

АНАЛИЗ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ И ПЕРСПЕКТИВА ИХ ДЛЯ ВОЕННОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Шамудинов Ш.К.

Преподаватель кафедры Академии Вооружённых Сил Республики Узбекистан

АННОТАЦИЯ

В статье рассуждается о лучших результатах нанопокрывтия, чем мы ожидали, которые на сегодняшний день являются самым актуальным, редким, материалами, и используется на всех современных в том числе и военной техники. К примеру используемые физические, химические, механические и эксплуатационные материалы в военных машинах, с внешней стороны нанопокрывтий можно получить материалы высшей степени.

Ключевые слова: покрытие, трение, жаропрочность, многокомпонентный, износ, сталь, нагрузка, электродуговое, вакуум, твёрдость.

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada nanoqoplamalar bugungi kunda eng dolzarb, noyob materiallar xisoblanib, barcha zamonaviy shu jumladan harbiy texnikalarda keng k o'lamda foydalanilmoqda. Harbiy mashinalarda qo'llanilgan materiallarni fizik, ximik, mexanik xamda ekpluatatsion sifatlarini, nano qoplamalardan keyin ularning sirtida biz kutgandan xam yuqori darajadagi materiallar olishi mumkinligi to'g'risida fikrlar yuritilgan.

Kalit so'zlar: qoplam, ishqalanish, issiqbardosh, ko'pkomponentli, yeyilish, po'lat, nagruzka, elektroyoyli, vakuum, qattiqlik.

ABSTRACT

In article is reasoned about the best result nanocovering, than we expected, which for present-day day are most actual, rare, materials, and is used on all modern including military technology. To example used physical, chemical, mechanical and working material in military machine, with outer face nanocovering possible get the material high degree.

Key words: covering, friction, hottoughness, muchcomponent, wear-out, steel, load, electroarc, vacuum, hardness.

Эффективность многокомпонентных и многослойных покрытий во многом зависит от качества их адгезии и когезии к основе и механико-физико-химических свойств (устойчивости к ударным нагрузкам, склонности к хрупкому разрушению, твердости). Указание на комплексные свойства покрытий всегда был в центре внимания технологов и традиционно подвергался оптимизации.

Одним из путей воздействия на механизм деформации и активации поверхностных слоев износостойких покрытий является применение легирования покрытий, с одной стороны, и с другой стороны – создание многослойных покрытий.

Исследование покрытий Ti-Al-N, Ti-Cu-N и Mo-Al-N, полученных вакуумно-дуговым методом из двух радикальных потоков металлической плазмы посвящено работа [1,2]. Для исследования покрытия получено на образцы из азотированной стали 38Х2МЮА, стали 9Х13МДЗБ2. Испытания на износостойкость проводили из схемы плоскость цилиндр на машине трения СМЦ-2 при скорости скольжения 1,3 м/с в среде масло М14В2, при нагрузке 0,1 Н в течение одного часа в качестве контртела использовались образцы – диски диаметром 40 мм стали Х12М (твердость HRC 60÷67. Затем, рассчитывали объем материала удаленного материала и удаленный износ, т.е. объем материала, удаляемый на единицу длины пути трения (таб.1.)

Согласно результатам испытаний покрытия Ti – Cu – N и Ti – Al - N обладают более высокой износостойкостью по сравнению со сталью 38Х2МЮА и однослойными покрытиями TiN.

Таблица 1

Объемный удаляемый износ образцов с разными по составу покрытиями

№п/п	Образец	Удельный объемный износ мм ³ /м	примечание
1	Сталь 38ХМЮА	$5 \cdot 10^{-5}$	Все измерения были в одинаковых условиях
2	Сталь с покрытием TiN	$1 \cdot 10^{-5}$	
3	Сталь с покрытием Ti-Al-N, алюминия 4% (мас.)	$5 \cdot 10^{-6}$	
4	Сталь с покрытием Ti-Cu-N, меди 1,5% (мас.)	$1 \cdot 10^{-6}$	

Тщательное исследование износостойкости многокомпонентных покрытий и их антифрикционных свойств, проводили на машине трения МИ-1М по схеме «плоскостьцилиндр».

Покрытия наносили на одну из больших граней образца – колодки из стали 9Х13 МДЗБ2, выполненного в форме параллелепипеда 8×8×30 мм. В качестве контртела использовались образцы – диски диаметром 40 мм стали Х12М. (ХРН 60-64). Шероховатость цилиндрической поверхности дисков не превышала $R_a = 0,08$ мкм. Основная серия экспериментов по изучению фракционных свойств проводилась в смазочной среде АМГ-10 при температуре ~60°C, скорости. Скольжения 1,3 м/с, продолжительность одного испытания 1 час. Таб.2 приведены результаты испытаний многокомпонентных покрытий в паре трение со сталью Х12М.

Из результатов, приведенных в таблице 2 следует, что покрытия Ti – Al – N, Ti – Cu – N и Mo – Al – N обладают низким коэффициентом трения, высокой критической задиорообразования по сравнению с покрытием гальванической Cr.

Таблица 2

**Триботехнические характеристики многокомпонентных покрытий
(масло АМГ-10, V=1,3 м/с, t = 1 час)**

Покрытия	Cr гальв.	TiN	Ti-Al-N Al (4-6)%	Ti-Cu-N Cu (1-1,5)%	Mo-Al-N Al (4-6)%
Толщина, мкм	30	10	10	10	10
f_{TP} , коэф.ТРЕНИЯ	0,10	0,11	0,06	0,064	0,067
W' , износ контртела, г,	8,0	12,0	0,7	0,7	0,8
$W \cdot 10^{-3}$, объёмный износ покрытия, мм ³ ,	19,0	2,5	3,0	3,0	4,0
Наибольшая удельная нагрузка задиорообразования, Н	800	1000	1310	1380	1210

Примечание: f_{TP} - значение коэффициента трения; W – объёмный износ покрытия за время испытаний; W' - износ контртела.

Исследование дорожек трения покрытий Ti – Cu – N, Ti – Al – W осуществлялось при помощи метода ионного послойного анализа. Для проведения анализа использовали ионный источник с высоковольтным пенинговским разрядом с холодным катодом, что обеспечивало скорость травления от 150 до 4000 А/ч, при энергии первичных ионов 10 кэВ. Скорость травления для титана, меди, алюминия 250 А/ч. Ра рис.1 приведены изменение концентрации меди в приповерхностном слое покрытия по глубине (толщина $\delta \sim 6,0$ мкм).

Из рисунка 1 видно, что в процессе трения поверхность покрытия обогащается медью.

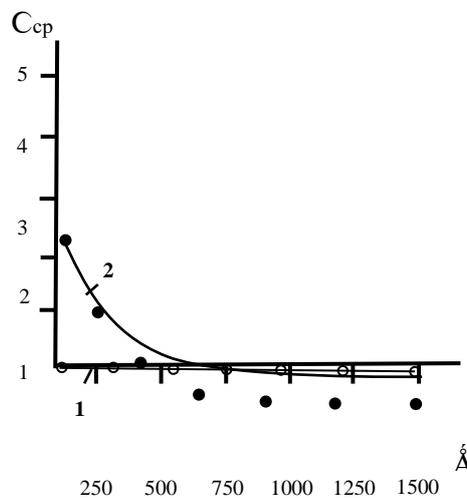


Рис.1. Усреднённое значение концентрации меди в приповерхностном слое покрытия

Ti – Cu – N; 1-исходный; 2-после трения.

Результат изучения спектра поверхности трения покрытия Ti – Cu – N, показывают, что на ней присутствуют как окись, так и двуокись меди. Это подтверждается и данными электронографических исследований. Повышение износостойкости покрытий Ti – Cu – N в смазочной среде связано с формированием на его основе меди [3,4]. При этом наблюдается перенос меди на сопрягающуюся поверхность контртела. На поверхности трения, также обнаружена пленка меди.

Таблица 3

Результаты изучения трения и износа двухслойных покрытий

Покрытия	TiN	TiN+TiC	TiC+TiN	TiN+БрАЖ9-4
Толщина слоев, мкм	5,0	2,5+2,5	2,5+2,5	5,0+3,0
Количество слоев	Однослойное	двухслойное	двухслойное	двухслойное
f_{TP} , коэф. ТРЕНИЯ	0,125	0,12	0,14	0,093
W' , износ контртела, г,	12,0	2,5	3,5	0,7
$W \cdot 10^{-3}$, объёмный износ покрытия, мм ³ ,	2,5	5,0	6,0	6,0
Наибольшая удельная нагрузка задирообразования, Н	1000	1100	1100	1240

Примечание: W – объёмный износ; W' - износ контртела. f_{TP} - коэффициента трения; Δf_{TP} - разброс коэффициента трения.

Таким образом, по совокупности свойств покрытия TiN+TiC TiN+БрАЖ9-4 является наиболее интересным и перспективным для промышленного использования. В таблице 2 приведены результаты обобщённого анализа трения и износа многокомпонентных, многослойных покрытий.

Анализ изностных испытаний показывает, что наибольшей износостойкостью обладают покрытия TiN+ α -Ti (наименьшая глубина износа, высокая нагрузка задиробандирования). Ti (наименьшая глубина износа, высокая нагрузка задиробандирования). Это можно объяснить тем, что мягкий слой TiN+ α -Ti обеспечивает эффект приработки. По мере изнашивания этого слоя начинается работа твёрдого покрытия TiN, которое через некоторое время обнажает слой α -Ti и таким образом начальные условия трения.

Таблица 4

Изучения сравнительных триботехнических многокомпонентных и многослойных покрытий

Покрытия	TiN	Ti-Al-N Al (4-6)%	Ti-Cu-N Cu (1-1,5)%	TiN+БрАЖ9-4	TiN+ α -Ti
Толщина слоев, мкм	10	10	10	10 слоев (0,8-1,2)	10 слоев (0,8-1,2)
f_{TP} , коэф.ТРЕНИЯ	0,12	0,05	0,07	0,09	0,11
$W \cdot 10^{-3}$, объёмный износ покрытия, мм ³ ,	2,5	3,0	3,0	5,0	2,1
W' , износ контртела, г,	12,2	0,71	0,7	0,5	5,0
Критическая нагрузка при испытанных на задир.	1002	1320	1380	1280	1200

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, за счет правильного подбора легирующих элементов и их количества можно обеспечить формирование покрытий с высокой адгезией к подложке и низкой адгезионной активностью к контртелу, стойкостью против окисления при высоких температурах, созданием диффузионного барьера между контактирующими материалами.

Работоспособность режущего инструмента с многокомпонентными покрытиями Ti-Mo-N, Ti-Cr-N, Ti-Al-N увеличивается в 3-3,5 раза по сравнению с нитридом титана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)

1. Береснев В. М., Толоч В. Т., Гриценко В. И. // Физическая инженерия поверхности, 2003. – № 3 – 4. – С. 237 – 257.
2. Азаренков Н. А. Структура и свойства защитных покрытий и модифицированных слоев материалов: монография. / Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк – Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2007. – 560 с.
3. Maxmudov N. A. et. al. Microstructure and tribomechanical properties of multilayer TiZrN/TiSiN composite coatings with nanoscale architecture by cathodic-arc evaporation, Journal of Materials Science, 56, 2021, pp. 5067-5081.
4. Maxmudov N. A. et. al. TRIBOTECHNICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF Ti-Al-N NANOCOMPOSITE COATINGS OBTAINED BY PLASMA ION IMPLANTATION AND DEPOSITION. Научный журнал Universium: Технические науки 4 (85).