

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВОВ АМГ2М И Д16 ОСАЖДЕНИЕМ ТИТАНА И МОЛИБДЕНА В УСЛОВИЯХ ИОННОГО АССИСТИРОВАНИЯ

Алюминиевые сплавы широко используются в качестве конструкционных материалов во многих отраслях промышленности, в том числе связанных с развитием энергосберегающих технологий. Структура и свойства поверхности алюминиевых сплавов определяют их функциональные и эксплуатационные характеристики, такие как износостойкость, коррозионная стойкость, микротвердость, смачивание поверхности. Для улучшения физико-механических и физико-химических свойств алюминиевых сплавов используются различные методы ионно-лучевой модификации. Применение ионных пучков вызывает в материале как химические [1], так и физические [2] изменения состояния поверхности, которая в ряде случаев обладает уникальными механическими, электрическими, трибологическими свойствами.

Целью данной работы являлось установление закономерностей смачивания дистиллированной водой поверхности алюминиевых сплавов марок АМг2М и Д16, а также исследование микротвердости поверхности сплава АМГ2М после их модифицирования осаждением Ti и Mo в условиях ассистирования ионами Ti^+ и Mo^+ , соответственно. Ускоряющие напряжения для ассистирующих ионов Ti^+ и Mo^+ составляли 3, 6, 9, 12 и 15 кВ при модифицировании сплава АМг2М и 5 и 10 кВ для ассистирующих ионов Ti^+ при модифицировании сплава Д16. Для реализации этого метода осаждения покрытия использовался ионный источник, создающий плазму вакуумного электродугового разряда, в которой одновременно генерируются положительные ионы и нейтральная фракция из материала электродов источника ионов.

Смачивание дистиллированной водой определяли по равновесному краевому углу Θ смачивания (РКУС). Краевой угол определяли по основным размерам капли воды, наносимой на исследуемые образцы: высоте и диаметру ее основания. Для получения воспроизводимых результатов капли воды, наносимые на образцы, имели объем $V = (47,6 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$ мл. Погрешность в измерении РКУС составляла не более 2%. Измерение микротвердости образцов сплава алюминия, исходных и модифицированных, проведено на приборе АФ-

FRI–MVDM8 методом Виккерса.

Значение РКУС поверхности сплава марки Д16 до модифицирования составляло $\Theta = 53,3^\circ$. При внедрении сравнимых доз ионов титана в образцы сплава Д16 значения РКУС увеличиваются до значения $\Theta = 67,1^\circ$ после модифицирования при ускоряющем напряжении $U = 5$ кВ и до значения $\Theta = 92,9^\circ$ при $U = 10$ кВ для ассистирующих ионов Ti^+ . Таким образом до модифицирования поверхность сплава Д16 и после модифицирования при ускоряющем напряжении $U = 5$ кВ была гидрофильной, а после модифицирования при ускоряющем напряжении $U = 10$ кВ поверхность сплава становится гидрофобной.

Значение краевого угла смачивания поверхности сплава алюминия марки АМг2М увеличивается при повышении ускоряющего напряжения для ассистирующих ионов Ti^+ при осаждении титана на поверхность сплава. При этом поверхность остается гидрофильной при всех значениях ускоряющего напряжения. По всей видимости, это связано с гетерогенностью поверхности, которая обусловлена различием в кристаллической структуре и химическом составе исходных и модифицированных в разных условиях образцов алюминиевого сплава АМг2М.

При внедрении сравнимых доз ионов молибдена в образцы сплава марки АМг2М с увеличением ускоряющего напряжения значения РКУС также увеличиваются (рис. 1). Исходная поверхность сплава была гидрофильной ($\Theta = 64,8^\circ$) и оставалась гидрофильной после модифицирования при $U = 3$ и 6 кВ. После модифицирования сплава при $U = 9, 12, 15$ кВ для ассистирующих ионов Mo^+ поверхность стала гидрофобной и значение РКУС увеличилось до $\Theta = 98,1^\circ$ при 15 кВ.

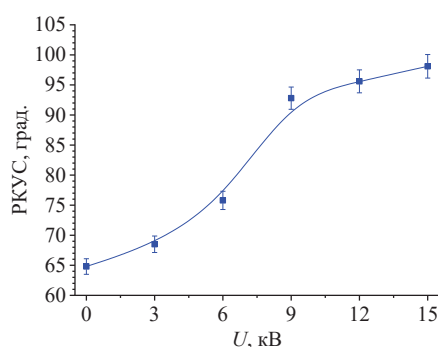


Рисунок 1 – Зависимость краевого угла смачивания дистиллированной водой поверхности сплава АМг2М от ускоряющего напряжения для ассистирующих ионов Mo^+

При измерении чисел микротвердости, чтобы исключить влияние масштабного эффекта, относительное изменение микротвердости

$\Delta H/H_{\text{исх}}$ модифицированных образцов сплава алюминия определялось для одинаковых глубин проникновения индентора микротвердомера. Нагрузка на индентор менялась в интервале от 10 до 100 г, что соответствовало изменению глубины проникновения индентора от $2,2 \pm 0,1$ до $7,5 \pm 0,3$ мкм. Полученные экспериментальные данные изменения микротвердости с увеличением глубины проникновения индентора для сплава алюминия марки АМг2М, модифицированного ионно-ассистируемым осаждением Мо покрытий, представлены на рис. 2.

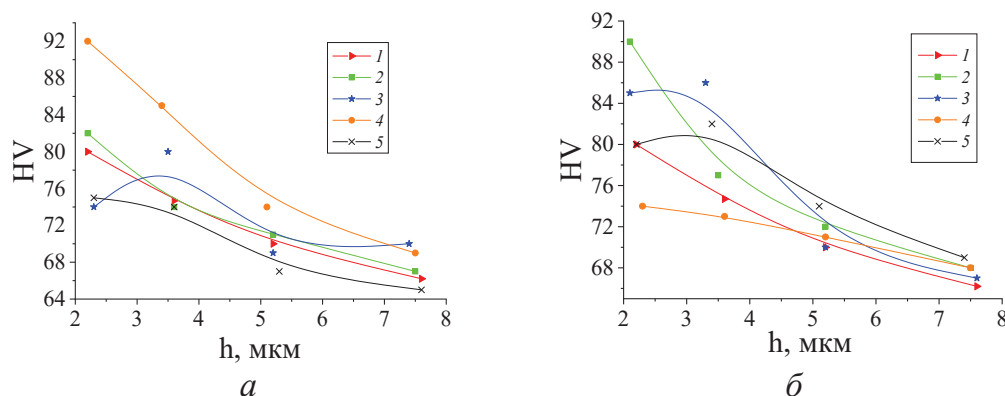


Рисунок 2 – Графики зависимости микротвердости поверхности сплава алюминия марки АМг2М от глубины проникновения индентора исходного образца (1) и модифицированных образцов ионно-ассистируемым осаждением Мо покрытий (а) и Тi покрытий (б) при ускоряющих напряжениях: 2 – 3 кВ, 3 – 6 кВ, 4 – 9 кВ, 5 – 12 кВ.

Приведенные результаты на рис. 2 свидетельствуют о том, что, при нагрузках на индентор 50 и 100 г относительное изменение микротвердости сплава алюминия лежит в пределах погрешности измерений чисел микротвердости. Увеличение относительного изменения микротвердости на 14–15% наблюдается при осаждении Мо покрытий при ускоряющем напряжении 9 кВ и уменьшение на 8% ($U = 6$ кВ) при малых нагрузках (10 и 25 г) на индентор микротвердомера.

Изменение микротвердости поверхности сплава алюминия марки АМг2М при ионно-ассистируемом осаждении покрытий обусловлено, по-видимому, конкуренцией двух механизмов. Один механизм – это формирование на поверхности сплава алюминия слоев с повышенными прочностными свойствами. Причинами увеличения микротвердости, как известно, является образование в приповерхностных областях карбидов металлов и структурных дефектов, формируемых при ионно-лучевом воздействии, а также твердорастворное упрочнение, обусловленное присутствием атомов легирующих элементов в алюминии. Второй механизм связан с разупрочнением приповерхностных слоев полученных структур.

При осаждении покрытий в приповерхностных слоях сформированных структур содержится водород. Нами ранее были проведены исследования методом ядерных реакций [3], которые установили что в покрытиях, полученных ионно-ассистируемым осаждением содержится ~6–10 ат.% водорода, что приводит к уменьшению прочности поверхности образца.

Полученные результаты указывают на возможность управления смачиваемостью и микротвердостью поверхности путем изменения ускоряющего напряжения для ассистирующих осаждение покрытия ионов Ti^+ и Mo^+ и их дозы при модифицировании сплава алюминия марок АМг2М и Д16. В результате проведенных исследований установлено, что на смачиваемость поверхности влияют условия осаждения покрытия и химический состав модифицированной поверхности. Исходная поверхность сплава марок АМг2М и Д16 была гидрофильной и оставалась гидрофильной после модифицирования при значениях ускоряющего напряжения $U = 3, 5$ и 6 кВ для ассистирующих ионов Ti^+ и Mo^+ . Увеличение ускоряющего напряжения для ассистирующих ионов Ti^+ до 10 кВ при модифицировании сплава Д16 и для ассистирующих ионов Mo^+ до 9 кВ и выше при модифицировании сплава АМг2М привело к тому, что поверхность сплава марок АМг2М и Д16 стала гидрофобной. Относительное изменение микротвердости модифицированных образцов увеличивается на 15% ($U = 9$ кВ) и уменьшаются на 8% ($U = 6$ кВ) при малых нагрузках (10 г) на индентор микротвердомера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Poplavskaya V.V., Babrovich A.G., Dorozhko A.V. and Matys V.G. Surface Modification of Nafion Membrane Electrolyte by the Ion-Beam-Assisted Deposition of Platinum and Rare-Earth Metals / Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2022, Vol. 16, No. 5, pp. 727–733.
2. Бобрович О.Г., Ташлыков И.С., Тульев В.В. Влияние параметров ионно-ассистируемого осаждения на формирование Me/Si структур // Труды БГТУ. – 2014. – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 74–76.
3. Изучение ядерно-физическими методами металлосодержащих (Ti, Co)-покрытий, осажденных методом ионного ассистирования на кремний / О. Г. Бобрович [и др.] // Физика и химия обработки материалов. – 2006. – № 1. – С. 54–58.