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: 10.17223/9785946218412/109

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И
СТРУКТУРУ КОБАЛЬТОВЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

¹Гальченко Н.К., ^{1,2}Колесникова К.А., ¹Раскошный С.Ю.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

²*Томский политехнический университет, Томск*

В последние годы активно рассматриваются методы создания металлических инертных анодов с защитными покрытиями из металла, кермета, керамики и оксидов, обеспечивающими высокую электропроводность всего анода. Из литературы следует, что этим требованиям могут удовлетворять кобальтовые покрытия с сформированными на их поверхности оксидами.

Одним из эффективных способов формирования покрытий на металлических анодах является комбинация шликерного метода нанесения ультрадисперсных порошков кобальта с последующим электронно-лучевым оплавлением и формированием на их поверхности оксидных пленок диффузионным или окислительным отжигом. Выбор компонентов покрытия, материала металлической основы, а также технологических приемов электронно-лучевого оплавления основан на минимизации концентрации металла основы на поверхности покрытия и необходимости получения в поверхностных слоях не менее 90 мас.% Со. Достижение результата может быть реализовано, в том числе, за счет легирования твердого раствора сформированного покрытия тугоплавкими легирующими элементами, повышающими прочность межатомных связей в кристаллической решетке.

Целью настоящей работы является исследование возможности применения электронно-лучевой технологии для создания металлических анодов с покрытиями системы Со - Х (где Х - W, Мо, Та) с достижением в приповерхностных слоях концентрации кобальта не менее 90 мас.%, отвечающими технологическим требованиям.

Легирующие элементы наносили в виде порошковых (шликерных) обмазок на подложки из Ст.3, 12Х18Н10. Технология нанесения шликера состояла в приготовлении суспензии из высокодисперсных порошковых материалов на основе спиртового раствора, которая наносилась на металлическую основу обмазкой толщиной слоя не более 1 мм. Толщина покрытия регулировалась количеством слоев последовательно нанесенной суспензии на предыдущий оплавленный слой с финишным оплавлением электронным лучом. Ускоряющее напряжение (U), диаметр и длина развертки электронного луча (L), а также скорость перемещения подложки (V) составляли: 28 кВ/мм, 1 мм, 12 мм и 3 мм/с соответственно; плотность мощности в луче (q) - 10^4 - 10^5 Вт/см².

Предварительно проведенные исследования по влиянию состава стальных подложек на структуру и химический состав кобальтовых покрытий не показали значительной разницы в полученных результатах. Кристаллизация однослойных покрытий происходила с формированием однородной структуры с диаметром зерен 12-20 мкм. Трехслойные покрытия, благодаря их локализованному подогреву во время последовательного наложения оплавленных слоев, имели характерную микроструктуру, состоящую из вытянутых в направлении градиента температур зерен, достигающих в поперечном сечении размера 25 мкм, со среднестатистическим отношением L/d около 3 (рис.1,б). В большинстве структур на границе раздела и в зонах перекрытия оплавленных дорожек выявлены трещины.

Эксперимент показал, что увеличением количества слоев кобальтовых обмазок на металлических подложках можно лишь в определенных пределах добиться снижения доли участия железа в формировании поверхностных структур. Так, в трехслойном покрытии, по сравнению с однослойным, получено почти двукратное повышение концентрации кобальта в поверхностном слое (с 25 до 45 мас.%), но содержание железа снизилось незначительно – с 50 до 42 мас.%. В связи с этим в работе были исследованы два приема, часто применяемые в упрочняющих технологиях. Первый из них основывался на дополнительном введении в состав

Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

кобальтового шликера тугоплавких легирующих элементов W, Mo, Ta, способных накладывать дополнительные связи на диффундирующие элементы. Вторым приемом заключался в создании из этих элементов барьерных слоев, которые в виде самостоятельных шликерных обмазок помещались в плоскость раздела «подложка – Со-покрытие» с промежуточным оплавлением электронным лучом.

Эксперимент показал, что структуры покрытий с 5 мас.% W и Mo характеризуются наличием аксиальных текстур и различаются только размерами зерен твердого раствора и их ориентацией относительно металлической основы. Установлено, что повышение концентраций W и Mo до 10 мас.% привело к благоприятному изменению морфологии зерен до сферической и снижению в 3-5 раз размера зеренной структуры. Было отмечено, что Ta, по сравнению с Mo и W, наиболее эффективно измельчает структуру Со-покрытий до среднего размера зерна 6 – 12 мкм уже на стадии легирования 5 мас.%. Общим для всех составов, содержащих Mo, W и Ta, является формирование плотных структур покрытий без внутренних и поверхностных дефектов. Тем не менее, добиться повышения содержания кобальта в покрытиях свыше 60 мас.% введением в их составы тугоплавких легирующих элементов не удалось.

При проведении дальнейших исследований была показана эффективность использования молибдена и вольфрама в качестве барьерных слоев, расположенных в плоскости раздела «подложка – Со-покрытие», которые во время электронно-лучевого оплавления Со - обмазок способствовали снижению интенсивности массопереноса железа из металлических подложек в покрытия и получению в них максимальной концентрации кобальта - 86 -90 мас.%.