

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХТО И ВАКУУМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КОНСТАНТИНОВ В.М., КОВАЛЬЧУК А.В.

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь, тел. +375296388827, факс +375172939116,  
e-mail: V\_M\_Konst@mail.ru*

Инженерия поверхности деталей машин является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений современного материаловедения. Оно включает инновационные и традиционные способы обработки поверхности деталей, которые создают на ней композиционный материал, отличный от составных материалов по структуре и свойствам. Приоритетным направлением в инженерии поверхности деталей узлов трения является создание высокотвердых наноструктурированных PVD и CVD покрытий [1]. Получение таких покрытий и создание поверхностных композиций на их основе для повышения надежности эксплуатации и одновременной минимизации массогабаритных параметров деталей применительно к реальному производству с устоявшейся материаловедческой практикой и имеющимся оборудованием вызывает определенные трудности. Уровень экономического развития и технической обеспеченности машиностроительных предприятий зачастую не позволяет быстро внедрить уже известные иностранные технологии получения поверхностных композитов на основе наноструктурированных покрытий. Себестоимость их из-за установки дорогостоящего оборудования (линий) и применения в качестве основного материала высоколегированных конструкционных и инструментальных материалов в разы превышала бы себестоимость изделий, упрочняемых традиционными, технически менее эффективными технологиями. А экономическая целесообразность имела бы место только в случае повышения ресурса изделий на тот же порядок, что и повышение себестоимости их обработки, но не более чем ресурс узла (конструкции, машины) в целом. Все это накладывает жесткие ограничения по внедрению и использованию передовых технологий получения поверхностных композитов. Поэтому актуальными задачами являются переработка и адаптирование современных зарубежных технологий к реальным условиям предприятий с учетом уже имеющегося оборудования и ресурсов, а также разработка способов упрочнения, базирующихся на уже имеющихся технологиях с минимальными техническими затратами, но в то же время достаточными для повышения технико-экономических показателей изделий.

В этой связи в литературе, преимущественно русскоязычной, стало появляться все больше информации об использовании комплексных технологий, включающих традиционные методы поверхностной термической и термохимической обработки, а также нанесения вакуумных покрытий. Такой подход позволяет объединить лучшие свойства контактирующих материалов при их выделенной целевой обработке и сформировать поверхностно-легированную систему, которая обладает свойствами, недостижимыми в отдельности используемыми материалами и представляющая собой новый композиционный материал.

Так, например, существует достаточно большое количество способов, где в качестве предварительной обработки основного материала при металлургическом подходе (не считая нанесения промежуточного слоя или наплавки) применяются термическая обработка, обработка давлением, ультразвуковая обработка, лазерная обработка, термомеханическая и термохимическая обработка [2–5]. При этом износостойкие покрытия формируются из монослойных или многослойных пленок, в основном, из тугоплавких химических соединений переходных металлов. Из всех перечисленных наибольшим потенциалом обладает термохимическая обработка. Ее преимущество заключается главным образом в исследованности процессов термодиффузионного насыщения практически любыми элементами, многообразии используемых элементов и получаемых при этом свойств упрочненных слоев при известных режимах обработки и тем, что наиболее распространенные ее виды являются обычной практикой на машиностроительных предприятиях. Для использования термохимической обработки в комплексе с нанесением вакуумных покрытий следует выделить ее некоторые перспективные возможности:

- формирование необходимого химического состава поверхностного слоя (подслоя);
- структурообразование поверхностных слоев в заданном направлении;
- повышение механических характеристик поверхности;
- повышение стойкости к различным агрессивным средам;
- создание адгезионного подслоя для покрытия и другие.

Таким образом, вакуумные ионно-плазменные технологии и термохимическая обработка дают в сочетании целый набор обработок, доказательством чему служат многочисленные исследования авторов [6–10]. Использование термохимического поверхностного модифицирования основного материала позволяет существенно повлиять на эффективные свойства слоистых композитов с покрытиями. При этом поведение покрытий может существенным образом меняться, что отражается в исключении его продавливания, понижении или повышении модулей упругости, повышении адгезионных сил и других.

Так, например, при использовании предварительной химико-термической обработки стальной поверхности [11] удалось повысить износостойкость PVD покрытий на базе Ti-N более чем в 2 раза и при этом исключить его продавливание. Микротвердость и нанотвердость поверхности при комплексной обработке повышаются более чем в 7 и 2,5 раза соответственно. Силы адгезии покрытия при такой обработке исключают его отслоение, коррозионная стойкость поверхности с покрытием также увеличивается.

#### Литература

1. Наноструктурные покрытия под ред. А. Кавалейро, Д. де Хоссен, перевод с англ. под ред. Р.А. Анриевского – М.: Техносфера, 2011. – 752 с.
2. Стрелюхин В.А., Базыма В.И., Абрагимович В.В. Способ упрочнения инструмента и деталей, Патент RU 2019575; С 23С 14/32; 15.09.1994.
3. Костин Г.В. [и др.] Способ повышения износостойкости режущих инструментов, Патент RU 2062817; С23С14/00, С 23С 14/26; 27.06.1996.
4. Афанасьева О.В. [и др.] Способ упрочнения стальных деталей, Патент RU 2134726; С 21D 8/00, С 21D 10/00, С 21D 1/00; 20.08.1999.
5. Щанин П.М. [и др.] Способ формирования износостойкого покрытия на поверхности изделий из конструкционной стали, Патент RU 2131480; С 23С 14/06, 14/48; 10.06.1999.
6. Воронин Н.А. Абразивная стойкость и несущая способность вакуумных ионно-плазменных покрытий. // Трение и износ, 1998. – Т.19 – №5. – С. 616–622.
7. Константинов В.М. Оценка износостойкости покрытия TiN на упрочненной и не упрочненной основе / Ф.Ф. Комаров, А.В. Ковальчук, В.В. Пилько // Вестник БарГУ, 2013. – С.102–108.
8. Komarov F.F., Konstantinov S.V., Pilko V.V. Formation of nanostructured TiAlN, TiCrN, and TiSiN coatings using reactive magnetron sputtering // Journal of Friction and Wear, 2014. – Vol. 35. – № 3. – pp. 215–223.
9. Константинов В.М. Повышение жесткости металлической основы систем "конструкционная сталь – нитрид титана" / А.В. Ковальчук, Г.А. Ткаченко // Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр.: в 2 ч. – Минск: Белорусская наука, 2013. – Вып. 36, ч.2. – С. 152–161.
10. Хоккинг М., Вассантари В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия: Получение, свойства и применение: Пер. с англ. – М.: Мир, 2000. – 518 с.
11. Способ получения износостойкого покрытия : заявка на патент Респ. Беларусь, МКИ С 23С 14/00, 26/00, 28/00 / В.М. Константинов, Ф.Ф. Комаров, Г.А. Ткаченко, А.В. Ковальчук, В.В. Пилько, С.В. Константинов ; заявитель БНТУ. – № а 20131487 от 11.12.2013.