

Пошкоджуваність біметалу із збільшення деформаційних циклів зростає експоненціально (рис. 1). На початку циклювання пошкоджуваність незначна. Після 10 циклів вона починає зростати, а після 50 циклів різко йде вгору. На 86 циклі зразок зруйнувався.



Рис. 1. Зміна пошкоджуваності біметалу алюміній-сталь при різній кількості циклів його деформування

Аналізуючи криві вільних затухаючих коливань і зміну пошкоджуваності слід відмітити, що за зміною ходу цих кривих можна встановити початки значних пошкоджень і навіть оцінити їх величину.

Література

1. Бобир М. І. Континуальна механіка пошкоджуваності у задачах малоциклової втоми / М. І. Бобир, П. О. Халімон, В. В. Коваль. // «Наукові нотатки» міжвузівський збірник. – 2006. – №25. – С. 16–21.

ESTIMATION OF DAMAGE OF METALS BY THE VALUE OF MECHANICAL ENERGY SCATTERING BY THEM

O. V. Mozghoyi¹, V. A. Titov², A. V. Titov²

¹Vinnitsia Mykhailo Kotsyubynskiy State Pedagogical University, Vinnitsia, mavimfto@gmail.com

²Institute of Mechanical Engineering, NTU of Ukraine "I. Sikorsky KPI", Kyiv

Abstract. *It is proposed to determine the parameter of metal damage according to the frequency characteristics of free damped oscillations.*

Keywords: Damage, free oscillations, scattering of mechanical.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНИХ ІОНІВ ГЕЛІЮ З ПОВЕРХНЕЮ ТАНТАЛОВОЇ ФОЛЬГИ

В. В. Гладковський¹, О. В. Гладковська¹, Є. Г. Костін¹, А. Ф. Недибалюк²,
Б. П. Полозов¹, О. А. Федорович¹

¹Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ, Україна

²Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, vvglad@yahoo.com

Анотація. *Приведено результати впливу низькоенергетичних іонів гелію з енергією 250 eV на поверхню танталової фольги при температурі 300 °С, щільності іонного струму 1,5 mA/cm² та експозиції 11 годин. Встановлено, що поверхня опромінених зразків значно змінилася в порівнянні з вихідною структурою. Спостерігається розпилення оброблюваного матеріалу, що призводить до зміни структури його поверхні.*

Ключові слова: тантал, іони гелію, структура поверхні.

Інтерес до досліджень впливу іонного потоку на зміну структури поверхні тугоплавких металів обумовлений можливістю створювати на поверхні оброблених матеріалів розвинені пористі мікро- та наноструктури. Такі матеріали характеризуються новими фізичними та хімічними властивостями. Тому формуванню на поверхні матеріалів мікро- і нанорозмірних структур при опроміненні іонами приділяється значна увага як в фундаментальних дослідженнях закономірностей і механізмів взаємодії іонів плазми з поверхнею, так і в прикладних задачах створення поверхонь із заданою структурою поверхні [1].

У роботі приведено результати досліджень впливу низькоенергетичних іонів гелію на поверхню танталової підкладки та формування її розвинутої структури. Обробка зразків танталу (Ta) площею 10×10 мм² і товщиною 60 мкм з гладенькою поверхнею проводилася у плазмовому реакторі (іонному джерелі) планарної геометрії з магнітним полем, що орієнтовано паралельно поверхні електродів. Реактор складається із прямокутного корпусу довжиною 465 мм та висотою 80 мм, виготовленого з немагнітної нержавіючої сталі 12Х18Н10Т. Іонний потік генерується при розряді в гелії (He) між активним і заземленим електродами (діаметрами 150 і 110 мм) високочастотною напругою частотою 13,56 МГц. Напуск робочого газу в розрядний простір камери здійснюється через систему напуску газу (три незалежних канали), паралельно до поверхні електродів, що дає можливість крім гелію вводити інші гази в розрядну систему [2,3].

Опромінення протонами проводилося при струмі високочастотного розряду 6 А, напрузі негативного зміщення 250 В [2]. Експозиція становила 11 годин при температурі додаткового нагріву 300 °С. Робочий тиск в розрядній камері становив 0,13 Тор, напруженість магнітного поля - $2,5 \times 10^4$ А/м, середня енергія іонів гелію - 250 eV, а густина іонного струму - 1,5 mA/cm².

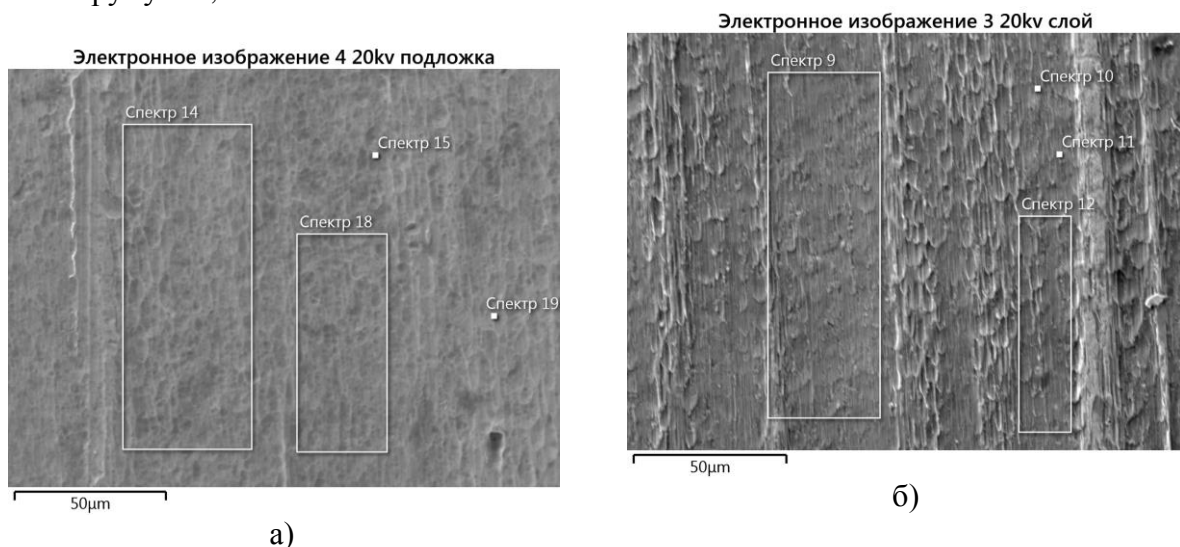


Рис. 1. СЕМ-мікрофотографія поверхні танталу до обробки (а) і після обробки (б) гелієвою плазмою

Після обробки іонами гелію проведено аналіз танталових зразків з використанням сканувального електронного мікроскопа (СЕМ) та рентгенівського спектрального аналізу

(РСА). Результати досліджень поверхні танталових зразків, отримані за допомогою СЕМ (рис. 1), дають змогу стверджувати, що відбувається зміна структури поверхневого шару. Поверхня Та набула хвилеподібної пористої структури. Проведений РСА елементного складу поверхні опромінених зразків виявив крім танталу вуглець і кисень (табл. 1). Виявлений вміст кисню на рентгенівських спектрах можна пояснити наявністю плівки пентаоксиду танталу (Ta_2O_5). Привнесення домішки вуглецю, найімовірніше, відбувалося за рахунок парів масла дифузійного насоса, що мають широкий мас-спектр у діапазоні мас 30-150 а.о.м.

Таблиця 1. Хімічний елементний склад поверхні танталових зразків після іонного опромінення для різних областей на поверхні (нормовані маси, в атомних%).

Номер спектру	С	О	Та	Сума
Спектр 9	17.84	4.10	78.05	100.00
Спектр 10	25.30	2.83	71.86	100.00
Спектр 11	16.79	4.13	79.08	100.00

Література:

1. V. P. Budaev Stochastic clustering of material surface under high-heat plasma load // Physics Letters A, 2017, Vol. 381, Iss. 43, p. 3706-3713;
2. O.A. Fedorovich, V.V. Hladkovskiy, E.G. Kostin, et al. Peculiarities of interaction of low-energy protons with tungsten surface // Problem of Atomic Science and Technology. Series "Plasma Electronics and New Methods of Acceleration". 2018, № 4, p. 302-306;
3. V.V. Hladkovskiy, E.G. Kostin, B.P. Polozov, et al. Influence of the high-frequency discharge parameters and heater design on the substrate temperature in the plasma-chemical reactor "Almaz" for the synthesis of carbon diamond-like films // Tekhnologiya i Konstruirovaniye v Elektronnoi Apparature. 2014, № 5, 6, p. 39-45/

INVESTIGATION OF THE LOW-ENERGY HELIUM IONS INTERACTION WITH THE SURFACE OF TANTALUM FOIL

V. V. Hladkovskiy¹, O. V. Hladkovska¹, E. G. Kostin¹, A. F. Nedybaliuk², B. P. Polozov¹,
O. A. Fedorovich¹

¹Institute for Nuclear Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, Ukraine

Abstract. *The results of researches of the low-energy helium ions influence with an energy of 250 eV with the surface of tantalum foil at the temperature of 300 °C, and an ionic current density of 1.5 mA/cm² with an exposure of 11 hours are presented. It was found that the surface of the irradiated samples changed significantly in comparison with the original structure. There is sputtering of the processed material, which leads to a change in the structure of its surface.*

Keywords: tantalum, helium ions, surface structure.