

Литература

1. A.A. Vereschaka, Improvement of working efficiency of cutting tools by modifying its surface properties by application of wear-resistant complexes, *Advanced Materials Research*, Volume 712-715 (2013), 347-351
2. E.V. Berlin, N.N. Koval, L.A. Seidman, Plasma thermochemical surface treatment of steel parts, Moscow, Technosphaera, 2012, (in Russian).
3. A.S. Rogachev, A.S. Mukasyan, Combustion for material synthesis, NY, CRC Press Reference, 2014.
4. A.B. Markov, E.V. Yakovlev, V.I. Petrov, Formation of Surface Alloys with a Low-Energy High-Current Electron Beam for Improving High-Voltage Hold-Off of Copper Electrodes // *IEEE Transactions on Plasma Science*, 41 (2013), 2177-2182.
5. I. Proskurovsky, V.P. Rotshtein, G.E. Ozur, Yu.F. Ivanov, A.B. Markov, Physical Foundations for Surface Treatment of Materials with Low Energy, High Current Electron Beams, *Surface and Coatings Technology*, 125 (2000), no. 1-3, 49—56.
6. S.N. Grigor'ev, S.V. Fedorov, M.D. Pavlov, A.A. Okun'kova, Ye Min Soe, Complex surface modification of carbide tool by Nb, Hf and Ti alloying followed by hardfacing (TiAl)N, *Journal of Friction and Wear*, Volume 34 (2013), Issue 1, 14-18.
7. S.N. Grigoriev, A.S. Metel', S.V. Fedorov, Modification of the structure and properties of high-speed steel by combined vacuum-plasma treatment, *Metal Science and Heat Treatment*, Volume 54 (2012), Issue 1-2, 8-12.

Формирование структурной стабильности осаждаемых покрытий системы Ti-N в процессах вакуумно-ионноплазменной обработки

*Л.М.Петров, *К.В.Григорович, В.В. Зеленков, *Г.С. Спрыгин, А.Н. Смирнова, *Я.Я.Химюк, Д.М. Дормидонтов*

ОАО «Национальный институт авиационных технологий», Москва. E-mail: info@niat.ru

**ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова Российской академии наук, Москва, e-mail: grigorovichkv@gmail.com*

Рассмотрено влияние воздействия потока газо-металлической плазмы системы Ti-N на равномерность, структурную стабильность, оцениваемую по изменению элементного состава обрабатываемого поверхностного слоя стали 40Х в зависимости от параметров процесса. Показано, что интенсивность изменения свойств формируемого поверхностного слоя зависит от параметров процесса осаждения покрытия.

Formation of the structural stability in Ti-N coatings deposited during vacuum-ion plasma treatment. L.M. Petrov, K.V. Grigorovich, V.V. Zelenkov, G.S. Sprygin, A.N. Smirnova, V.D. Semionov, Ya. Ya. Khimiyuk, D.M. Dormidontov. The influence of Ti-N gas and metal plasma stream on the uniformity and structural stability is considered. The stability is evaluated by change in the elemental composition of 40H steel surface layer under treatment depending on the process parameters. Dependence of the intensity of change in the properties of the generated surface layer upon the process parameters of the coating deposition is shown.

Метод вакуумной ионно-плазменной (ВИП) обработки, позволяет формировать широкую гамму внешних, внутренних и комбинированных покрытий, нашедших широкое применение в машиностроении, что позволило обеспечить работоспособность деталей и изделий в период их эксплуатации. Этот метод упрочняющей поверхностной обработки обладает значительными технологическими возможностями по формированию многослойных,

многокомпонентных, градиентных, наноструктурированных покрытий и весьма перспективен. Создаваемые этим методом функциональные поверхностные композиции, обладают широким диапазоном эксплуатационных свойств и формируются под воздействием высокоэнергетических потоков частиц газовой и металлической плазмы.

Потоки газо-металлической плазмы, воздействуя на поверхность, формируют технологические этапы процессов, определяемых энергией воздействия компонентов плазменного потока. Последующий процесс взаимодействия потоков с поверхностью приводит к: нагреву поверхностного слоя, осуществляемого кинетическим воздействием плазменных потоков; послойному регулируемому удалению оксидов и дефектного слоя с обрабатываемой поверхности; осаждению элементов плазменного потока с одновременным диффузионным насыщением поверхностного слоя; осуществлению поверхностных плазмохимических реакций [1,2].

Результатом взаимодействия плазменных потоков с обрабатываемой поверхностью является: изменение химического состава поверхностного слоя, изменение значений поверхностной микротвердости, изменение химической активности и структурного состава поверхности. Формирование свойств осаждаемых покрытий зависит от соотношения компонентов потока газо-металлической плазмы, особенно это актуально при формировании покрытий на основе нитридно-карбидных соединений, а также от объемной равномерности и полноты прохождения плазмохимических реакций.

В данной работе, исследовалась зависимость изменения свойств покрытий системы (Ti-N), от толщины, осаждаемого покрытия. Одинаковые технологические параметры процессов обработки, гарантируют стабильность энергетических условий формирования плазменных потоков, а время воздействия плазменных потоков, являющейся переменной величиной создает условия разнотолщинности получаемого покрытия. Формирование покрытий осуществлялось по следующим параметрам процесса: $P=3 \cdot 10^{-1}$ Па, $U_{оп.}=-150$ В, $I_d=100$ А. Взаимодействие потока газо-металлической плазмы с обрабатываемой поверхностью начиналось с процесса её разогрева (до 400° С) и последующего осаждения элементов плазменного потока. Наличие температуры, первичной энергии плазменного потока и энергии ускоряющего потенциала ($U_{оп.}$, В) способствовало активации процесса взаимной диффузии элементов подложки и элементов плазменного потока.

Взаимная диффузия элементов обрабатываемой подложки (сталь 40Х) и элементов плазменного потока зависит от многих факторов, в том числе и от времени технологического процесса. Увеличение времени контакта плазменного потока с обрабатываемой поверхностью способствует увеличению на поверхности концентрации осаждаемых элементов, повышению равномерности их распределения по поверхности и росту переходной диффузионной зоны, рис 1-3.

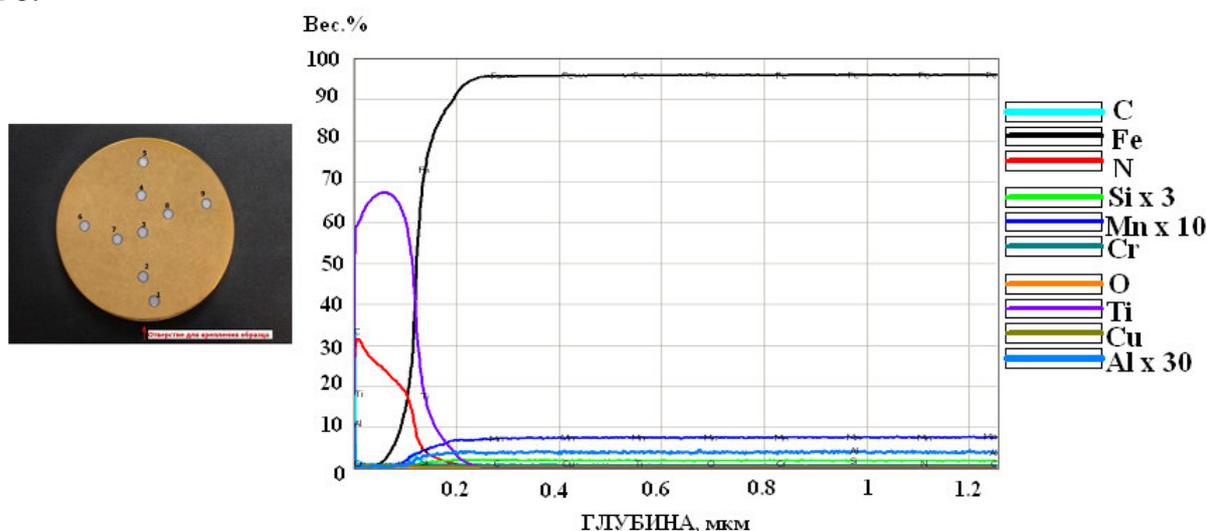


Рис. 1. Количественное изменение элементного состава осаждаемого покрытия системы Ti-N точка 5. Время нанесения 4 мин 30 сек.

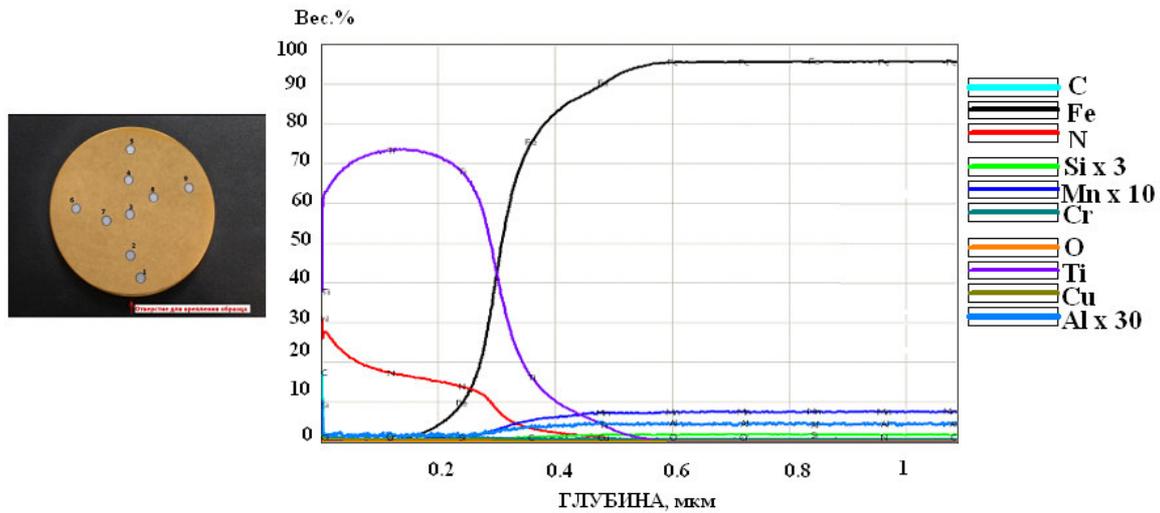


Рис. 2. Количественное изменение элементного состава осаждаемого покрытия системы Ti-N точка 5. Время нанесения 12 мин.

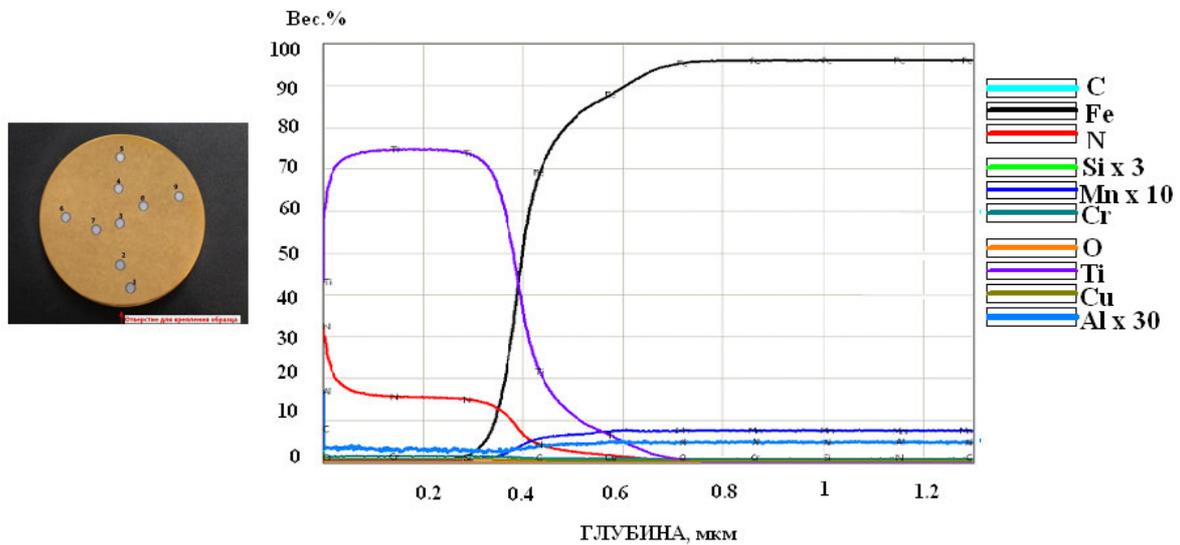


Рис.3. Количественное изменение элементного состава осаждаемого покрытия системы Ti-N точка5.Время нанесения 40 мин.

Взаимодействие элементов плазменного потока с обрабатываемой поверхностью способствует формированию процессов плазмохимической реакции на поверхности с образованием соединений TiN с морфологией поверхностного слоя, зависящей от его структурного состояния, рис.4. Исследование пористости осажденных покрытий по ГОСТ 9.302 методом наложения фильтровальной бумаги с раствором 32 (время выдержки 10 минут) показало, что увеличение толщины покрытия привело к изменению условий формирования покрытия и структура имеет уменьшенную пористость.

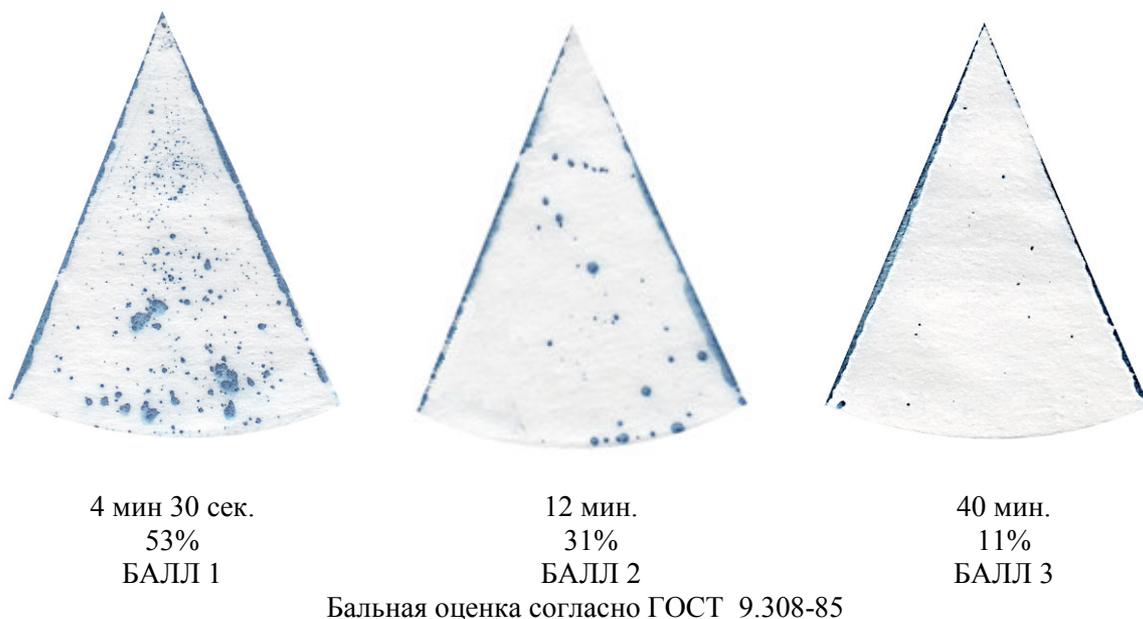
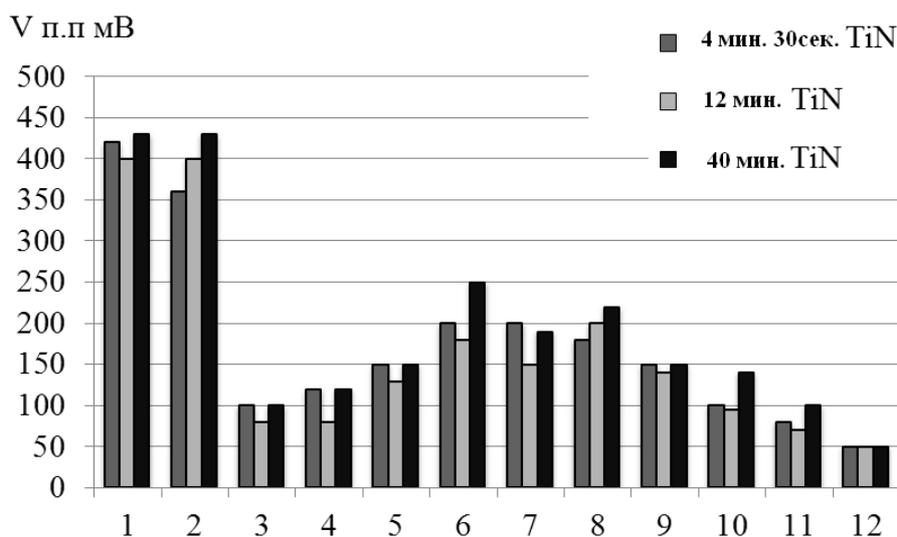


Рис.4. Изменение пористости сформированных покрытий.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
исх	4 мес.	4 мес.+32 р-р	10 мин	30 мин	3 часа	4 часа	1 день	5 дней	12 дней	17 дней	40 дней

Рис.5. Изменение поверхностного потенциала покрытий на основе TiN разной толщины во времени.

При этом, значение величины приведённого поверхностного потенциала (V п.п) при измерении монослойного катодного покрытия TiN после его формирования составляет 400±20 мВ.

Выдержка образцов при комнатных условиях приводит к выравниванию потенциала за счет снижения внутренних напряжений и окончательного формирования поверхностного слоя покрытия. Потенциал (Vп.п.) оксида сформированного на стали 40X в нормальных условиях (т.е. вылежка на воздухе в течение 10 дней) составляет 140±20 мВ. Повышение защитной способности катодного покрытия (наличие минимального количества пор), связано с повышением значения потенциала обработанной поверхности, которое должно сохраняться во времени. Полученные результаты после 4 месяцев выдержки показали, что покрытие толщиной

4 мкм обладает минимальной пористостью в сравнении с 0,5 мкм, и не формирует оксид, т.к. мы знаем, что нитрид титана устойчив к окислению на воздухе до 450 °С.

Дальнейшее падение V п.п. после применения раствора 32 показывает наличие на поверхности адсорбированных элементов и влияние их на энергетическое состояние поверхности.

Таким образом, стабилизация формируемых покрытий зависит от распределения элементного состава по толщине и формирования переходной диффузионной зоны, что является одним из важнейших факторов, влияющих на получение функциональных и эксплуатационных свойств.

Литература

1. А.А. Ильин, В.В. Плихунов, Л.М. Петров, С.Б. Иванчук, А.С. Гаврилов. Вакуумные ионно-плазменные технологии - перспектива их применения в аэрокосмической технике, 5 Международный аэрокосмический конгресс IAC'06 Тезисы докладов, Москва, 27-31 августа 2006 г. с. 160-161.
2. В.В. Плихунов, Л.М. Петров, С.Б. Иванчук, А.С. Гаврилов. Модифицирование поверхности и нанесение покрытий при вакуумной ионно-плазменной обработке - эффективный метод повышения работоспособности деталей и узлов авиационной техники, Сборник докладов VII научной конференции по гидроавиации «Гидро-авиасалон-2008», Россия, г. Геленджик, 5-6 сентябрь 2008 г. с.233-238.

Композиционный материал ГА/ОГ, полученный методом искрового плазменного спекания, для применения в качестве мишени для магнетронного распыления

*Н.Ю. Перетягин, С.В. Федоров
ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»
Москва 127055 Вадковский пер. 1, av288291@akado.ru*

Разработана методика смешивания гидроксиапатита (ГА) с 2,5 и 5 об.% оксида графена (ОГ) с последующим изготовлением образцов методом искрового плазменного спекания (ИПС). Был изучен эффект влияния добавления ОГ в ГА на его микроструктуру. Сделан вывод о дальнейшем использовании данной методики для изготовления электропроводящих мишеней для магнетронного распыления.

Composite material HA/GO obtained by spark plasma sintering as a target for magnetron sputtering. N.Yu. Peretyagin, S.V. Fedorov. The hydroxyapatite (HA) with 2.5 and 5 vol.% of graphene oxide (GO) composites were fabricated using a colloidal processing route. Obtained powders were sintered using Spark Plasma Sintering as consolidation technique. The effect of GO addition on density and microstructure of sintered composites was studied. It was concluded that the new fabrication method of hydroxyapatite-graphene oxide composites is suitable for electro-conductive sputtering targets.

Магнетронное распыление является одной из наиболее применяемых технологий, позволяющих наносить пленки с достаточно высокой равномерностью по толщине на больших площадях, и вместе с ней развиваются способы производства мишеней. К основным параметрам, которые контролируются при их производстве, следует отнести плотность, размер зерна, однородность, электропроводность, возможность крепления мишени к подложке.

Основной проблемой при использовании магнетрона на постоянном токе при распылении диэлектрических и полупроводниковых материалов, является образование