



Белорусский промышленный форум-2012

15-18 мая 2012, Минск

Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации
Республики Беларусь

Министерство промышленности Республики Беларусь

Национальная академия наук Беларуси

Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь

Министерство энергетики Республики Беларусь

Министерство экономики Республики Беларусь

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь

Министерство образования Республики Беларусь

Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь

Белорусское инженерное общество

Ассоциация «Инфопарк»

Выставочное предприятие «Экспофорум»

ТЕХНОЛОГИИ. ОБОРУДОВАНИЕ. КАЧЕСТВО

15-й международный симпозиум

сборник материалов форума



Минск, 2012

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ СОЗДАНИЯ ТОПОКОМПОЗИТА «КОНСТРУКЦИОННАЯ СТАЛЬ - PVD ПОКРЫТИЕ»

Константинов В.М., Ткаченко Г.А., Ковальчук А.А.

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, пр-т Независимости, 65, e-mail: v.m.konst@mail.ru*

Актуальной проблемой материаловедения была и остается сейчас разработка эффективных упрочняющих покрытий защищающих поверхность стального изделия от коррозии, изнашивания, механических повреждений. Лучшие покрытия характеризуются наличием прочных химических связей с основой, термически устойчивы, имеют близкий коэффициент термического расширения, и высокие механические свойства. Наиболее перспективными и быстро развивающимися в настоящее время являются тонкие наноструктурированные многокомпонентные покрытия. По ряду показателей для создания тонких поверхностных слоев на поверхностях трения наиболее перспективными являются вакуумные ионно-плазменные методы (ВИП) [1], в англоязычной литературе – «physical vapor deposition» (PVD), «chemical vapor deposition» (CVD).

Основными критериями качества PVD и CVD покрытий являются твердость, пористость и адгезионная прочность. Первых два показателя зависят от технологических факторов и химического состава. Адгезионная прочность определяется природой наносимого материала и материала подложки, и характером преобладающего типа взаимодействия покрытия на подложке (химическое или диффузионное, физическое, механическое). Однако эти критерии не являются достаточными для оценки триботехнической эффективности и экономической целесообразности применения покрытий. Для этого следует рассматривать как единое целое определенную конструкцию, состоящую из материала подложки и материала поверхностного слоя – топокомпозит [2], конструирование которых в настоящее время идентифицируется как создание из подложки и покрытия нового композиционного материала со свойствами, недостижимыми по отдельности ни материалом подложки, ни материалом покрытия. В западной литературе это научное направление называют surface engineering [3], в Японии – Tribo-Design of Coating/Substrate System (TDCSS) [4]. Подтверждением тому служат теоретические исследования авторов [2, 5], которые показали, что для тонких твердых покрытий проявляется эффект снижения несущей способности слоистой системы (топокомпозита). Этот эффект заключается в снижении предельной нагрузки, действующей на топокомпозит, для появления пластической деформации в материале подложки (продавливание покрытия) по отношению к нагрузке, прикладываемой к подложке без покрытия и приводящей к такой же пластической деформации в ней. Решением проблемы следует считать рассмотрение эффективных характеристик топокомпозита – эффективной жесткости и эффективных пределов твердости, текучести и несущей способности, варианты расчета которых предложены автором [5]. При конструировании топокомпозита из TiN и конструкционной стали важно уделять большее внимание стальной подложке, так как именно ее прочностные характеристики в большей степени влияют на изменение свойств топокомпозита.

Предложены следующие основные требования к металлической подложке для нанесения наноструктурированных защитных покрытий (TiN):

1. высокая адгезионная способность и адгезионная прочность материала подложки;
2. высокая когезионная прочность поверхностного слоя подложки;
3. высокая схватываемость материала подложки с наносимым покрытием;
4. высокое качество поверхности (под критериями качества понимаются шероховатость, морфология, наличие загрязнений, наличие оксидных пленок);
5. близкое к материалу покрытия значение коэффициента теплового расширения;
6. значения твердости на границе раздела между покрытием и подложкой должны быть близки к твердости покрытия и плавно снижаться в направлении от границы раздела.

По цели применения упрочнения стальной подложки можно условно разделить на 2 группы, в одной из которых основной целью является увеличение прочности сцепления покрытия и подложки, а во второй – получение для подложки твердости и износостойкости, близких к свойствам покрытия.

В первом случае наиболее часто рассматриваются предварительный подогрев (для уменьшения растягивающих напряжений на границе раздела между покрытием и подложкой и дополнительной взаимодиффузии); ионная имплантация (модифицирование тонкого поверхностного слоя подложки – изменение условий зарождения покрытия и характера его сопряжения с подложкой); ионная бомбардировка (на начальной стадии осаждения покрытия – формирование на межфазной границе протяженного переходного слоя комбинированного состава с градиентом концентрации элементов

подложки и покрытия и получение текстуры, соответствующей ориентации плоскостей (100) параллельно поверхности);

Во втором случае внимание акцентируется в основном на возможности применения традиционных способов термической и химико-термической обработки для повышения твердости и износостойкости подложки, необходимой для увеличения времени до наступления момента истощения несущей способности покрытия из-за локальных повреждений на участке трения [8].

В обоих случаях актуальной задачей остается разработка единого технологического процесса, включающего упрочнение верхнего слоя стальной подложки, обеспечивающее как высокую адгезию с покрытием, так и высокую твердость, износостойкость и нанесение покрытия. В настоящее время в США, Китае, Японии и странах Европы активно ведутся разработки дуплекс-процессов, включающих первоначально один из способов одно- или многокомпонентного легирования подложки (чаще всего уже предварительно модифицированной одним из методов 1 группы) из различных марок сталей с последующим нанесением износостойкого вакуумного покрытия [9, 10, 11]. Предварительный анализ эффективности и экономичности применения таких технологий оставляет актуальной задачу поиска компромиссных решений в вопросе качества и стоимости получения топокомпозитов.

Литература

1. Воронин Н.А. Топокомпозиты – новый класс конструкционных материалов триботехнического назначения. Ч.1. Трение и износ, 1999. Т.20 №3. С. 313-320. Ч.2. Трение и износ, 1999. Т.20. №5. С.533-544.
2. Diao D. Tribo-design of coating/substrate system // Proceeding of the international symposium of high performance of tribosystem, May 28-29. 1999. KETRI, Korea, P. 36-41.
3. Ходасевич В.В., Солодухин И.А. Роль предварительного облучения и нагрева подложки в модификации переходного слоя и механических свойств покрытий TiN. // 3-я международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом». Октябрь 6-8. 1999. БГУ, Минск. С.109-111.
4. Андреев А.А. Вакуумно-дуговое модифицирование поверхности стальных изделий. // Технология машиностроения, Т.5, №3-4 2007. С.140-148.
5. Polok M. Comparison of the PVD coatings deposited onto plasma nitrited steel. // Journal of achievements in materials and manufacturing engineering. 2010.V.42. №2.P.172-179.
6. Mancosu R. Plasma nitriding and PVD hard coating: a critical overview of duplex coating processing. // Jornadas Sam/Caonamet/Simposio Materia 2003. P.600-603.