ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/303

**ИМПЛАНТАЦИЯ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ИОНАМИ АЛЮМИНИЯ, БОРА,
КИСЛОРОДА И ЕЁ КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ**

Дорофеева Т.И., Губайдулина Т.А., Сергеев О.В., Сунгатулин А. Р., Сергеев В.П.
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия
dorofeeva@ispms.tsc.ru

Защита металлических деталей машин и механизмов от коррозии осуществляется путём нанесения покрытий, получаемых, как правило, гальваническими методами. К ценным свойствам гальванического метода следует отнести возможность регулирования толщины покрытия, особенно в тонких слоях. Однако, процесс гальванического нанесения покрытия, а также предварительное травление стали в кислотах согласно ГОСТ 9.305-84, вызывает наводороживание металла. Для деталей прецизионной техники это недопустимо.

Одним из способов решения описанной проблемы может стать замена гальванических методов получения покрытий на современные вакуумные технологии. Эти технологии позволяют получить качественное защитное покрытие без пор и микротрещин за один технологический цикл.

В связи с этим, целью данной работы явилось получение специального покрытия на образцах стали 12Х18Н9Т-ВД с использованием методов вакуумной ионно-пучковой модификации поверхностного слоя.

Для модифицирования поверхностного слоя изделий и экспериментальных образцов использовалась вакуумная технологическая установка УВН-05МД «КВАНТ», на которой смонтированы ионные имплантеры: непрерывный источник газовых ионов с полым катодом «ДИОНИС-2» и вакуумно-дуговой импульсный источник ионных пучков «ДИАНА-3. Образец помещали в камеру на вращающийся стол, расположенный на одном из сателлитов планетарного механизма поворота, с помощью которого можно переводить его без развакуумирования в положение напротив любого из двух обрабатывающих устройств. Вакуум создавали в камере с помощью безмаслянных откачных средств (форвакуумный спиральный насос и высоковакуумный криогенный насос), обеспечивающих величину остаточного давления газов не более 6×10^{-4} Па. Образцы сначала подвергались одновременной имплантации ионами алюминия и бора с ускоряющим напряжением 80 кВ и флюенсом $1 \cdot 10^{17}$ ион/см² и затем имплантации ионами кислорода с ускоряющим напряжением 10 кВ и флюенсом $1 \cdot 10^{18}$ ион/см².

Определение величины шероховатости поверхностно-модифицированного слоя (ПМС) экспериментальных образцов проводили при помощи контактного профилографа Alpha-Step IQ Surface Profiler.

Изменение массы образцов после ионной обработки производили на фольгах размером $\varnothing 35 \times 0,2$ мм, изготовленных из материала экспериментальных образцов. Массу фольг до и после обработки измеряли на аналитических весах ВЛР-200.

Для испытаний образцов с поверхностно-модифицированным слоем на коррозионную стойкость использовался испытательный стенд. Испытательный стенд представляет собой камеру с автоматической подачей соляного тумана и автоматическим таймером. Образцы перед испытаниями обезжиривались органическими растворителями: бензином, спиртом этиловым, не оставляющими следов на поверхности полированных образцов.

Образцы исследовались методом ВИМС для определения концентрации алюминия, бора и кислорода в поверхностном слое. Предельная концентрация алюминия, бора и кислорода в образце 1, 5 и 0,3 ат. % соответственно. При этом, имплантация ионов кислорода привела к травлению поверхности модифицированного ионами алюминия и бора образца. Модифицированный ионами алюминия и бора поверхностный слой после имплантации ионов кислорода стравился на ~ 70 нм. При этом ионы кислорода, алюминия и бора оказались на глубине до ~ 9 нм, ~ 35 нм и ~ 60 нм соответственно.

Секция 5. Дegradaция тонких пленок и многослойных покрытий как иерархически организованных структур

Проведены измерения шероховатости экспериментальных образцов, после ионной обработки. Ионная обработка не приводит к ухудшению шероховатости поверхности экспериментальных образцов, а приводит к некоторому улучшению вследствие травления поверхностного слоя в результате высокоэнергетической ионной обработки. Таким образом, качество поверхности напрямую зависит от предварительной подготовки поверхности образцов перед ионной обработкой.

На рис. 1 приведено изменение массы образцов из стали 12Х18Н9Т-ВД в зависимости от времени при испытаниях на коррозионную стойкость.

Рис.1. Изменение массы образцов из стали 12Х18Н9Т-ВД в зависимости от времени.

На исходных образцах из стали марки 12Х18Н9Т-ВД наблюдаемое изменение массы свидетельствует об образовании шпинельных соединений типа $\text{Fe}_x\text{Cr}_y\text{O}$, характерных для хромистых сталей.

Изменение массы образцов, которые сначала подвергались одновременной имплантации ионами алюминия и бора с последующей имплантацией ионами кислорода O^{2-} прекратилось через 60 часов коррозионных испытаний.

Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что при режиме ионно-пучкового пассивирования поверхности образцов из стали 12Х18Н9Т-ВД: имплантация ионов алюминия и бора с ускоряющим напряжением 80 кВ и флюенсом $1 \cdot 10^{17}$ ион/см² с последующей одновременной имплантацией ионов кислорода с ускоряющим напряжением 10 кВ и флюенсом $1 \cdot 10^{18}$ ион/см² предельная концентрация алюминия, бора и кислорода в образце 1, 5 и 0,3 ат. % соответственно

Установлено, что ионная обработка не приводит к ухудшению шероховатости поверхности экспериментальных образцов, а приводит к некоторому улучшению вследствие травления поверхностного слоя в результате энергетической ионной обработки.

Определено, что при ионной обработке образцов поверхностный слой образцов распыляется. Убыль массы стальных образцов составила $\sim 0,12$ мг/см².

Коррозионные испытания образцов показали, что через 60 часов на имплантированных образцах прекращается коррозионный процесс.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.