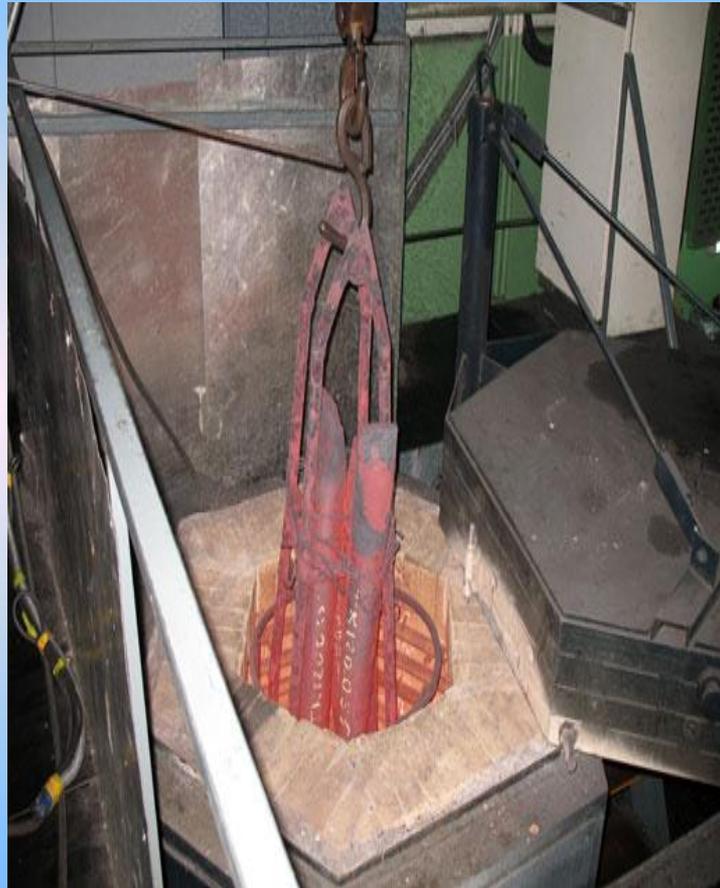
Металлы образуют с железом твёрдые растворы замещения, поэтому диффузия их осуществляется значительно медленнее, чем диффузия углерода или азота, а процессы диффузионной металлизации проводят при более высоких температурах – от 900 до 1150оС.

повышается коррозионная стойкость, жаростойкость, износостойкость рабочих поверхностей деталей. Применяется для деталей теплоэнергетического машиностроения.



Силицирование - заключается в диффузионном насыщении поверхностного слоя металла (стали, чугуна, тугоплавких металлов и сплавов) кремнием при температуре 950...1200 оС в соответствующей среде.

Силицированный слой стали представляет собой твердый раствор кремния в α -железе, под которым часто образуется слой перлита; обладает высокой устойчивостью против коррозии в морской воде, в кислотах (HNO_3 , H_2SO_4 , HCl и др.) при комнатной и повышенных температурах и проявляет жаростойкость до 800 оС (у аустенитных сталей до 1000 оС).



Твердость обработанного слоя стали невысока - 200...300 HV (2000...3000 МПа). Он имеет повышенную пористость и после проварки в масле при 175...200 оС приобретает хорошие антифрикционные свойства.

Методу силицирования подвергают детали оборудования химической, бумажной и нефтяной промышленности.



Борирование - заключается в насыщении поверхностного слоя стали бором при нагревании в соответствующей среде.

Структура борированного слоя стали перлитного класса состоит из столбчатых кристаллов боридов железа FeB , Fe_2B .

Борированию подвергают чаще всего среднеуглеродистые нелегированные стали 30, 35, 40, 45, 50 и легированные стали 30ХГС, 40ХС, 50Г. Полученный слой обладает высокой твердостью 1500...1800 HV (15000...20000 МПа), что обеспечивает повышенную абразивную износостойкость при высоких температурах (до 900 С°).

Борированием повышают износостойкость втулок грязевых нефтяных насосов, формовочных штампов, деталей пресс-форм и машин для литья цветных металлов, деталей гусеничных машин, различных транспортеров и цепей, работающих в абразивных средах.



Цепь

Так, например, борированная сталь 45 в условиях сухого трения скольжения проявляет в 4.6 раз большую износостойкость, чем цементованная сталь. Борирование также повышает коррозионную и фреттинг-коррозионную стойкость, жаростойкость (до 800 С°) и теплостойкость.



Сульфидирование — заключается в насыщении поверхностного слоя металла (стали, чугуна, сплавов титана и др.) серой в соответствующих соляных ваннах. Глубина сульфидированного слоя достигает 50 мкм.

Сульфидирование может быть низко-, средне- и высокотемпературным (150...450; 540...580; 850...950 оС соответственно).

При сульфидировании на поверхностях обрабатываемых металлов образуется пленка сульфида железа, на сталях FeS, FeS₂ и другие железо-сернистые соединения. Ферро-сульфидная пленка имеет высокую пористость.



Пленка сульфида железа повышает износостойкость трущихся поверхностей и их прирабатываемость, обладает противозадирными свойствами и повышает критическую нагрузку схватывания и заедания, а также понижает коэффициент трения.

Смазочный материал, заполняя эти поры, сообщает сульфидированным материалам свойства самосмазывания.



Сульфидный слой и мягкие слабоабразивные продукты износа обладают высокой адсорбционной способностью и активируют молекулы смазочного материала.

Благодаря таким свойствам приработка в масле поверхностей трения (например, зубчатые колеса) ускоряется, и быстро устанавливается равновесная (эксплуатационная) шероховатость с высоким качеством поверхностей трения. Шероховатость приближается к 9-10 классам ($Ra\ 0,32...0,4\ \mu\text{m}$). Ценно то, что по мере износа под влиянием температуры и давления атомы серы диффундируют в глубь поверхности, повышая антифрикционные свойства



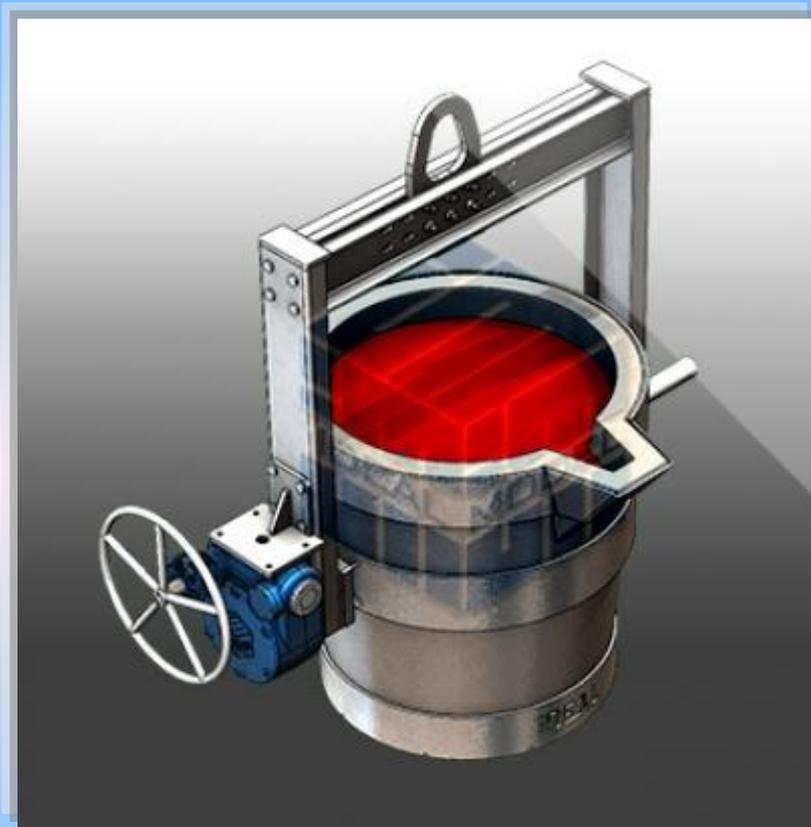
Полученный насыщенный серой слой значительно превосходит по своей противоизносности начальный. Например, в ДВС благодаря циркуляции масла наличие сульфидированных деталей приводит к улучшению работы всех трущихся пар, так как сульфиды, переносимые маслом, попадают на все поверхности трения трибосопряжений.

Сульфоцианирование, в сравнении с сульфидированием, не только ускоряет приработку, но и существенно повышает износостойкость за счет твердости и сопротивления усталости.



Структура алитированного слоя - твердый раствор алюминия в α -железе.
Содержание алюминия в алитированном слое может достигать 40...50%, что сильно повышает хрупкость слоя.

Для снижения концентрации алюминия проводят отжиг при 900...1000 $^{\circ}\text{C}$.
Толщина алитированного слоя возрастает на 20...40%, концентрация алюминия снижается до 30%.
Твердость и стойкость деталей в результате алитирования повышается в 6... 7 раз при температуре эксплуатации 1000 $^{\circ}\text{C}$ и примерно в 20 раз при 800 $^{\circ}\text{C}$.



Разливочный ковш

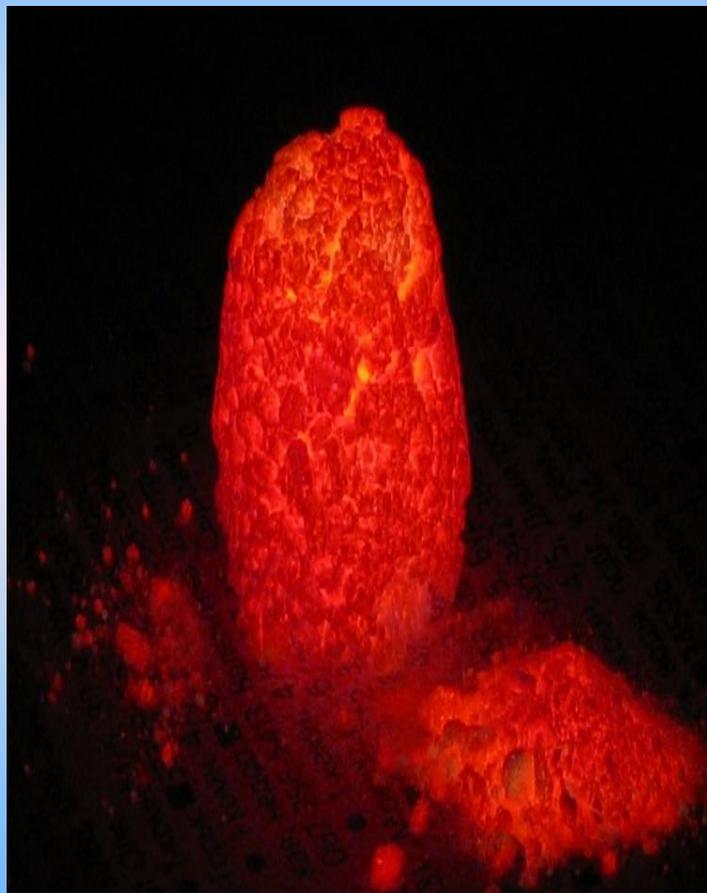
Алитирование применяют для обработки топливной аппаратуры газогенераторных машин, чехлов термодар, деталей разливочных ковшей, тиглей, клапанов и др. деталей, работающих при высоких температурах.



Диффузионное меднение. Для образования диффузионных покрытий представляют интерес металлы первой группы периодической системы Д.И.Менделеева: медь, серебро и золото. Наибольшее распространение в машиностроении имеет медь.

Она образует устойчивые диффузионные покрытия на стали и чугуне.

Медь принадлежит к металлам сравнительно мало активным в химическом отношении. Чистая медь имеет высокий коэффициент тепло- и электропроводности. Медь является довольно устойчивым в коррозионном отношении элементом, и практически в 100 случаях защищает поверхности трения ТС от повреждений фреттинг-коррозией.



Широко используются в промышленности медные покрытия, наносимые на детали различными методами: гальванический, механический, ФАБО, химический, диффузионный

Отмечено, что при внесении в зону трения металлоплакирующих масел группы Л-С (ТУ 38101482), устойчиво реализуется эффект избирательного переноса.



Хромирование - заключается в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали хромом при температуре 900...1400 С° в соответствующей технологической среде.

Наиболее удобно и просто диффузионное покрытие осуществляется в среде расплавленных электролитов: расплавленных щелочей, при помощи порошкообразной смеси и др. Железные сплавы, легированные хромом, по своим свойствам занимают ведущее положение в технике и являются одним из основных металлов, используемых для насыщения покрытий.



В результате хромирования у стали повышаются жаростойкость (до 800 оС); коррозионная стойкость в пресной и морской воде, в азотной, уксусной и фосфорной кислотах; эрозионная стойкость при низкой и высокой температурах; твердость и абразивная износостойкость сталей, содержащих углерода более 0,3...0,4%.

Хромовые покрытия применяют для защиты черных металлов от коррозии, для повышения механических свойств поверхностей трения деталей ТС в машиностроении. Хромовые покрытия наносят как путем электролиза, так и методом диффузии.



Контрольные вопросы

1. Виды диффузионной металлизации
2. Механизм процесса диффузионной металлизации
3. Температура процесса
4. Влияние диффузионной металлизации на свойства материала

На самостоятельную работу
выносятся:

1. Поверхностная пластическая деформация
2. Хромирование стали
3. Борирование
4. Лазерное легирование

Литература

Гладкий И.П. Технология конструкционных материалов и материаловедение /И.П. Гладкий,В.И.Мощенок,В.П.Тарабанова - Х.:ХНАДУ,2014.-576с.

Лахтин Ю.М. Материаловедение: учебн. для машиностроительных вузов/Ю.М.Лахтин,В.П.Леонтьева.-М.:Машиностроение,1990.-528с.

<http://dl.khadi.kharkiv.edu/course/view>. Логин: glushkova639





Кафедра технології металів і матеріалознавства

E-mail diana.borisovna@gmail.com

Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lect10_1M_TKMIM_GDB_07.04.15

