

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОНСТРУКЦИОННЫХ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ПУТЕМ НАНЕСЕНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

*Ильичев Л. Л., Рудаков В. И., Клевцов Г. В., Клевцова Н. А.

Оренбургский государственный университет

Оренбург, Россия

*Klevtsov11948@mail.ru

В настоящей работе рассмотрены результаты исследований по повышению износостойкости и коррозионной стойкости изделий из конструкционных и инструментальных сталей методом нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий сложного состава на основе карбидов, нитридов и карбонитридов тугоплавких металлов.

Разработанные технологические процессы обеспечивают повышение износостойкости металлообрабатывающего инструмента из быстрорежущих сталей в среднем в 3-4 раза и деформирующего инструмента для обработки металлов давлением – в 5-6 раз. Технология ионно-плазменной конденсации покрытий различного состава позволяет значительно увеличить коррозионную стойкость деталей газозапорной арматуры, работающей в сероводородо-содержащих средах в среднем в 3-5 раз. Значительная экономическая эффективность получена при упрочнении поршневых колец магистральных тепловозов, компрессорных установок и деталей двигателя автомобилей.

Проводится отработка технологических процессов по нанесению на инструментальные стали и твёрдые сплавы алмазоподобных покрытий на установке УВНИПА-01-001 с сепарацией микрокапельной фазы. Углеродные конденсированные покрытия благодаря своим уникальным свойствам находят всё более широкое применение в качестве защитных и износостойких покрытий на ответственных деталях приборостроения и машиностроения. Алмазоподобные углеродные плёнки осаждаются в основном из парогазовой фазы углеродосодержащих материалов.

Изучение структуры покрытий сложного состава и алмазоподобных плёнок проводили в растровом электронном микроскопе «JEOL JSM-T20». Состав поверхности покрытий определяли методом микрорентгеноспектрального анализа на анализаторе «Comibax MS-40». Для изучения распределения элементов в объёме покрытий, проводили травление аргонной плазмой в установке ВУП-4 по разработанной методике, которая позволила получать малоугловые срезы покрытий. Использовали сканирующий туннельный микроскоп (СТМ-метод). Толщина конденсированных покрытий определяли на γ -толщиметре «Microderm MP-700». Распределение микротвёрдости материала на поверхности покрытий проводили на микротвердометре ПМТ-3; твёрдость (HRC) измеряли на твердометре «Sonodur 100-1». Разработка технологических процессов нанесения покрытий сложного состава и алмазоподобных плёнок потребовало решения ряда теоретических и экспериментальных задач.

Основным критерием эффективности разработанных технологических процессов служили эксплуатационные испытания. С использованием образцов-свидетелей, соответствующих по составу, структуре и механическим свойствам упрочняемых сталей, изучали влияние давления реакционного газа на свойства покрытий, степень активации поверхности при нагреве ионной бомбардировкой, влияние технологических параметров конденсации покрытий на их структуру и свойства. Разработаны теоретические модели и проведена экспериментальная проверка взаимодействия плазменного потока с поверхностями разной кривизны и с различной ориентацией поверхности к оси плазменного потока. Были проведены работы по изучению структуры и свойств инструмента, упрочнённого многослойными и композиционными покрытиями. Эксплуатационные испытания при обработке легированных сталей, титановых и цветных сплавов показали повышение износостойкости инструмента в 3-4 раза. Аналогичный цикл работы проведен по разработке составов покрытий для упрочнения инструмента из

твёрдых сплавов. Разработанные многослойные и композиционные ионно-плазменные покрытия увеличивают коэффициент относительной стойкости инструмента в 3-4 раза при увеличении скорости резания на 50 %.

Разработка технологического процесса упрочнения инструмента сложными карбонитридными потребовало проведения значительного объема экспериментальной работы, связанной с оптимизацией соотношения азота и углеродосодержащего газа (ацетилен) и режимов конденсации покрытий. С целью изучения структуры и свойств карбонитридных покрытий при упрочнении инструментальных сплавов, разработана конструкция установки, позволяющая плавно менять содержание азота и ацетилена в реакционной камере установки.

Плазменные покрытия из карбидов и карбонитридов в виде отдельных слоёв или их комбинаций на формирующие части пресс-форм и штампов, по данным эксплуатационных испытаний, увеличивают их стойкость в 3-4 раза по сравнению с однослойными покрытиями из нитрида титана. При разработке технологии нанесения вакуумных коррозионно-стойких покрытий проведены комплексные исследования структуры их свойств, которые подразделяются на две группы: проверка качества и структуры покрытий, изучение действия коррозионной среды на характеристики стойкости покрытий. При оценке качества покрытий проводились работы по определению толщины, пористости, адгезионной прочности, твёрдости, уровня внутренних напряжений, сопротивления износу. Особенно важное значение эти работы имеют при разработке технологии нанесения покрытий сложного состава, где большое внимание уделялось взаимодействию слоёв покрытий на свойства и структуру. Для проведения ускоренных коррозионных испытаний в сероводородосодержащих средах использовалась специально изготовленная установка и разработаны методики ускоренных испытаний с приложением и без приложения растягивающих напряжений. Одновременно проводились натурные испытания образцов с различными покрытиями.

В результате разработаны составы коррозионно-стойких покрытий на основе комбинаций слоёв из чистых металлов и их нитридов. Производственные испытания деталей газозапорной арматуры с антикоррозионными покрытиями показали увеличение стойкости в среднем в 2-3 раза, при этом проведена замена высоколегированных сталей на низколегированные. Разработанные технологические процессы нанесения износостойких и коррозионно-стойких покрытий рекомендованы к внедрению на нефте- и газоперерабатывающих предприятиях.

Большими возможностями технология ионно-плазменной конденсации покрытий обладает при упрочняющей обработке различных деталей для автомобильного и железнодорожного транспорта. Проведенные исследования и эксплуатационные испытания деталей с покрытиями показали значительное увеличение износостойкости (в 2-3 раза) цилиндров, поршневых колец, плунжерных пар и ряда других деталей. Наиболее эффективно нанесение четырёхслойных покрытий на основе чистых компонентов и их нитридов (алюминий, хром, молибден). Высокая адгезионная прочность, износостойкость и прирабатываемость покрытий, высокая степень воспроизводимости дают основание рекомендовать разработанные технологии к широкому внедрению.

Использование в качестве покрытий углеродных алмазоподобных плёнок и проведённые предварительные исследования и испытания отражают большие перспективы покрытий из углеродной плазмы.

Изображение поверхности и поперечных срезов алмазной плёнки, полученных методом сканирующей электронной микроскопии, отражают явно выраженное поликристаллическое строение. Изменяя технологические параметры конденсации углеродных покрытий, можно, получить кристаллические, аморфно-кристаллические и аморфные структуры покрытий в зависимости от потребности и служебных назначений деталей и инструмента.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ 06-08-96906р_офи-а).