

# ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА (ХТО)

# ХТО

## **Цель химико-термической обработки:**

Поверхностное упрочнение металлов и его сплавов и повышение их стойкости против воздействия химически-активных сред при нормальной и повышенной температурах и в целом долговечности изделий, работающих в тяжелых условиях.

Химически-активные среды ХТО:

1. твердая;
2. газовая;
3. жидкая.

## Процессы ХТО состоят из трех стадий:

1. Диссоциации (заключается в распаде молекул и образовании активных атомов);
2. Абсорбции (взаимодействия атомов элемента с поверхностью стального изделия и образования химических связей с атомами металла);
3. Диффузии (проникновения насыщающего элемента в глубь металла).

Наиболее широко используются методы насыщения поверхностного слоя стали углеродом и азотом как порознь, так и совместно. Это процессы *цементации* (науглероживания) поверхности, *азотирования* — насыщения поверхности стали азотом, *нитроцементации* и *цианирования* — совместного введения в поверхностные слои стали углерода и азота.

Насыщение поверхностных слоев стали иными элементами (хромом — *диффузионное хромирование*, бором — *борирование*, кремнием — *силицирование* и алюминием — *алитирование*), применяются значительно реже.

Процесс диффузионного насыщения поверхности детали цинком называется *цинкованием*, а титаном - *титанированием*.

# Цементация

Под *цементацией* принято понимать процесс высокотемпературного насыщения поверхностного слоя стали углеродом.

Цементация как процесс химико-термической обработки, в основном, применяется для низкоуглеродистых сталей типа *Ст2, Ст3, 08, 10, 15, 20, 15Х, 20Х, 20ХНМ, 18ХГТ, 25ХГТ, 25ХГМ, 15ХГНТА, 12ХНЗА, 12Х2Н4А, 18Х2Н4ВА* и др., однако в ряде случаев может быть использована при обработке шарикоподшипников — стали *ШХ15, 7ХЗ* и коррозионностойких сталей типа *10Х13, 20Х13* и т. д. Стали, рекомендуемые для цементации, должны обладать хорошей прокаливаемостью и закаливаемостью цементованного слоя, которые должны обеспечить требуемый уровень прочности, износостойкости и твердости.

Цементация производится в углероднасыщенных твердых, жидких или газообразных средах, называемых *карбюризаторами*.

# Азотирование

Под *азотированном* подразумевается процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стального изделия или детали азотом при нагреве в соответствующей среде. Целью азотирования являются повышение твердости поверхности изделия, выносливости и износостойкости, стойкости к появлению задиров и кавитационным воздействиям, повышение коррозионной стойкости в водных средах и атмосфере.

Азотированию подвергаются самые разнообразные по составу и назначению стали — конструкционные и инструментальные, жаропрочные и коррозионностойкие, спеченные порошковые стали, а также ряд тугоплавких материалов.

Температура процесса азотирования обычно не превышает  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако следует отметить, что в последние годы все большее распространение получает процесс высокотемпературного азотирования ( $600\text{--}1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Этот процесс применяют для насыщения азотом поверхностей деталей из ферритных и аустенитных сталей, ряда тугоплавких металлов — титана, молибдена, ниобия, ванадия и т. д.

Для азотирования в жидких средах, которое также называют «мягким азотированием» или «тенифер-процессом» применяют расплавы цианид-цианатных солей или ванны на основе карбамида. Однако жидкое азотирование не получило широкого распространения из-за токсичности процесса,

## ***Нитроцементация***

*Нитроцементация* или *цианирование* стали — процессы химико-термической обработки, заключающиеся в высокотемпературном насыщении поверхности изделия азотом и углеродом. Причем процесс совместного насыщения поверхности азотом и углеродом в жидких ваннах принято называть цианированием, а насыщение в газообразных средах — нитроцементацией. Процесс нитроцементации обычно ведут при температурах  $820\text{--}860\text{ }^{\circ}\text{C}$  в средах эндогазов и эндоэкзогазов с добавками природного газа (метана) и аммиака.

Основное назначение процесса нитроцементации — повышение твердости, контактной выносливости, износостойкости и предела выносливости изделий. Основной температурой процесса считается  $860\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При оптимальных условиях насыщения структура нитроцементованного слоя состоит из мартенсита, небольшого количества равномерно распределенных частиц карбонитридов и 25–30 % остаточного аустенита, обеспечивающего хорошую прирабатываемость.

## ***Цианирование***

*Цианирование* проводят при температурах от  $800$  до  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$  в расплавах, содержащих цианистые соли, причем с повышением температуры химико-термической обработки доля углерода в слое растет, а азота — понижается.

Структура насыщенного слоя после цианирования оказывается аналогичной структуре слоя после нитроцементации.

Цианирование применяется для изделий из низкоуглеродистых и низколегированных сталей и используют для повышения их поверхностной твердости, износостойкости, предела выносливости при изгибе и контактной выносливости.

Среди главных достоинств цианирования — относительно небольшая длительность процесса химико-термической обработки, малые деформации и коробления детали в ходе процесса насыщения, малые потери тепла. Главным же недостатком процесса цианирования является высокая токсичность применяемых расплавов и, следовательно, существуют экологические проблемы. Отсюда следует необходимость строительства изолированных помещений, установка в них систем вентиляции и очистки воздуха.

## **Цинкование**

*Цинкование* — процесс диффузионного насыщения поверхности детали цинком. Химико-термические методы цинкования включают в себя горячее цинкование или цинкование погружением, цинкование в порошке цинка — шерардизация, цинкование в парах цинка. Кроме этих методов используется электролитическое цинкование, металлизация напылением и нанесение цинкосодержащих красок. Цинкование — процесс, способствующий резкому повышению коррозионной стойкости. Повышение коррозионной стойкости при цинковании стальных деталей достигается за счет двух химических процессов: цинк, по отношению к железу являясь электроположительным металлом, тормозит коррозию поверхности детали.

Цинкование в парах цинка осуществляется в восстановительной среде водорода при температурах  $850\text{--}880\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении около  $80$  мм водяного столба. Время такого процесса достаточно велико и обычно составляет десятки часов. Толщина полученных слоев обычно не превышает  $0,1\text{--}0,2$  мм.

## ***Титанирование***

*Титанирование* — процесс диффузионного насыщения поверхности сталей титаном. Насыщение осуществляется при температурах порядка  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , глубина насыщения обычно не превышает  $0,3$  мм. С помощью титанирования стальным деталям придается исключительно высокая коррозионная стойкость, характерная для титана главным образом в средах различных кислот. Титанирование может проводиться в твердых (порошкообразных), жидких и газообразных насыщающих средах. Также возможно образование в поверхностном слое сталей интерметаллидного соединения  $TiFe_2$ . В сталях с высоким содержанием углерода в поверхностных слоях дополнительно образуются карбидные соединения, резко повышающие твердость насыщенного слоя.