

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ (ЭЛО) НА ПРОЦЕССЫ МАССОПЕРЕНОСА

Кравченко Ю.А., ассистент, Войцеховский Я., студент, СумГУ, г. Сумы

Решение практических задач повышения эксплуатационного срока службы поверхности возможно путем формирования на ней тонких защитных покрытий на основе твердых и коррозионно-стойких материалов (например TiN/Cr/Al₂O₃). Однако экспериментальный поиск эффективных режимов их формирования и последующего оплавления является весьма трудоемким. Экономия ресурсов и времени требует глубокого фундаментального понимания процессов, происходящих в момент формирования покрытия и разработки теории, позволяющей как моделировать процесс, так и прогнозировать результат работы. Решение проблемы улучшения адгезии таких покрытий возможно путем применения ЭЛО. Вместе с тем использование низкоэнергетических сильнофокусированных электронных пучков (НСЭП) приводит к увеличению интенсивности процессов массопереноса. Поэтому целью данной работы было изучение влияния ЭЛО на процессы диффузии атомов в защитном слое.

Согласно результатам исследований, полученных методом обратного рассеяния протонов, основными составляющими матрицы гибридных покрытий являются Ti, N, Al, O и C. Из энергетических спектров следует, что ЭЛО поверхности вызывает увеличение концентрации атомов кислорода в приповерхностной области. В результате воздействия НСЭП наблюдается перенос атомов углерода из порошкового подслоя Al₂O₃ в направлении поверхности, причем чем больше время воздействия электронного пучка на единицу площади, тем выше концентрация C на поверхности. На спектрах наблюдается также уменьшение интенсивности пиков Ti по сравнению с исходным состоянием. Для оценки интенсивности перераспределения ионов Ti под влиянием термического воздействия, были построены концентрационные профили распределения данного элемента с глубиной (рисунок) и проведена оценка коэффициентов массопереноса. Для этого в программе "Origin" концентрационные профили аппроксимировались нормальным законом распределения Гаусса:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где x – глубина миграции атомов;

a – центр пика функции;

2σ - ширина пика кривой Гаусса на половине интенсивности.

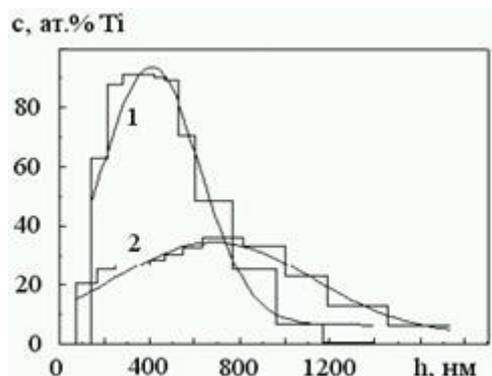


Рисунок - Эффективные профили распределения по глубине ионов Ti:

1 - исходное состояние; 2 - после ЭЛО с $q=4,8 \times 10^8$ Вт/м²

Интенсивность движения ионов Ti вглубь поверхности покрытия оценивалась по эффективному коэффициенту массопереноса D:

$$D = \frac{\sigma_i^2 - \sigma_0^2}{2t} \quad (2)$$

где $t=0,072$ с (время воздействия ЭП на конкретную точку поверхности при диаметре пучка $d=3 \times 10^{-4}$ м и скорости сканирования $v=15$ м/ч). Результаты проведенных расчетов представлены в таблице.

Таблица - Подбор параметров функции распределения атомов Ti по глубине покрытия и расчетные значения коэффициентов массопереноса

Покрытие	t, с	Вид функции Гаусса	σ_0 , нм	нм	D, м ² /с
TiN/Cr/Al ₂ O ₃	-	$f_1(x) = \frac{1}{219\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-409)^2}{9,6 \cdot 10^4}}$	219	-	
TiN/Cr/Al ₂ O ₃ +НСЭП (v=15м/ч)	0,072	$f_2(x) = \frac{1}{219\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-683)^2}{3,7 \cdot 10^5}}$	-	432	9,6*10-13

Таким образом, ЭЛО поверхности активизирует движение атомов Ti вглубь порошкового покрытия Al₂O₃ при одновременном насыщении приповерхностной области атомами С и О.