

УДК 621.81.004.67:631.3.004.67

**ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ И УПРОЧНЕНИИ
ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

**APPLICATION OF VACUUM ION-PLASMA TECHNOLOGIES
IN RESTORATION AND STRENGTHENING
OF MOTOR VEHICLE PARTS**

Лойко В. А., канд. техн. наук, доц.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
V. Loiko, Ph. D. in Eng., Ass. Prof.,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Рассмотрены особенности эффективных вакуумных ионно-плазменных методов упрочнения и восстановления деталей автомобилей и даны рекомендации по их применению.

The features of effective vacuum ion-plasma methods for strengthening and restoring car parts are considered and recommendations for their use are given.

Ключевые слова: детали автомобиля, ремонт, вакуумные ионно-плазменные технологии, восстановление, упрочнение, качество.

Keywords: car parts, repair, vacuum ion-plasma technologies, restoration, hardening, quality.

ВВЕДЕНИЕ

Восстановление деталей автотранспортных средств является важным направлением в ресурсосбережении т. к. обеспечивает экономию металлов, топливно-энергетических и трудовых ресурсов, охрану окружающей среды. Решение проблемы достигается обеспечением ресурса работы узлов и агрегатов транспортных средств путем повышения долговечности и износостойкости критически ответственных и важных деталей.

Исходя из условий работы к поверхностям деталей и узлов механизмов предъявляются противоречивые или взаимно исключаящие требования, выполнение которых внедрением новых технологий

упрочнения и восстановления поверхностей с применением упрочняющей обработки, композитных покрытий и вакуумных ионно-плазменных технологий их нанесения.

ВАКУУМНЫЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ И УПРОЧНЕНИИ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Вакуумная ионно-плазменная обработка является одним из важных направлений повышения ресурса деталей автотранспортных средств за счет улучшения износостойкости и других эксплуатационных свойств.

Вакуумные ионно-плазменные технологии по способу реализации [1] классифицируют: ионно-плазменные (нанесение моно- и многослойных высокотвердых, более 2 ГПа, покрытий для упрочнения и защиты деталей от агрессивных воздействий; ионно-имплантационные (ионное легирование поверхности детали); обработка, например, ионное азотирование в тлеющем разряде); совмещение и комбинирование методов обработки для реализации ионного легирования и нанесения покрытия в едином вакуумном объеме, за один технологический цикл; вакуумные ионно-имплантационные технологии.

В основе *осаждения покрытий из плазмы разряда с интегрально холодным катодом* (вакуумно-плазменное напыление КИБ) лежит процесс генерации металлической плазмы в вакууме низковольтным разрядом (дугой). Метод конденсации с ионной бомбардировкой рекомендуется для нанесения покрытий из переходных металлов IV–VI А групп Периодической системы (Ti, Cr, Zr, V, Mo) и их тугоплавких соединений на металлические детали автомобиля, режущий инструмент и оснастку ремонтного производства. Особенности метода является низкая температура процесса (200–500 °С), сохранение параметров микрорельефа поверхностей инструмента и малая толщина слоя покрытия (3–10 мкм), изменение размера в пределах поля допуска большей части деталей автомобиля, что позволяет исключить последующие механическую и термическую обработки. Вакуумная ионно-плазменная технология, позволяет наносить композиционные многослойные покрытия общей толщиной до 50 мкм.

Состав композиционного покрытия выбирают с учетом условий работы детали, материала основы и характера предварительной термической и механической обработки [1]. Применяют для восстановления и упрочнения относительно небольших деталей автотранспортных средств, в том числе прецизионных деталей топливной и гидроаппаратуры.

Вакуумная ионно-плазменная технология *химико-термической обработки* [2] заключается в низкотемпературном насыщении обрабатываемой поверхности активными ионами легирующего вещества (NH_3 , CH_4 или CN_4 и NH_3 и др.), проникновении их в поверхностный слой с незначительным нагревом без коробления детали и разупрочнения основы. Это низкотемпературные (500–600 °С) химико-термические процессы в импульсной плазме тлеющего разряда в контролируемом реакционноспособном вакууме. Такая обработка повышает поверхностную твердость, износо- и задиростойкость, усталостную прочность и коррозионную стойкость деталей из сталей перлитного, мартенситного, аустенитного классов, чугунов и алюминиевых сплавов. Процесс производителен (время обработки в 2–4 раза меньше), экономичен (энергозатраты в 1,5–3 раза меньше, расход аммиака в 20–50 раз меньше, экологически чистое производство), минимизирует деформации и исключает финишную обработку. Ионное азотирование применяют при упрочнении точных, прецизионных, тяжело нагруженных, работающих в экстремальных условиях деталей: зубчатых колес всех видов, в том числе с внутренним зацеплением, с модулем от 0,5 до 10 мм; червяков, муфт, в том числе зубчатых, шпинделей и пинолей, ходовых винтов и гаек шариковых винтовых пар и пар «винт-гайка скольжения»; клапанов и шаровых пальцев; гильз цилиндров; распределительных и коленчатых валов; деталей гидравлики, в том числе штоков гидроцилиндров; деталей топливной и распределительной аппаратуры, в том числе плунжерных пар, втулок, кулачков, копиров и др.

Ионная имплантация заключается во внедрении ускоренных до энергии 1–10 МВ, ионов легирующего элементов в кристаллическую решетку основы. Имплантированные ионы, проходя через вещество мишени, теряют свою энергию, которая затрачивается на образование дефектов кристаллической структуры. При этом стимулируются процессы кристаллизации и перекристаллизации.

Имплантация химически активных элементов приводит к образованию химических соединений. Внедрение ионов N^+ , C^+ , Ti^+ , Cr^+ на поверхности повышает их эксплуатационные характеристики, увеличивает усталостную прочность и коррозионную стойкость.

Ионная имплантация приводит к повышению износостойкости и антифрикционных свойств поверхностей изделий деталей автомобилей. Упрочнение происходит в результате блокировки дислокаций [3]. Имплантацией ионов N^+ упрочняют изделия из сталей, зона облучения не локализована и деталь практически не нагревается.

Рассмотренные выше технологии, знание конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, связанных с износостойкостью деталей автомобилей, позволили сформулировать методологию выбора процесса нанесения покрытий с целью упрочнения и восстановления деталей автомобилей [4].

Формируют композиционные по составу, структуре, следовательно, по физико-механическим и триботехническим свойствам покрытия, включающие от одного до трех и более слоев в зависимости от величины износа. В ряде случаев рекомендуем трехслойной композиции из слоя-подложки TiC до 6 мкм, твердого барьерного слоя TiN с повышенной теплостойкостью до 2 мкм и наружного «мягкого» слоя твердой смазки MoS_2 толщиной до 2 мкм для обеспечения оптимальной приработки деталей трущейся пары.

Выбор конструкции (состава) покрытия для упрочнения и (или) восстановления поверхностей деталей, и комбинации технологических процессов нанесения следует рассматривать в виде функциональных моделей многосвязных технологических сред. Изменения ее размерности путем выделения существенных связей и подавления несущественных при сохранении корректности и адекватности. Автоматизированная генерация технологических сред заданного уровня для выделенного объекта упрочнения и (или) восстановления принципиально возможна на основе их функциональных моделей, созданных с применением CALS-технологий [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение современных материалов и комбинированных вакуумных ионно-плазменных технологий позволяет обеспечить противоречивые требования к поверхностям деталей автотракторной тех-

ники при условии создания новых специализированных и универсальных установок для их реализации. Выбор конструкции, материала покрытия для восстановления деталей автотранспортных средств и сочетания технологий их получения является сложной задачей управления процессами комбинированной обработки, решение которой в применении синергетического подхода к техническим системам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве / В. А. Лойко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2008. – 192 с.
2. Способ ионного азотирования конструкционных легированных сталей. Патент РФ № 2760309 от 2020.11.20. МКП С23С 8/36, С23С 14/06, С23С 14/06.
3. Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов / К. К. Кадыржанов [и др.]. – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 640 с.
4. Ивашко, В. С. Технологические плазменно-вакуумные устройства специального назначения для нанесения покрытий / В. С. Ивашко, В. А. Лойко // Изобретатель. – 2020. – № 2 (238), – С. 17–22.
5. Акулович, Л. М. Самоорганизация процессов упрочняющей обработки./ Л. М. Акулович, В. С. Ивашко, М. Л. Хейфец. – Минск : Народная книга, 2008. – 235 с.

Представлено 06.06.2024