

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-087

СТРУКТУРА И СОСТАВ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ $\text{AlSiN}+\text{Ni}+\text{AlSiN}$, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Губайдулина Т.А., Дорофеева Т.И., Сергеев В.П., Калашников М.П., Журавлёв С.А., Воронов А.В.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

В промышленности детали машин и механизмов из конструкционных сталей и сплавов подвергаются коррозии особенно, если они эксплуатируются в агрессивной среде, что приводит к их разрушению. Поэтому требуется обеспечение дополнительной коррозионной защиты в виде покрытия. Наиболее часто такая защита заключается в нанесении на поверхность конструкций слоев покрытий на основе органических и неорганических материалов или металлов различными методами. Целью данной работы является получение и изучение трехслойного покрытия при использовании магнетронного метода распыления мишеней на основе Al-Si в вакуумной камере в аргонно-азотной газовой атмосфере.

Покрытие осаждали на полированные до шероховатости $R_a = 0,08$ мкм подложки из нержавеющей стали 08X18H10T. При этом первым на подложку наносили слой на основе нитрида Al-Si-N, который обладал высокой адгезией к поверхности подложки, затем наносили слой никеля и далее третий – слой Al-Si-N. Известно, что нитридная керамика Al-Si-N характеризуются повышенной устойчивостью к растрескиванию и высокой термостабильностью [1], твердостью [2] и износостойкостью [3], поэтому введение в многослойное покрытие слоев этого материала позволит придать покрытиям высокие трибомеханические свойства [4], тогда как при введении прослойки Ni можно ожидать усиления коррозионной стойкости покрытия.

Концентрационные профили элементов Fe, Cr, Ni, Al по толщине h защитных покрытий, полученные методом микрорентгеноспектрального анализа на просвечивающем электронном микроскопе EVO 50 с приставкой для энергодисперсионного микроанализа Oxford Instruments представлены на рисунке 1. Усредненный по толщине элементный состав слоев полученного покрытия показан в таблице 1. Экспериментальная погрешность определения концентрации элементов равна 1,5 ат.-%.

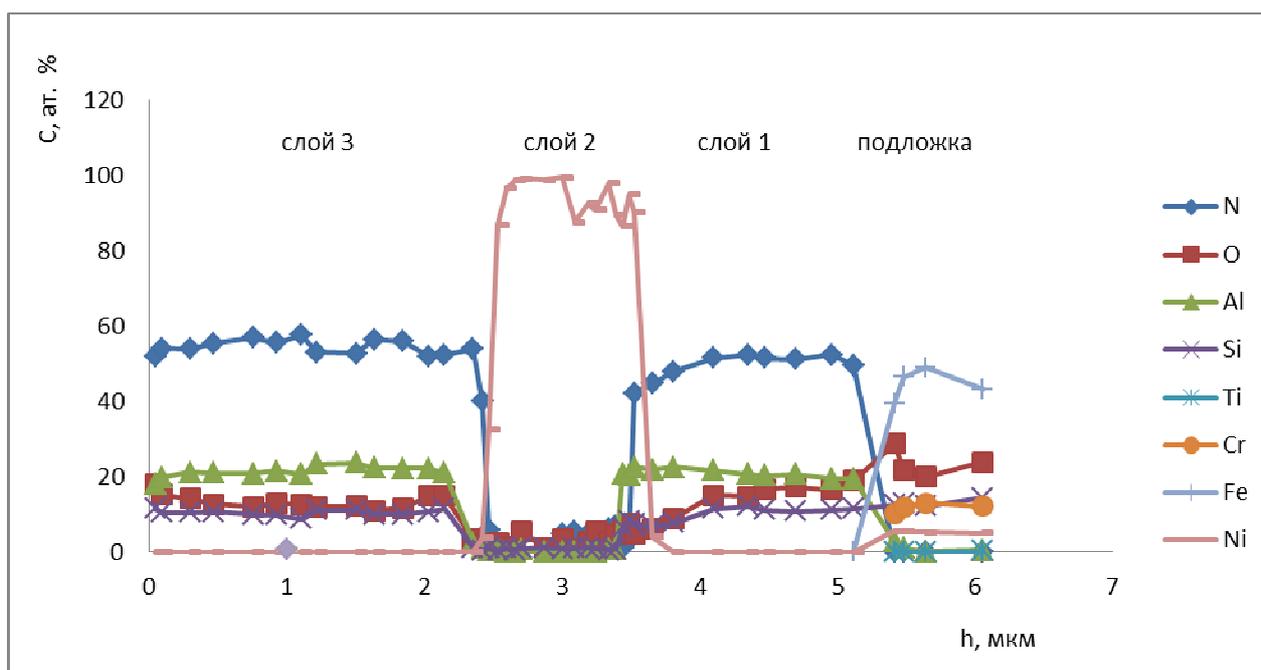


Рис. 1. Концентрационные профили C элементов Al, Si, Ni, N, O по глубине h поверхностного слоя подложки из нержавеющей стали 08X18H10T с трехслойным покрытием

Таблица 1. Среднее значение атомных концентраций элементов Al, Si, Ni, N, O в слоях покрытия.

№ слоя \ Элемент	Al (ат. %)	Si (ат. %)	Ni (ат. %)	N (ат. %)	O (ат. %)
1	15,5	13,5	-	52,4	18,5
2	3,8	1,3	86,8	6,4	1,6
3	21,4	10,6	-	54,5	13,5

Электронномикроскопические картины покрытия, полученные с помощью исследования фольг на приборе, приготовленных из поперечного сечения образцов с покрытием, указывают на столбчатую кристаллическую структуру каждого из слоев. Хорошо визуализируется мелкокристаллическая структура у никелевого слоя с размерами кристаллитов от 100 нм до 0,5 мкм, длина кристаллитов распространяется на всю толщину слоя до 1,5 мкм. У слоя Al-Si-N наблюдается нанокристаллическая столбчатая структура с размерами кристаллов от 10 до 40 нм толщиной и длиной до 350 нм. Микродифракционная картина 1-го и 3-го слоев Al-Si-N свидетельствует о наличии фазы AlN с ГПУ решеткой в их составе.

Таким образом, методом магнетронного распыления мишеней на основе Al-Si в вакуумной камере в аргонно-азотной газовой атмосфере получены многослойные покрытия, AlSiN+Ni+AlSiN. Суммарная толщина покрытия 5 мкм в равной степени приходится на никель и нитриды AlSiN. Многослойная структура этих покрытий позволяет сочетать свойства каждого слоя, а именно наличие нитрида алюминия-кремния и никеля. Покрытия такого класса могут эффективно защищать конструкционные стали и сплавы от коррозии в условиях воздействия агрессивных сред и в экстремальных условиях эксплуатации.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0003.

1. Chang C.-L., Huang C.-S. Effect of bias voltage on microstructure, mechanical and wear properties of Al-Si-N coatings deposited by cathodic arc evaporation, *Thin Solid Films* 519, 4923–4927 (2011).
2. Liu H., Tang W., Hui D., Lu F. Characterization of (Al, Si)N films deposited by balanced magnetron sputtering // *Thin Solid Films*. 2009. V. 517. P. 5988–5993.
3. Chang C.-L., Huang C.-S. Effect of bias voltage on microstructure, mechanical and wear properties of Al-Si-N coatings deposited by cathodic arc evaporation // *Thin Solid Films*. 2011. V. 519. P. 4923–4927.
4. Sergeev V.P., Panin V.E., Rizakhanov R.N., et al. Thermal Cycle Durability of Heat-Shielding Coatings on the Basis of Zr-Y-O/Si-Al-N under Ion Treatment of Copper Substrates // *Advanced Materials Research* 2014. V.880. P. 146–150.
5. Li Jiang, Junaid Ali Syed, Yangzhi Gao, Hongbin Lu, Xiangkang Meng, Electrodeposition of Ni(OH)₂ reinforced polyaniline coating for corrosion protection of 304 stainless steel, *Applied Surface Science*, Volume 440, 2018, 1011-1021.