

## **Анализ триботехнических характеристик многокомпонентных покрытий**

Махмудов Н.А. Самаркандское Высшее Военное Автомобильное Командно- Инженерное Училище Бобоев У.П. Самаркандский сельскохозяйственный институт Разаков ЖХ - магистр,  
Самаркандский Государственный Университет Махмудов ИЛ. 1-й академический лицей Самаркандского Государственного Университета

***Аннотация.** В статье приведены и изложены наиболее эффективные методы решения задачи износостойкости, достигаемой применением покрытий. Такой подход экономически оправдан, поскольку позволяет сократить расход дефицитных и дорогостоящих материалов. В настоящее время используется большое количество покрытий, полученных разными методами и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют - покрытия, нанесенные на рабочие поверхности режущего инструмента и узлов трения деталей машин, обеспечивают повышение их работоспособности, эксплуатационных характеристик и срока службы деталей, что экономически и технически выгодно для машиностроительной промышленности.*

***Ключевые слова.** Покрытие, триботехнические, износ, трение, прочность, коррозионная стойкость.*

Введение. Сегодня высоко технологические области промышленности, такие как, авиационная, космическая, двигателестроение, нефтехимическая, газодобывающая уделяют большое внимание вопросам повышения надежности, экономичности изделий, которые эксплуатируются в различных средах.

Одним из конструкционных материалов, благодаря своим свойствам (прочность, лёгкость, коррозионная стойкость) - титан и его сплавы и изделия из титана нашли широкое применения в космической, авиационной, кораблестроительной, химической промышленности.

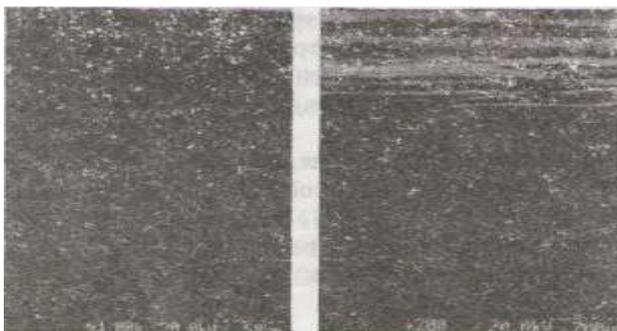
Усложнение условий работы изделий требует от них дальнейшего улучшения свойств материалов.

Материалы и методы. Для исследования фазового состава покрытия проводили измерения на установке ДРОН-2 в кобальтовом излучении. Морфологию поверхности микроанализ проводили методом РЭМ на сканирующих электронных микроскопах РЭММА- 2М

Элементный анализ проводился методом ВИМС на установке МС-7201М с пучком токов Ag энергией до 20 кВ. Твёрдость покрытия измеряли по Роквеллу в единицах HRC, а сила адгезии определялась методом скрабирования алмазной пирамидной по поперечному и косому шлифам.

**Результаты и их анализ.** Анализ дифрактограмм со стороны покрытия показал, что в его составе имеется твёрдый раствор на основе никеля с периодом решетки  $a=3,525 \text{ \AA}$  (табличные данные для Ni:  $a=3,525 \text{ \AA}$ ). В качестве образцов получили 3-х слойное покрытие  $C_{23}St-III$ ,  $C_{23}C_{2}P$  [1,2,3]. Образуются

также соединения  $Cu_2S_3$ , рефлексы от которого выражены слабее. Также детектируется ГЦК фаза с параметром решётки 3,614 Å, которую можно трактовать, как интерметалл  $Cu_2M_3$ . На рис.1 приведены изображения поверхности покрытия (а) и излома покрытия (б). Структура и морфология покрытия различаются по глубине: имеются светлые участки (характерные для карбида хрома) и блестящие тёмные участки (характерные для металлической фазы никеля).



Микроанализ, проведённый в этих участках (Рис,2), показал наличие  $C, Ni, O, Cu$  и  $Fe$  в покрытии, причём есть блестящие участки, в которых находится только  $III$  с небольшим содержанием примеси  $Cu$  и  $Si$ . В этих участках содержание никеля около 96%, а хрома - 4%.

Рис .1, а-морфология поверхности покрытия из  $Cr_3C_2+30$  вес.%Ж полученная при помощи растрового электронного микроскопа; б-структура покрытия  $Cr_3C_2+30$  вес. % Ni в изломе. Можно предположить, что в этой области находятся порошинки никеля с небольшим содержанием хрома, который появился в результате оплавления порошинок и смешивания в жидкой или газо-плазменной фазах в момент пролёта в плазменной струе. В областях с серым фоном атомная концентрация  $Cu$  составляет около 61%,  $Si$  — около 8,5%,  $O$  - около 5,6%,

$^{63}Cu$  - около 13,3%,  $Fe$  - около 2,6% и  $Al$  - выше 5%, а  $C$ -элементы сера, кальций и кремний составляют менее 1%. Измерения твёрдости

поперечному шлифу,  $f. Cu$  ж.г, проведённые с помощью пирамидки

Рис.2. Рентгеновские спектры, снятые на покрытии и измеренные на установке РЭММА-2М с дисперсией по энергии (в точке смешанного состава - серый цвет)

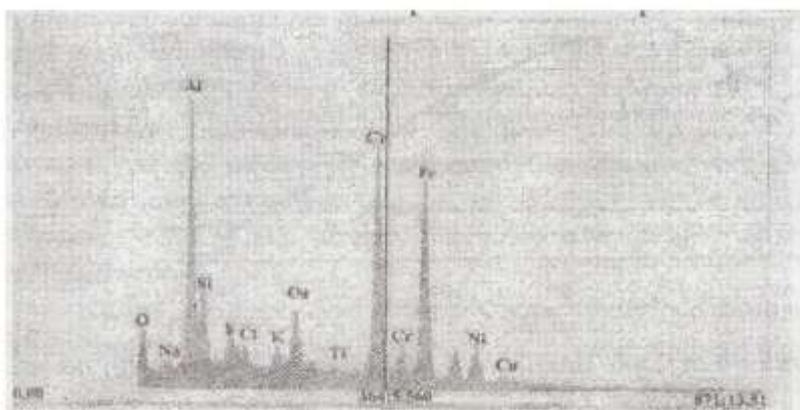
Роквелла, показали что максимальное значение твёрдости в светлых участках ( $>7Cr_3C_2$ -основная фаза) составляет  $66 \pm 4,5 HRC$ , а в блестящих тёмных участках, с преобладанием твёрдого раствора никеля, твёрдость составляет около  $45 \pm 1,5 HRC$ . Измерения силы адгезии покрытия с подложкой на поперечных и косых шлифах показали, что эти значения сильно отличаются и составляют величины в интервале от 25 до 300 МПа. Таблица 1

**Результаты измерения твёрдости по Роквеллу на поверхности покрытия при**

К®	Нагрузка, г.	Твёрдость,	Примеч
1-4	50	58+1	Серое поле
	100	51+3	
	200	48+5	
6,8,9,12	50	62+1	Одноро дное
	100	56+1	
	200	50+1	
10,11,13	50	27+7	Светлое поле
	100	35+3	
	200	50+12	

\*- данные СамСХИ и СВВАКИУ

В таблице 1 приведены значения твёрдости поверхности при разных нагрузках на



Экстр. поляризация	Нагрузка, г.	Твёрдость, HV0.05	Примечание
1-4	50	58±1	Серое поле
	100	51±3	
	200	48±5	
6,8,9,12	50	62±1	Однородное поле
	100	56±1	
	200	50±1	
10,11,13	50	27±7	Светлое поле
	100	35±3	
	200	50±12	

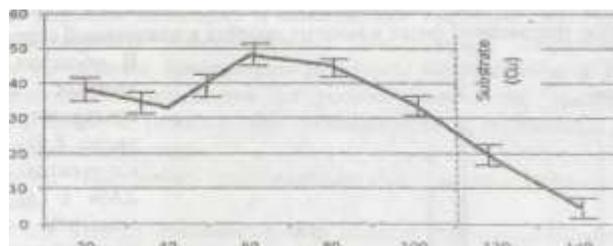
пирамидку. Анализ результатов измерения твёрдости позволяет говорить о том, что глубина, на, которую вдавливается пирамидка, такая же, как характерный размер отпечатка, и составляет десятки микрометров. Анализируя значения твёрдости от приложенной нагрузки, можно сделать вывод, что размер микрокристаллов (порошинок) в покрытии имеет тот же порядок (десятки микрометров).

На рис.3 представлена зависимость твёрдости покрытия, полученного с помощью плазмо-детанационной установки, по глубине покрытия (косой

шлиф) при одинаковой нагрузке на пирамидку.

Измерение проводилось только по серым участкам покрытия для того, чтобы получить более достоверную информацию о распределении твёрдости по глубине нанесённого покрытия [4,5].

Испытания деталей тепловых электростанций, таких как лопасти импеллеров, поверхности труб в котлах, работающих в окислительной (на воздухе) и шлаковой среде (шлаковые частицы) при высоких температурах (300-800°C) с покрытием из Cr<sub>3</sub>CVM, нанесённых с помощью импульсной плазменной струи, показали их хорошую стойкость и работоспособность.



*d.tnm*

*Рис.3 Зависимость твёрдости по глубине покрытия (косой шлиф) при нагрузке на*

*пирамидку 50g*

Выводы. Таким образом, анализ литературных данных [1...5] показывает, что для обеспечения значительного уровня износостойкости деталей машин в широком интервале скоростей скольжения необходимо, чтобы материал пары обладал сочетанием таких свойств, как высокая прочность (твёрдость), теплостойкость (до 850°C-1100°) ^

Для увеличения ресурса работы изделий зачастую не требуется повышение их объёмных свойств, так как для защиты их от изнашивания и коррозии достаточно, поверхностного упрочнения материала за счёт нанесения износостойкого покрытия.

При выборе износостойких покрытий чаще всего ориентируются на твёрдость, хотя во многих работах было показано, что она не может однозначно характеризовать их износостойкость. Многие физические свойства (теплопроводность и др.) могут оказывать на износостойкость более существенное влияние, чем твёрдость.

### Литература

1. Погребняк А.Д., Дробышевская А.А., Береснёв В.М., Кылышканов М.К., Кириг Г.В., Дуб С.Н., Комаров Ф.Ф., Шипиленко А.П., Тулеушев Ю.Ж. Нанокompозитные защитные покрытия на основе *Ti-Al-N/Ni-Cr-N-Si-Fe*, их структура и свойства. // ЖТФ.-2010.- Вып. 7.

2. Береснёв В.М., Погребняк А.Д., Турбин П.В., Дуб С.Н., Кириг Г.В., Кылышканов М.К., Швец О.В., Грищенко В.И. Трибологические и механические свойства нанокompозитных покрытий из *Ti-Al-N*, осаждённых ионно-плазменным методом. // Трение и износ.-2010.- Вып.5.

3. Pogrebnyak A.D., Kravchenko Yu.A., Kislitsyn S.B., Ruzimov Sh.m., Nolib F., Misaelides P., Hatzidimitrou. *TiN/Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiN/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hybrid coatings structure features and properties resulting from combined treatment.* // *Surf. And Coat. Tech.*-2006. Vol. 201. -P. 2651-2632

4. Погребняк А.Д., Дробышевская А.А., Даниленок М.М., Береснёв В.М., Кириг Г.В., Жуковский П.В., Тулеушев Ю.Ж. Исследование структуры и физико-химические свойства

Козлов А. Н., Севастьянов А.И., Цветков М.В. Проведение испытаний системы электронного индивидуального учета молока //

