

ЛИТЕРАТУРА

1. Медынский В.Г. Инновационный менеджмент: Учебник. – (Серия «Высшее образование»). – М.: ИНФРА-М., 2005. – 295 с.
2. Анищик В.М., Русецкий А.В., Толочко Н.К. Инновационная деятельность и научно-технологическое развитие / Под ред. Н.К. Толочко. – Мн., 2005.
3. Баутин В.М. Инновационная деятельность в АПК// АПК6 экономика, управление, 2005. -№8.- С.17-22.
4. Наноматериалы и нанотехнологии / В.М. Анищик и др.; под ред. В.Е. Борисенко, Н.К.Толочко. – Минск: Изд. цент БГУ, 2008. – 375 с.
5. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Конструирование, изготовление, эксплуатация машин.– М: Машиностроение, 2002. – 632 с.
6. Сафонов В.В. и др. Наноразмерные добавки к смазочным материалам в условиях их моделирования // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2008, №2. – С. 8-10.

УДК 620.3: 631.3

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Толочко Н.К., д.ф.-м.н., проф.

(Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск)

Широкие возможности повышения эффективности сельскохозяйственного машиностроения и ремонтного производства связаны с применением различных видов наноматериалов, создаваемых по мере развития нанотехнологий [1, 2].

Металлические матричные нанокомпозиты, армированные наночастицами различных веществ, перспективно использовать для изготовления деталей машин, работающих в условиях повышенных механических нагрузок, в частности, в узлах трения. В твердых сплавах WC-Co с уменьшением WC-зерен до нанометровых размеров увеличивается твердость зерен и уменьшается толщина межзеренной Co-прослойки, что приводит к уменьшению пластичности и затрудняет вырывание зерен при износе. В итоге износостойкость сплавов возрастает в 2 раза [3]. Формирование в Ti и его сплавах нанозернистой структуры увеличивает их прочность и уменьшает адгезионную составляющую коэффициента трения, а также склонность к схватыванию (налипанию, сварке), типичную при наличии крупнозернистой структуры [4]. Al-сплавы, упрочненные наночастицами керамики (SiC, B₄C), обладают более высокой износо- и задиростойкостью, чем матричные сплавы [5]. Нанокомпозиты на Cu-матрице, армированные оксидами (Al₂O₃, BeO, ThO₂), приобретают жаропрочность, которая сочетается с высокой электропроводностью медной матрицы. Такие материалы используются для изготовления электрических контактов, электродов для роликовой сварки, инструментов для искровой обработки [1].

Для изготовления деталей машин, наряду с металлическими нанокомпозитами, все большее применение находят полимерные нанокомпозиты, кото-

рые, в частности, будучи наполненными наночастицами глинистых минералов, металлов и их соединений, а также наноалмазами, фуллеренами, углеродными нанотрубками, обладают повышенной износостойкостью [6, 7].

Весьма необычными свойствами обладают нанокристаллические (нанозернистые) металлические материалы, благодаря чему они могут найти широкое применение при изготовлении деталей машин [1]. Существует некоторый критический размер нанозерен R^* (~ 10-20 нм), которым определяется степень устойчивости в них дислокаций: в нанозернах с размером менее R^* вероятность существования дислокаций мала, наоборот, в нанозернах с размером более R^* может содержаться довольно большое число дислокаций. Если нанокристаллический материал состоит из нанозерен с размером $R < R^*$, в которых плотность дислокаций мала, то такой материал обладает сверхтвердостью. Если нанокристаллический материал состоит из нанозерен с размером $R > R^*$, в которых плотность дислокаций велика, то такой материал обладает сверхпластичностью. Свойство нанозернистых материалов обладать как сверхтвердостью, так и сверхпластичностью кардинально отличает их от крупнозернистых материалов, для которых твердость однозначно повышается с уменьшением размера зерна согласно эмпирическому закону Холла-Петча.

Для решения различных технических задач, связанных с обработкой жидкостей, эффективно использовать нанопористые материалы [1]. Среди них наибольшее распространение получили нанопористые мембраны, представляющие собой тонкие пленки, пронизанные каналами наноразмерной толщины, а также объемные образцы материалов, в которых такие каналы образуют трехмерную сеть по всему объему образцов. К последним относятся цеолиты – кристаллические алюмосиликаты щелочных или щелочноземельных металлов.

Важнейшим свойством нанопористых мембран является полупроницаемость, благодаря чему они применяются для разделения газовых и жидких смесей, компоненты которых имеют различную проницаемость. При помощи мембран можно извлекать вещества из растворов, разделять их между собой, в том числе и такие, которые невозможно или трудно разделить другими способами (например, редкоземельные элементы). Мембранная технология дает возможность селективно извлекать необходимые вещества из сточных вод. В качестве материалов для мембран используют полиуретан, поливиниловый спирт, поливинилкарбонат, полиамид, полиэтилен, сложные эфиры целлюлозы. Высокой эффективностью отличаются мембраны на основе керамики, в частности, оксида алюминия Al_2O_3 , благодаря их высокой химической и температурной стойкости.

Цеолиты, ввиду особых адсорбционных свойств, наличия в них пор с входными отверстиями строго определенных размеров и большой внутренней поверхности, перспективно использовать для разделения веществ в зависимости от размеров или полярности молекул, а также для разделения веществ с помощью ионообменного механизма. К числу их возможных областей применения относятся сушка и очистка газа или жидкости, разделение смесей углеводородов различного строения, умягчение водных потоков от катионов тяжелых металлов и поглощение радионуклидов.

Существенное улучшение свойств деталей достигается за счет нанесения на них нанопокровов. Нанесение на сталь покрытий из Ni-Cr-сплавов, содер-

жащих наночастицы Al_2O_3 , приводит к повышению ее износостойкости [8]. Нанопорошки из керамики системы $TiO_2-SiO_2-Al_2O_3-ZrO_2$ перспективно применять для плазменного упрочнения штамповой оснастки и деталей, работающих в высокотемпературных и химически агрессивных средах [9]. Включение нанодIAMAZOV в структуру Ag-покрытий обеспечивает повышение их износостойкости при сохранении стабильных электрофизических свойств, что важно при их использовании для изготовления скользящих контактов электротехнических устройств [10]. Аналогично, включение нанодIAMAZOV в структуру Cr-покрытий приводит к повышению износостойкости и микротвердости, благодаря чему такие покрытия позволяют повысить эффективность режущего инструмента [9]. Полученные с помощью газопламенного напыления металлополимерные покрытия с добавками нанодIAMAZOV способны надежно защищать детали от совместного воздействия коррозии и износа [9].

Весьма перспективно применять нанопокpытия при изготовлении деталей из древесных материалов [11]. Для улучшения гидрофобных свойств поверхности древесины на нее наносят наноземulsion циркониймодифицированных полиолефинов с высоким значением краевого угла смачивания. Благодаря малости частиц наноземulsion обеспечивается их хорошее распределение по поверхности, при этом повышение степени гидрофобизации достигается в результате взаимодействия атомов циркония с олефинами. Важно отметить, что в таких покрытиях высокое значение краевого угла смачивания имеет место при крайне малой толщине наносимой пленки, благодаря чему не ухудшаются пористость и паропроницаемость древесины, т.е. сохраняется способность древесины «дышать». Для уменьшения влияния ультрафиолетового излучения в состав применяемых лакокрасочных наноземulsion вводят нанодобавки веществ, поглощающих излучение или нейтрализующих его деструктивное воздействие, а для предотвращения развития грибов – нанодобавки фунгицидов.

Особый практический интерес представляет применение лакокрасочных нанопокpытий. Модифицирование лакокрасочных материалов наночастицами различного состава дает возможность обеспечить сочетание в них таких свойств, как высокая эластичность, твердость, износостойкость, коррозионная стойкость, гидрофобность [12-14]. Неорганическими компонентами таких материалов являются нанопорошки металлов, диоксидов кремния и титана, сульфата бария, оксидов алюминия, циркония и других веществ, включая полимеры. Также весьма эффективно использовать углеродные наноматериалы, в частности, фуллерены, углеродные нанотрубки, нанодIAMAZOZY [15].

Значительное изменение условий работы узлов трения может быть обеспечено за счет использования смазочных материалов, модифицированных наночастицами. Модифицирование индустриального масла нанодIAMAZOZY приводит при малых давлениях к усиленному изнашиванию стали, что ускоряетработку трибосопряжений, а при больших – к повышению твердости и трещиностойкости за счет образования нанозернистой структуры приповерхностного слоя в результате интенсивного пластического деформирования под действием нанодIAMAZOV [16]. Добавка нанопорошков Si-сплава к индустриальному маслу вызывает повышение пластичности стали при сохранении высокой твердости за счет формирования Si-нанопрослоек по границам зерен в результате зерногра-

ничной диффузии [17]. Введение в моторные и трансмиссионные масла нанопорошков различных металлов и их соединений приводит к повышению износостойкости стальных деталей в узлах трения, что объясняется взаимодействием наноконпонентов с трущимися поверхностями с образованием на поверхностях в местах точечных контактов тонких пленок, предотвращающих непосредственных контакт поверхностей [18]. Введение в индустриальное масло силикатных нанопорошков улучшает температурные характеристики масла и расширяет диапазон рабочих температур [19], что связывается со структурированием масла под влиянием наночастиц [20]. Модифицирование моторных и трансмиссионных масел, а также пластичных смазок алмазо-графитовыми и сажевыми наночастицами улучшает антифрикционные и противоизносные свойства смазочных материалов [21]. Аналогичное улучшение противоизносных свойств моторных масел наблюдается при их модифицировании сажевыми наночастицами, а также углеродными нанотрубками [22].

Нанопорошки твердых и сверхтвердых материалов являются эффективным абразивным инструментом. Примером тому являются полирующие суспензии на основе наночастиц диоксида кремния [10]. Нанопорошки алмаза и кубического нитрида бора перспективно использовать для создания инструментов для финишной обработки легированных сталей, сплавов цветных металлов, хрупких неметаллических материалов [10, 23].

К числу перспективных направлений использования нанотехнологий в сельскохозяйственном машиностроении также относятся [1, 24-26]: повышение прочности шинных резин на основе каучуков и усиление их сцепления с металлокордом путем введения в них нанопримесей, повышение эффективности сжигания топлива в двигателях внутреннего сгорания путем создания нанозмульсий на его основе и введения в него нанопримесей, развитие водородной энергетики (адсорбция и хранение водорода на основе углеродных наноструктур) и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наноматериалы и нанотехнологии / В.М. Анищик и др.; под ред. В.Е. Борисенко, Н.К. Толочко. – Минск: Изд. цент БГУ, 2008. – 375 с.
2. Борисенко В., Толочко Н. Нанотехнологии: этапы развития // Наука и инновации. – 2008, №12. – С. 66-68.
3. Прожега М.В. и др. Влияние размеров зерна WC на износостойкость твердых сплавов WC-Co // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2007, №5. – С. 42-46.
4. Шустер Л.Ш. и др. Триботехнические характеристики титана с ультрамелкозернистой структурой // Трение и износ. – 2005, т.26, №2. – С. 208-214.
5. Чернышева Т.А. и др. Трибологические характеристики алюмоматричных композиционных материалов, упрочненных наноразмерными наполнителями // Трение и износ. – 2005, т.26, №4. – С. 446-450.
6. Струк В.А., Кравченко В.И. Наноконпозиционные полимерные материалы и технологии // В кн.: Новые ресурсосберегающие технологии и композиционные материалы / Ф.Г. Ловшенко и др. – М.: Энергоатомиздат; Гомель: БелГУТ, 2004. – С. 400-513.

7. Песецкий С.С., Богданович С.П., Мышкин Н.К. Триботехнические свойства нанокомпозитов, получаемых диспергированием наполнителей в расплавах полимеров // Трение и износ. – 2007, т.28, №6. – С. 500-524.
8. Алисин В.В. и др. Наноструктурные технические кристаллы и керамики для узлов трения // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2007. – №9. – С. 21-27.
9. П. Витязь, В. Урбанович. Наноматериалы в Беларуси и их применение // Наука и инновации. – 2006, №7. – С. 14-18.
10. Хмыль А.А. и др. Влияние режимов электролиза на субструктуру композитов серебро – ультрадисперсный алмаз // Докл. НАН Беларуси. – 2001, т.45, №6. – С. 119-121.
11. Райт Дж., Гордон О.В. Нанотехнологии для защиты древесины // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2008, №4. – С. 35-37.
12. Дж. Уатсайдс, Д. Эйглер, Р. Андерс и др. Нанотехнологии в ближайшем десятилетии / Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса. Пер в англ. М.: Мир, 2002. – 292 с.
13. Верхованцев В.В. Наноматериалы в технологии лакокрасочных покрытий // ЛКМ и их применение. – 2004, №10. – С.20-23.
14. Стокозенко В.Н. Нанотехнологии сегодня и завтра // Пром. окраска. – 2006, №3. – С. 22-24.
15. Витязь П.А., Жданок С.А., Шпилевский Э.М. Фуллеренсодержащие структуры для практических приложений // В кн.: Углеродные наноструктуры. Сб. научных трудов. Мн.: ИТМО, 2006. – С. 3-15.
16. Витязь П.А. и др. Формирование износостойких поверхностных структур и механизм разрушения при трении в среде смазочного материала, модифицированного ультрадисперсными алмазографитовыми добавками. Часть I. Триботехнические свойства // Трение и износ. – 2006, т.27, №1. – С. 61-68.
17. Золотухина Л.В. и др. Формирование нанокристаллической структуры на поверхности трения в присутствии нанопорошков сплавов меди в смазочном материале // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2007, №3. – С. 7-12.
18. Сафонов В.В. и др. Наноразмерные добавки к смазочным материалам в условиях их моделирования // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2008, №2. – С. 8-10.
19. Волнянко Е.Н. и др. Влияние высокодисперсных органоминеральных наполнителей на температурные характеристики смазочных композиций // Трение и износ. – 2006, т.27, №2. – С. 232-235.
20. Савкин В.Г. и др. Влияние внешних воздействий и процессы структурообразования в смазочных маслах // Трение и износ. – 2007, т.28, №6. – С. 634-639.
21. Терентьев, В.Ф. и др. Применение смазочных композиций с углеродсодержащими ультрадисперсными добавками в приводах и трансмиссиях транспортных машин и технологического оборудования // Мобильная техника. – 2004, №3. – С. 41-45.
22. Толочко Н.К. и др. Триботехнические характеристики жидких смазочных материалов с добавками углеродных наночастиц // Техника и технологии: инновации и качество. Матер. Междунар. научно-практ. конф. – Барановичи: БарГУ, 2007. – С. 366-368.

23. Получение, свойства и применение порошков алмаза и кубического нитрида бора / Под ред. П.А. Витязя. Минск: Беларуская навука, 2003. – 335 с.

24. Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса. Пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – 292 с.

25. Пул-мл. Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.

26. Федоренко В. Ф. Нанопорошки в сельскохозяйственной технике. – 2007 // Электронный ресурс: <http://nanoagro.ru/selhoztehnika>.

УДК 721.785

ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ ДЕТАЛЕЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

*Бетенья Г.Ф., к.т.н., доц.,
Анискович Г.И., к.т.н., доц.*

(Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск)

*Голубев В.С., к.ф-м.н.,
Давидович А.Н., к.т.н.*

(ГНУ «ФТИ НАН Беларуси», г. Минск)

Штуро Н.В., инженер

(ГПО «Белагромаш», г. Минск)

Ведущие фирмы-производители сельскохозяйственных машин выпускают сменные детали (долото, лемех, отвал, полевая доска, ножи измельчающего аппарата кормоуборочных машин, ножи косилок, диски борон, сегментных ножей кукурузных жаток, копачей и подрезающих ножей ботвы свеклоуборочных комбайнов, оборотных лап культиваторов, зубья культиваторов с активными рабочими органами, стрельчатые лапы, лапы глубоких лопат и др.) нового поколения. Они характеризуются высокими физико-механическими свойствами и показателями работоспособности. Конкурентоспособность изделий обеспечивается наукоемкими технологиями и соответствующим стальным прокатом.

Анализ конструкционных материалов, используемых в последние годы (15 лет) предприятиями Республики Беларусь и другими государствами СНГ, свидетельствует о применении недорогих марок сталей, а также традиционных методов термообработки (закалки и отпуска). Твердость изделий составляет 35,5...48 HRC, прочность не превышает 900...1200 МПа, ударная вязкость находится в пределах 0,2...0,6 МДж/м² (таблица 1). Применяемые в настоящее время отечественными производителями в качестве материала основы стали