

ОЧИТСКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА ОТ ПЫЛИНОК ЗА СЧЕТ ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА

Хорохорин Д. М.^{1,2}, Кузнецов М. С.², Лукин А. В.²

Научный руководитель: Хан В.А.¹, д.т.н., доцент

¹ ФГУП «Горно-химический комбинат», 660049, г. Железногорск, ул. Ленина, 53

² Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: mitek2407@mail.ru

Известно, что лазерное излучение позволяет очищать поверхности твердых тел как от прилипших, так и внедренных пылинок. В докладе приводятся результаты исследований по лазерной очистке внешней поверхности оболочки твэла от микрочастиц оксидов урана.

Металлы имеют высокую теплопроводность. Поэтому энергия лазерного излучения распространяется в объем материала на большую глубину. Импульсное лазерное облучение позволяет локализовать энергию излучения в поверхностном слое металлов. Эффективность поглощения лучевой энергии зависит от мнимой части комплексного показателя преломления [1]. Металлы и их оксиды имеют разные показатели преломления.

Основным процессом при лазерной очистке поверхности твердых тел является тепловое расширение подложки или частиц. Отличие в скоростях нагрева приводит к появлению механических напряжений по линии контакта поверхности и микрочастицы, что вызывает появление инерционной силы. Инерционная сила прижимает микрочастицу к поверхности при воздействии передним фронтом импульса и отрывает ее во время действия заднего фронта. Микрочастица отрывается от поверхности, если инерционная сила превышает силу адгезии F_a [2]

$$F_a \rho \frac{I_{\max}}{\tau_1} m \left(\frac{\alpha_s \varepsilon_s}{\rho_s c_s} + k \frac{\alpha_p \varepsilon_p}{\rho_p c_p} \right),$$

где $I_{\max}$ - максимальная интенсивность импульса излучения, τ_1 - длительность заднего фронта импульса, m - масса микрочастицы, α - линейный коэффициент теплового расширения, ε - коэффициент серости, ρ - плотность, c - теплоемкость, $k = 0 \div 1$ - коэффициент. Индекс „s“ относится к основному материалу, „p“ - к микрочастицам.

При лазерной дезактивации использовали UO_2 природного изотопного состава, который наносили на поверхность образца трубки твэла методом натирания. Вначале измеряли активность испытываемых образцов без радиоактивного загрязнения. Далее наносили радиоактивное загрязнение и повторно регистрировали активность. На рис. 1 представлен гамма-спектр образца с чистой поверхностью (1) и с нанесенными на его поверхность микрочастицами оксида урана (2). По вертикали отложено количество гамма-квантов, регистрируемых за 30 минут, по горизонтали – номера каналов спектрометра. Гамма-

кванты в канале с энергией 185,7 эВ обусловлены наличием ^{235}U .

При нанесении на пластинки микрочастиц UO_2 суммарное количество регистрируемых γ -квантов всех энергий возрастало с 4998 до 6146 за 30 минут экспонирования. В дальнейшем образцы с радиоактивным загрязнением поверхности облучали импульсами лазера на стекле с неодимом. Сканирование луча проводили так, чтобы соседние фокальные пятна размером 0,2 мм перекрывались.

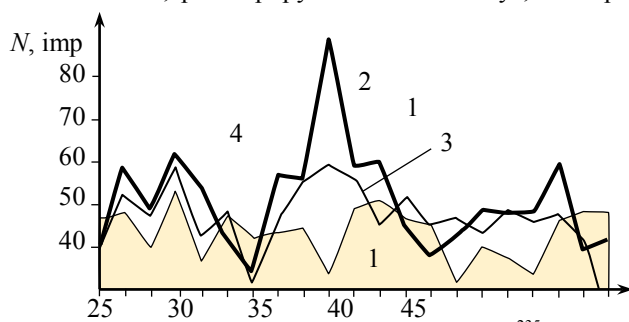


Рис.1. Гамма-спектры образца в области пика ^{235}U . 1 - фон, 2 - загрязнение, 3 - после дезактивации

На рисунке также приведен гамма-спектр пластинки после лазерного облучения (3). Использовали лазерный луч с интенсивностью 38,5 кВт/см², 27,8 кВт/см², 26,3 кВт/см², 17,8 кВт/см². Даже при интенсивности лазерного излучения 17,8 кВт/см² происходит удаление радиоактивных микрочастиц, прилипших к поверхности стали. Из рисунка видно, что после воздействия лазерным излучением уменьшилась интенсивность характерного для изотопа ^{235}U пика, а активности облучаемых образцов приблизилась к фоновому значению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Hora H. (1975) Refractive Index and Absorption. In: Ksander Y. (eds) Laser Plasmas and Nuclear Energy. Springer, Boston, MA. doi:10.1007/978-1-4684-2085-2_6.
- 2 Вейко В.П., Мулин Т.Ю., Смирнов В.Н., Шахно Е.А., Батище С.А. Лазерная очистка поверхностей металлов: физические процессы и применение // Изв. Вузов. Приборостроение. 51(4) 30-36 (2008).