

Свойства ионно-плазменных покрытий системы 12X18H10T+Al

*А.Ш. Сыздыкова¹, Е.Н. Еремин², В.М. Юров³, В.Ч. Лауринас³,
С.А. Гученко³, Д. Абжанова³*

*¹Политехнический колледж корпорации «Казахмыс», г. Балхаш,
Казахстан*

²Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия,

*³Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, г.
Караганда, Казахстан*

Одним из наиболее эффективных методов поверхностного модифицирования конструкционных материалов является ионно-плазменное напыление. Широко применяемые покрытия на основе нитридов тугоплавких металлов при высокой твердости и прочности обладают низкими антифрикционными характеристиками. В работе методами электронной и атомно-силовой микроскопии исследованы структура многоэлементных покрытий на стали 45, полученных одновременным распылением катода, из стали марки 12X18H10T и катода из алюминия. Показано, что при этом формируется глобулярно-столбчатая структура. Приведены результаты экспериментальных исследований трибологических свойств покрытий. Установлено, что увеличение микротвердости покрытия и одновременное уменьшение коэффициента трения приводит к повышению эксплуатационных свойств деталей из стали марки 45. Все это, в совокупности, определяет экономическую и техническую целесообразность применения технологии синтеза таких покрытий на конструкционных сталях.

Ключевые слова: ионно-плазменное напыление, многоэлементное покрытие, конструкционные стали, модификация поверхности, электронная микроскопия, микроструктура, микротвердость, трение

Нанесение покрытий позволяет повысить ресурс работы деталей, что обуславливает целесообразность их применения при изготовлении исходных изделий в процессе производства.

Новый импульс в повышении ресурса работы деталей и узлов машин дан стремительным развитием нанотехнологий, позволяющих получать покрытия на деталях механизмов и машин с уникальными свойствами [1-5].

Одним из самых современных способов модифицирования поверхности является ионно-плазменное распыление – способ, в котором источником ионов является газоразрядная плазма, из которой положительные ионы вытягиваются отрицательно заряженной мишенью. Используя этот метод нанесения защитных покрытий, можно формировать поверхностные пленки из различных металлов и их соединений.

Современными материалами являются однофазные покрытия на основе

нитридов тугоплавких металлов, обладающие высокими физико-механическими свойствами. В то же время, в таких покрытиях эксплуатационные характеристики реализуются не полностью. Это обусловлено столбчатой структурой покрытия, обладающего высокой анизотропностью и присутствием в нем частиц пористого тугоплавкого металла. Кроме того, современные твердые пленки, формируемые распылением в вакууме катодов из Ti, Cr, Al, Si и др. элементов, при высокой твердости и прочности обладают высоким коэффициентом динамического трения в контакте с множеством используемых материалов.

Одной из важнейших проблем трибологии является проблема повышения износостойкости конструкционных материалов, составляющих трибосопряжения и узлы трения, именно поэтому наряду с улучшением антифрикционных характеристик, снижение износа относится к приоритетным инженерным задачам.

Улучшить низкие антифрикционные характеристики твердых покрытий с одной стороны, повысив при этом стойкость к изнашиванию с другой, можно за счет применения многоэлементных композитных нитридных систем. Выбор металлов для формирования различных типов нитридных покрытий определяется разной реакционной способностью металлов к образованию нитридов и возможностью их растворимости друг в друге [4]. В этом отношении перспективно использование композиции стали 12X18H10T и часто используемого для улучшения условий трения скольжения сплава Al [5]. В то же время, исследованию таких покрытий, полученных ионно-плазменным напылением, уделяется недостаточное внимание.

В настоящей работе приводятся результаты исследования структуры и свойств покрытий 12X18H10T, легированного алюминием.

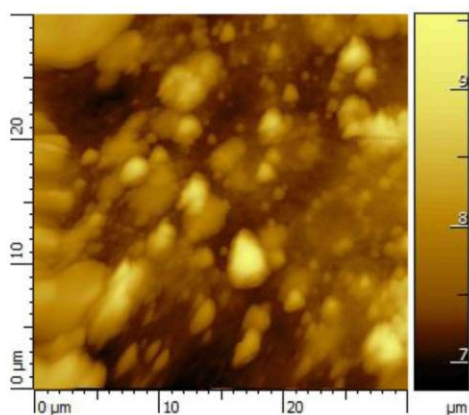
Для нанесения покрытий использовались алюминиевые катоды и катоды из стали марки 12X18H10T. С помощью этих катодов наносились покрытия на установке ННВ-6.6.И1 на стальную подложку Ст. 45 в газовой среде аргона и азота в течение 40 мин при токе дуги $I_{д} = 80$ А, опорном напряжении $U_{оп} = 200$ В и давлении газа в камере $P = 5 \times 10^{-3}$ мм рт. ст.

Электронно-микроскопическое исследование было проведено на растровом электронном микроскопе MIRA 3 фирмы TESCAN.

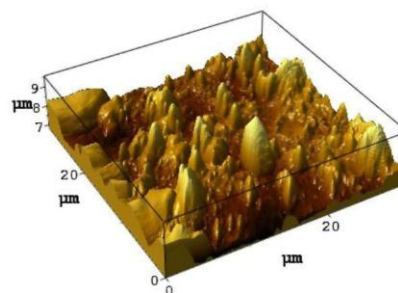
Оптическая микроструктура исследовалась на металлографическом микроскопе Эпиквант, а в наномасштабе на атомно-силовом микроскопе NT-206.

Для измерения микротвердости использовался микротвердомер HVS-1000A, а для трибологических исследований - созданная в лаборатории КарГУ установка для определения износостойкости и трения скольжения [6].

На рис. 1 и 2 показаны АСМ-изображения покрытий, полученных в среде аргона и азота. На рис. 3 и 4 показаны РФЭС покрытий, полученных в среде аргона и азота. Путем обработки энергодисперсионных спектров по специальной программе РНІ-РНО-Z были определены концентрации элементов в покрытиях (табл. 1 и 2).

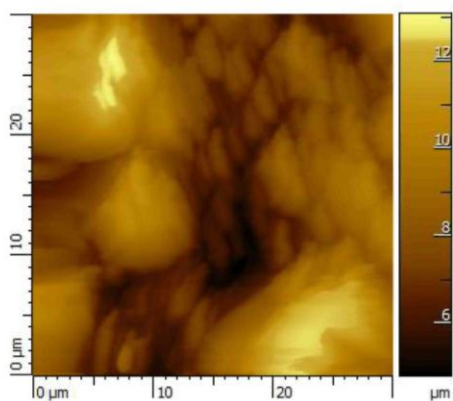


а)

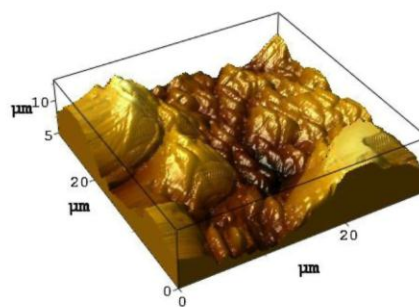


б)

Рисунок 1 - АСМ-изображения покрытия 12Х18Н10Т+ А1 в 1D (а) и 3D (б) проекциях в среде аргона



а)



б)

Рисунок 2 – АСМ-изображения покрытия 12Х18Н10Т+А1 в 1D (а) и 3D (б) проекциях в среде азота

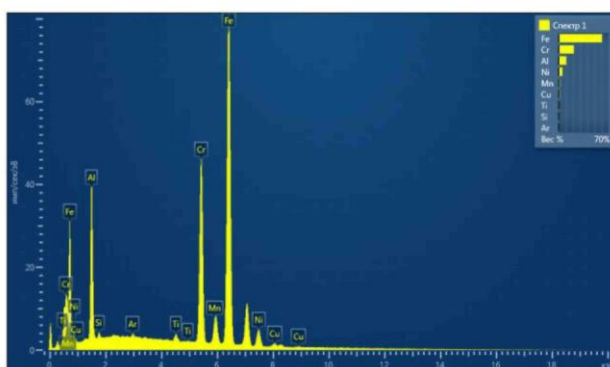


Рисунок 3 - РФЭС покрытия 12Х18Н10Т+ А1 в среде аргона

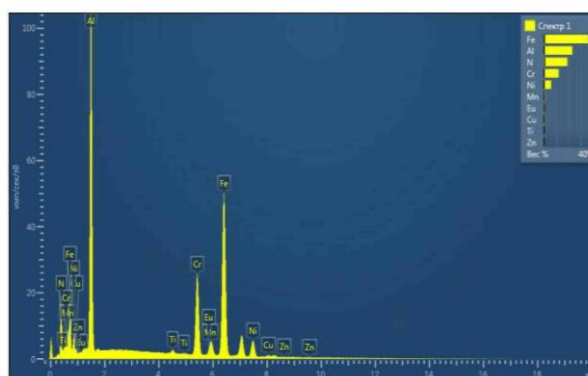


Рисунок 4 - РФЭС покрытия 12Х18Н10Т+ А1 в среде азота

Таблица 1 - Элементный состав покрытия 12Х18Н10Т+А1 в среде аргона

Элемент	Тип линии	Условная концентрация	Отношение к	Вес.%	Сигма Вес.%
Al	К серия	17.23	0.12374	10.24	0.13
Si	К серия	0.61	0.00481	0.32	0.06
Ti	К серия	1.89	0.01895	0.60	0.06

Cr	К серия	69.27	0.69270	20.84	0.17
Mn	К серия	3.94	0.03937	1.33	0.12
Fe	К серия	175.92	1.75921	60.46	0.25
Ni	К серия	13.32	0.13315	4.88	0.16
Cu	К серия	3.06	0.03058	1.15	0.14

Таблица 2 - Элементный состав покрытия 12X18H10T+A в среде азота

Элемент	Тип линии	Условная концентрация	Отношение k	Вес.%	Сигма Вес.%
N	К серия	99.37	0.17693	19.19	0.53
Al	К серия	48.42	0.34774	23.32	0.22
Ti	К серия	1.07	0.01069	0.35	0.05
Cr	К серия	38.02	0.38017	12.01	0.15
Mn	К серия	2.60	0.02597	0.90	0.11
Fe	К серия	106.72	1.06716	36.95	0.32
Ni	К серия	15.91	0.15908	5.75	0.15
Cu	К серия	1.80	0.01796	0.67	0.12
Zn	К серия	0.00	0.00000	0.00	0.00

В таблице 3 приведены значения микротвердости μ по Виккерсу и коэффициента f трения для покрытий, полученных при различных временах t напыления.

Таблица 3 - Микротвердость и коэффициенты трения покрытия 12X18H10T+A1

Покрытие	t, мин.	μ , МПа	f (по меди)	f (по алюминию)
12X18H10T+A1 (аргон)	10	292,5	0,193	0,264
12X18H10T+A1 (аргон)	20	356,7	0.198	0,323
12X18H10T+A1 (аргон)	30	393,5	0,203	0,367
12X18H10T+A1 (аргон)	40	416,2	0,206	0,426
12X18H10T+A1(азот)	10	391,7	0,230	0,325
12X18H10T+A1(азот)	20	404,7	0,263	0,366
12X18H10T+A1(азот)	30	436,9	0,283	0,374
12X18H10T+A1(азот)	40	474,4	0,294	0,337

При легировании покрытия 12X18H10T алюминием в газовой среде азота его столбчатая структура (рис. 2) становится менее выраженной, чем в аргоне (рис. 1). Это связано с увеличением зерна аустенита. Элементный состав покрытий претерпевает существенное изменение при осаждении покрытий в атмосфере аргона и азота. Покрытия, полученные в среде азота, содержат алюминия в 2 раза больше и железа в 2 раза меньше. Снижается и содержание хрома.

Такое поведение концентрации легирующих элементов в покрытии связано, на наш взгляд, с процессами рассеяния ионов легирующих элементов на атомах и молекулах аргона и азота.

Изменение концентрации легирующих элементов в покрытии сказывается и на их механических свойствах (табл. 3). Микротвердость и коэффициент трения покрытия, полученного в газовой среде азота, больше - чем в среде аргона. Это обусловлено, в первую очередь, образованием нитридов хрома, поскольку образование нитридов железа и алюминия при таких термодинамических условиях весьма незначительно.

Однако, коэффициенты трения для полученных покрытий значительно меньше таковых для большинства пар трения.

Микротвердость стали Ст. 45 составляет около 200 МПа по Виккерсу. Это означает, что полученные нами покрытия в среде азота увеличивают твердость почти в 2 раза.

Увеличение микротвердости и одновременное уменьшение коэффициентов трения могут повысить износостойкость деталей с покрытиями 12Х18Н10Т+А1, полученных в среде азота или аргона.

Таким образом, повысить эксплуатационные характеристики узлов трения, можно путем нанесения многоэлементных покрытий при одновременном распылении различных катодов.

Библиографический список

1. Андреев А.А., Саблев Л.П., Григорьев С.Н. Вакуумно-дуговые покрытия. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. – 318 с.
2. Азаренков Н.А., Соболев О.В., Погребняк А.Д., Береснев В.М. Инженерия вакуумно-плазменных покрытий. – Харьков: Изд-во ХНУ им. Каразина, 2011. – 344 с.
3. Псахье С.Г., Зольников К.П., Коноваленко И.С. Синтез и свойства нанокристаллических и субструктурных материалов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 264 с.
4. Мрочек Ж.А., Вершина А.К., Иващенко С.А. Плазменно-вакуумные покрытия. – Мн., 2004. – 368 с.
5. Шустер Л.Ш., Криони Н.К., Шолом В.Ю., Мигранов М.Ш. Покрытия и смазка в высокотемпературных подвижных сопряжениях и металлообработке. – М.: Машиностроение, 2008. – 318 с.
6. Колесников В.А., Байсагов Я.Ж., Юров В.М. Информационно-измерительный прибор для определения коэффициента трения скольжения // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12. – Ч. 1. – С. 121-124.