

Процессы поверхностного насыщения азотом: технологии, материалы, применение

Студент группы 10401121 Эмесибе Ф. Ч.

Научный руководитель – Корнеева Е. К.

Белорусский национальный технический университет
Республика Беларусь, г. Минск

Поверхностное насыщение азотом является одним из важных процессов термической обработки стали и сплавов, направленным на улучшение их эксплуатационных свойств. Этот метод позволяет значительно повысить твердость и износостойкость поверхностного слоя, что делает материалы более устойчивыми к механическим и химическим воздействиям. В данной работе рассматриваются механизмы насыщения, типы сталей и сплавов, а также применение данного процесса в промышленности.

Процесс насыщения азотом заключается в диффузии атомов азота в поверхностный слой металла при высоких температурах. Этот процесс может быть осуществлен различными методами, включая нитрацию в газовой среде, нитрацию в жидкой среде и плазменное азотирование, которое обеспечивает более равномерное распределение азота.

Нитрация в газовой среде – процесс введения нитрогенных групп (например, $-\text{NO}_2$) в молекулы органических соединений с использованием газообразных реагентов. Этот процесс может происходить в различных условиях, таких как высокие температуры или под давлением.

Нитрация стали при помощи газовой технологии состоит из нескольких этапов:

1. Предварительная термообработка (закаливание металла и высокий отпуск).
2. Обработка механическим способом.
3. Обеспечение защиты в местах, которые не подвергаются упрочнению.

4. Размещение изделий в специальном герметичном муфеле, который, впоследствии, устанавливается в печь, разогреваемую в пределах $500 \dots 600^\circ\text{C}$. В емкость подается аммиак, разлагающийся на атомарный азот и углеродные соединения под влиянием повышенной температуры. Азотные компоненты проникают в структуру стального сплава, образуя нитриды, которые отличаются повышенной твердостью.

5. Закрепляют результат и препятствуют окислению путем охлаждения заготовки, не вынимая ее из печи. Как следствие, образуется слой нитридов $0,3 \dots 0,6$ мм. Дополнительное обрабатывание поверхности не предусматривается

Нитрация в жидкой среде – процесс введения нитрогенных групп в органические молекулы с использованием жидких реагентов, обычно азотной кислоты и серной кислоты.

Плазменное азотирование – метод обработки материалов, который использует плазменные технологии для введения нитрогенных групп в поверхность материала, чаще всего в металлы и металлические сплавы. Этот процесс позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики, такие как твердость, износостойкость и коррозионную стойкость.

Процесс плазменного азотирования происходит в тлеющем разряде: изделие, подвергающееся обработке, подключается к катоду (электрод с отрицательным значением). В качестве анода используется муфель. Первая стадия предполагает очищение поверхности путем катодного распыления, а вторая – непосредственно насыщение слоя нитридами.

В результате насыщения образуются нитриды, которые значительно увеличивают твердость и прочность материала [1].

Подобной разновидностью ХТО обрабатываются легированные и углеродистые стали, содержащие углерод в пределах от 0,3 до 0,5 %. Особо высокую результативность обеспечивают легирующие компоненты, что способны образовать высокопрочные и устойчивые к термическому воздействию нитриды, к примеру, алюминий, молибден или же хром. Впрочем,

повышающие твердость поверхностного слоя компоненты, нередко не позволяют наносить достаточно толстый слой азота на поверхность.

Для азотирования рекомендуется использование следующих марок низколегированных и легированных сталей:

- 38Х2МЮА, содержащую алюминий, который снижает стойкость заготовки к деформации и одновременно способствует повышению показателей твердости и устойчивости к износу после обработки;

- 40Х и 40ХФА, представляющие собой сплавы низкого легирования, которые после обработки поверхности нитридами широко используются для производства станков и оборудования с нестандартными характеристиками;

- 30Х3М, 38ХГМ и 38ХНМФА, которые используются при изготовлении деталей, функционирующих в условиях регулярных нагрузок на изгиб;

- 30Х3МФ1, предназначенную для производства заготовок с повышенными требованиями к точности параметров (допускается обогащение сплава кремнием в целях создания конструктивных элементов топливной аппаратуры).

Азотированию подвергаются все стали, но эффективность применения технологии тем выше, чем выше в ней содержание легирующих элементов: хрома, молибдена, алюминия, кремния, ванадия, титана, ниобия, циркония и др.

Глубина азотированного слоя и его поверхностная твердость – это две основные характеристики, показывающие степень эффективности применения технологии азотирования для тех или иных марок сталей [2].

Процесс насыщения азотом находит широкое применение в различных отраслях машиностроения для изготовления деталей, работающих в условиях высоких нагрузок, таких как шестерни, валы и подшипники, авиационной и автомобильной промышленности для повышения надежности и долговечности компонентов, подвергающихся динамическим нагрузкам, инструментального производства для улучшения характеристик режущих инструментов и форм, что позволяет увеличить их срок службы.

В настоящее время азотирование применяется для повышения надежности изделий широкой номенклатуры: гильз, цилиндров, коленчатых и распределительных валов, шпинделей металлорежущих станков, штампов и режущего инструмента, деталей турбин и др. Такие детали, как пружины клапанов, используемые в двигателях с высокими эксплуатационными характеристиками, должны иметь особенно высокую жаростойкость в условиях эксплуатации таких двигателей при повышенных температурах. Азот очень эффективен для повышения теплостойкости и эта его особенность становится все более привлекательной, когда речь идет о работе деталей или инструмента в тяжелых эксплуатационных условиях [3].

Исследования в этой области продолжаются, и новые технологии, такие как плазменная нитрация, открывают дополнительные возможности для применения данного метода в промышленности. В частности, азотирование нержавеющей сталей претерпело наибольшее развитие за последние 10 лет. Исследования позволили улучшить понимание и стоимость процесса, обеспечив при этом высокоточный контроль над ним.

Хотя азотирование уже широко используется в промышленности, ожидается, что в течение следующего десятилетия его применение возрастет еще сильнее [4].

Список использованных источников

1. Лахтин, Ю. М., Коган, Я. Д. Азотирование стали / Ю. М. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.
2. Степанова, Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин: учебное пособие / Т.Ю. Степанова. – Иваново: Ивановский государственный химико-технологический ун-т, 2009. – 64 с.
3. Майсурадзе, М. В. Цементация, нитроцементация и азотирование стальных изделий:

учебное пособие / М. В. Майсурадзе [и др.]. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2021. – 102 с.

4. Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 2. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки / редкол.: В. Г. Залесский (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2020. – 100 с.