

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА АЗОТА ПРИ МАГНЕТРОННОМ НАПЫЛЕНИИ ТИТАНА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

Мария СУДАРЧИКОВА^{1*}, Елена НАСАКИНА², Дарья НОВИКОВА²,
Сергей КОНУШКИН², Константин СЕРГИЕНКО², Михаил КАПЛАН¹,
Алексей КОЛМАКОВ², Михаил СЕВОСТЬЯНОВ²

¹Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Технологии материалов, Порошковая металлургия и композиционные материалы, Москва, Россия

²Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, Москва, Россия

*Автор корреспонденции: Мария Сударчикова, bloodymaria@list.ru

Аннотация. Приведены результаты исследования влияния объемного соотношения рабочих газов при реактивном магнетронном напылении на постоянном токе на механических свойства композиционного материала на основе алюминиевого сплава системы Al-Cu-Mg с поверхностными слоями из титана и нитрида титана. Также исследовано влияние азота и его количества на изменения параметров магнетронного напыления.

Ключевые слова: магнетронное напыление, механические свойства, нитрид титана, титан, трение.

Введение

Антифрикционные материалы, применяемые в условиях трения скольжения и обладающие в определённых условиях низким коэффициентом трения, отличаются низкой способностью к адгезии, хорошей прирабатываемостью, теплопроводностью и стабильностью свойств [1]. Среди относительно большого разнообразия таких материалов существуют одного рода недостатки. Так, дорогостоящие антифрикционные бронзы и другие сплавы на основе тяжелой меди некоторые исследователи предлагают заменять на алюминиевые сплавы [2,3]. Алюминиевые сплавы благодаря малой плотности, высокой коррозионной стойкости и механическим свойствам используются во многих отраслях промышленности и науки: машиностроение, авиастроение, космонавтика и т.д. Однако для получения антифрикционных характеристик алюминий легируют оловом, свинцом и той же медью, что не позволяет значительно снизить вес и достигнуть высоких эксплуатационных характеристик. Модификация поверхности чередующимися слоями нитрида титана и титана позволит использовать прочные алюминиевые сплавы в качестве основы, что увеличит не только несущую способность деталей и узлов, а также их ресурс, износостойкость и коррозионную стойкость. Анализ зарубежных работ показал, что существует положительный опыт получения подобного вида композиционных материалов методами CVD и PVD технологий [4-5].

Экспериментальная часть

В данной работе были получены слоистые композиционные материалы на основе конструкционного алюминиевого сплава Д16 системы Al-Cu-Mg со слоями из титана и нитрида титана методом магнетронного напыления на постоянном токе с помощью многофункциональной высоковакуумной системы напыления ВУКУ Multi tool TORR International. Камера для очистки от воздушных примесей откачивалась до остаточного давления $\sim 3 \times 10^{-6}$ Торр. Далее в объём камеры проводили напуск аргона для получения слоя из Ti до рабочего давления $\sim 3 \times 10^{-3}$ Торр. При получении поверхностного слоя из TiN

в объем камеры проводился напуск аргона и азота до рабочего давления до $\sim 3 \times 10^{-3}$ Торр со варьируемой скоростью поток в зависимости от требуемого соотношения газов. В работе исследовалось влияние различного объемного соотношения рабочих газов $N_2/Ar = 1/3, 1/2, 1/1$ и времени напыления (10-30 минут напыления) на механические свойства получаемых композиционных материалов. Статические свойства исследованных образцов определялись на универсальной испытательной механической машине INSTRON 3382.

Результаты и обсуждения

На основании полученных данных были сделан вывод, что наилучшими свойствами обладают образцы, предварительно закаленные без последующего отпуска, после напыления слоя TiN с соотношением рабочих газов $N_2/Ar = 1/1$. В процессе напыления подложка нагревается до 100-150 °С, поэтому после 30 минут напыления образцы после закалки отпуска имели значение предела прочности около 280 МПа, а в случае без отпуска – от 500 до 540 МПа.

Выводы

Были проведены исследования влияния объемного соотношения рабочих газов при реактивном магнетронном напылении на постоянном токе на механических свойства композиционного материала на основе алюминиевого сплава Д16, которые показали, что с увеличением количества азота механические свойства находятся в пределах значения 520 МПа, но также затрудняется распыление в связи с загрязнением азотом мишени, что приводит к постепенному увеличению значения напряжения при 70% мощности.

Ссылки на литературу

1. ОСЬКИН, В.А., ПАМФИЛОВ, Е.А. Методы совершенствования подшипников скольжения. In: *Новые материалы и технологии в машиностроении*, 2020, №32, сс.48-50.
2. СТОЛЯРОВА, О.О., МУРАВЬЕВА, Т.И., ЗАГОРСКИЙ, Д.Л., БЕЛОВ, Н.А. Микроскопия в исследовании поверхности антифрикционных многокомпонентных алюминиевых сплавов. In: *Физическая мезомеханика*, 2016, 19, №5, сс.105-114.
3. ЩЕРБАКОВА, О.О., МУРАВЬЕВА, Т.И., ЗАГОРСКИЙ, Д., МЕЗРИН, А. М., САЧЕК, Б.Я. Комплексное исследование поверхностных слоев и трибологических свойств антифрикционных сплавов системы Al-Si-Cu-SN + Fe. In: *Физическая мезомеханика*, 2018, том 21, №4, сс.97-106.
4. DOMÍNGUEZ-CRESPO, M.A., TORRES-HUERTA, A.M., RODRÍGUEZ, E., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, A., BRACHETTI-SIBAJA, S.B., DORANTES-ROSALES, H.J., LÓPEZ-OYAMA, A.B. Effect of deposition parameters on structural, mechanical and electrochemical properties in Ti/TiN thin films on AISI 316L substrates produced by r. f. magnetron sputtering. In: *Journal of Alloys and Compounds*, 2018, 746, pp. 688-698.
5. GHASEMI, S., SHANAGHI, A., CHU, P.K. Nano mechanical and wear properties of multi-layer Ti/TiN coatings deposited on Al 7075 by high-vacuum magnetron sputtering. In: *Thin Solid Films*, 2017, 638, pp.96-104.