

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 539.2:665.383

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ СМАЗОК, ПОЛИЭТИЛЕНА И СПЛАВОВ

**В.М. Гавриш¹, к.т.н., В.В. Михайлов², В.А. Шаповалов²,
Т.В. Чайка¹, асп., Н.М. Дербасова, к.т.н.**

¹*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности*
²*Публичное акционерное общество «Завод «Фиолент», г. Симферополь*

Рассмотрено возможное применение наночастиц, получаемых научно-исследовательской лабораторией «Биотехнологии и экологический мониторинг» СНУЯЭиП, в качестве модификаторов в традиционно используемых материалах - смазках, сплавах и металлополимерах.

Введение

Современное машиностроение характеризуется широким использованием технологического оборудования, которое способствует существенному повышению эффективности труда, однако требует при этом обеспечения высокой производительности, долговечности и безопасности. Повышение качества и надежности электроинструмента в мировой практике связано с разработкой и применением новых смазок, металлов, металлополимеров повышенной износостойкости и прочности. Одним из подходов к решению этих задач является их модификация нанопорошками.

В последние десятилетия отмечается постоянно растущий интерес к наноматериалам, поскольку они демонстрируют уникальные свойства, отличные от материалов, полученных традиционными способами [1]. Одним из возможных путей получения нанопорошков является утилизация отработанных твердосплавных изделий, являющихся источниками ценных материалов (вольфрама, титана, кобальта, никеля, молибдена и др.).

На сегодняшний день способы переработки твердых сплавов сопровождаются образованием экологически опасных отходов, высокотемпературных выбросов в окружающую среду и сложной технологической схемой. Актуальность разработки новых экологически безопасных способов, позволяющих эффективно синтезировать наноразмерные материалы при низкой себестоимости, является приоритетной задачей для внедрения новых конструкционных материалов в различные сферы жизнедеятельности человека.

Научно-исследовательской лабораторией «Биотехнологии и экологический мониторинг» (НИЛ «БТиЭМ») Севастопольского национального университета ядерной энергии и промышленности (СНУЯЭиП) разработан способ получения нанопорошков из твердосплавных отходов методом микробиологической деструкции [2], которая позволяет существенно снизить себестоимость как переработки твердых сплавов, так и получения наночастиц металлов и их карбидов.

Совместно с сотрудниками публичного акционерного общества (ПАО) «Завод «Фиолент», Днепропетровского аграрного университета и НИЛ «БТиЭМ» СХУЯЭиП проведена инициативная научно-исследовательская работа по модификации порошковой стали ПК70Д3, смазки ЛИТОЛ-24 и сверхвысокомолекулярного полиэтилена марки GUR 4122 нанопорошками, полученными способом микробиологической деструкции.

Постановка цели и задач научного исследования

Целью научной работы является описание способа повышения функциональных и эксплуатационных характеристик новых смазочных материалов, конструкционных сплавов и металлополимеров, модифицированных нанопорошками.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить триботехнические и реологические свойства смазочной композиции, модифицированной нанопорошком;
- оценить прочностные характеристики конструкционного порошкового сплава, модифицированного нанопорошком карбида вольфрама;
- оценить теплофизические и механические свойства металлополимера, модифицированного нанопорошком вольфрама.

Триботехнические и реологические свойства смазочной композиции, модифицированной нанопорошком

Мировой опыт показывает, что внедрение высокотехнологичной смазки дает снижение потребления электроэнергии в целом по производству на 3...10 % от общей величины. Повышение требований к надежности и долговечности работы современных машин и механизмов, а также ужесточение условий применения смазок обуславливают необходимость регулирования и улучшения их качества путем тщательного подбора модификаторов и их композиций, совершенствования технологии приготовления. Основные характеристики смазочных материалов, по которым судят об эксплуатационных свойствах и руководствуются при выборе смазок для конкретных узлов трения, – это триботехнические, на основании которых производится отбор в зависимости от области применения, и реологические характеристики, характеризующие работоспособность смазки.

Описание эксперимента

В качестве основы для внесения модификатора использовалась смазочная композиция, состоящая из литиевой антифрикционной смазки ЛИТОЛ-24, разбавленной индустриальным маслом И-40А (состав 1). Исследования по модификации смазок проводились в два этапа. На первом этапе проводилась оценка триботехнических свойств смазочной композиции (состав 1) с добавлением нанопорошков вольфрама, карбида вольфрама, титана, молибдена.

На втором этапе определялись оптимальный состав и реологические свойства смазочной композиции, а также проводились предварительные испытания на наработку при внесении его в редуктор угловой шлифовальной машины МШУ-2. Далее выполнялись обкатка в режиме холостого хода и испытания на наработку с механической нагрузкой на шпиндель согласно ТУУ 29.4-14309586-004-2001. После наработки 65 часов МШУ была остановлена для проверки параметров.

Анализ результатов эксперимента

На первом этапе по результатам исследования модификации смазок нанопорошками, согласно полученным данным (рис. 1), видно, что лучшие триботехнические характеристики оказались у смазочной композиции, содержащей наномодификатор (интенсивность износа 0,012 г/ч) молибден, которая была использована в следующих исследованиях.

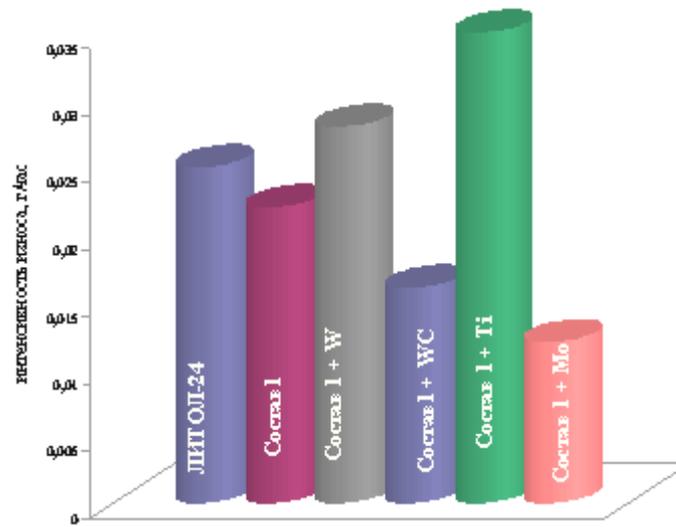


Рис. 1. Сравнение интенсивности износа исходных и модифицированных нанопорошками смазочных наноконпозиций

На втором этапе эксперимента осуществлялась оптимизация состава смазочной композиции (состав 1) путем проверки интенсивности износа при добавлении различного количества нанопорошка молибдена (рис. 2).

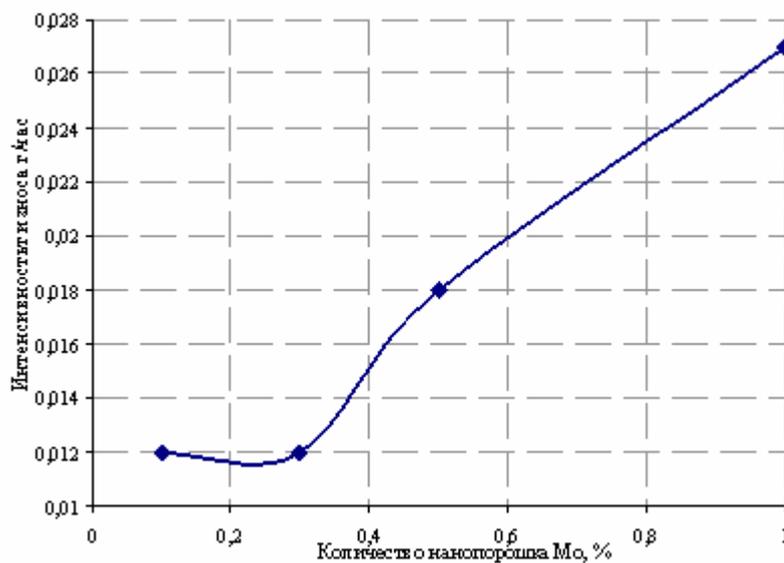


Рис. 2. Изменение интенсивности износа при добавлении нанопорошка молибдена к смазочной композиции (состав № 1)

Минимальный износ наблюдается у смазки с содержанием 0,1 % нанопорошка молибдена. Данный состав является оптимальным.

Реологические свойства модифицированного образца смазочной композиции в сравнении с применяемыми смазками на ПАО «завод «ФИОЛЕНТ» приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Реологические свойства смазок, применяемых на ПАО «завод «ФИОЛЕНТ»,
и модифицированного образца**

Смазка	Модифицированный образец	ЛИТОЛ-24	ЛС-1П	ТРАНСОЛ 100А	ФИОЛЕНТ-3
Пенетрация	355	220 - 250	310 - 340	400 - 430	410
Коллоидная стабильность, %	30	12	25	35	29

Из табл. 1 следует, что модифицированный образец по своим реологическим свойствам занимает промежуточное положение между смазкой ЛС-1П и ТРАНСОЛ-100А, используемыми на ПАО «завод «ФИОЛЕНТ».

Для испытания на наработку модифицированный образец смазки и серийный ТРАНСОЛ-100А вносился в МШУ-2, где испытывался по следующим параметрам: потребляемая мощность, уровень вибрации, звуковое давление (табл. 2). После наработки 65 часов отказы не зафиксированы. Из редуктора смазка не вытекает. Дефектов зубчатого зацепления не обнаружено. Загустевания и коагуляции смазки не выявлено. Результаты сравнения стандартной смазки с опытным образцом представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

**Сравнительные испытания на наработку серийной (ТРАНСОЛ-100А)
и модифицированной нанопорошком смазки**

№	Параметр	ТРАНСОЛ-100А	Модифицированная смазка
1	Потребляемая мощность холостого хода, Вт	288	275
2	Уровень вибрации, В	0,55	0,30
3	Звуковое давление, дБА	98	97

Таким образом, опытный образец смазочной композиции с добавлением наночастиц молибдена по ряду параметров превосходит применяемые аналоги и по остальным параметрам не уступает применяющимся в настоящее время смазкам ТРАНСОЛ-100А и ФИОЛЕНТ-3, и, если учесть предполагаемую стоимость получаемой композиции, имеет большие перспективы к применению.

**Прочностные характеристики конструкционного порошкового сплава ПК70ДЗ,
модифицированного нанопорошком карбида вольфрама**

В настоящее время в производстве электроинструментов наблюдается тенденция повышения мощности изделий, уменьшения их габаритов и материалоемкости, что повышает требования к физико-механическим свойствам конструкционных сталей, применяемых для изготовления деталей и узлов. Одним из способов повышения механических свойств предлагается структурная и фазовая модификация порошковой стали введением в ее состав нанопорошков карбида вольфрама.

Описание эксперимента

Работа по модификации порошковой конструкционной стали на основе железа ПК70Д3 нанопорошком карбида вольфрама, осуществлялась при использовании стандартных технологических операций. Данная сталь широко применяется для изготовления средненагруженных конструкционных деталей (плит, дисков, гаек, шайб и т.д.).

Подготовительная операция - смешивание в шаровой дробилке и в галтовочном барабане порошков железа ПЖР-3, меди ПМС-1, графита ГК-2, стеарата цинка и 2,5 % нанопорошка карбида вольфрама. В целях получения требуемой формы изделия осуществляется операция прессования в закрытой пресс-форме, двустороннего, холодного без выдержки. Для повышения прочности спрессованных заготовок проводили спекание и отжиг в печи. Прессование и спекание порошков являются завершающими операциями технологического цикла получения порошковых изделий [3]. Дополнительной обработкой образцов являются их закалка и отпуск.

Анализ результатов эксперимента

Сравнительный анализ результатов исследования твердости и предела прочности после термообработки образцов исходного материала ПК70Д3 и легированного 2,5%-м нанопорошком карбида вольфрама (табл. 3) показал, что в результате легирования образца нанопорошком карбида вольфрама твердость материала ПК70Д3 повысилась на 14,4 %, предел прочности – на 20 %.

Т а б л и ц а 3

Результаты анализа твердости и предела прочности образцов исходного материала ПК70Д3 и легированного 2,5%-м нанопорошком карбида вольфрама

Параметр	Материал ПК70Д3	Материал ПК70Д3 + 2,5 % WC
Твердость, НВ	261	297
Предел прочности, σ_b , кг/мм ²	58,2	63,6

Анализ микроструктуры термообработанных образцов показал трооститно-мартенситную структуру у нелегированного материала и среднеигльчатый мартенсит, а также наличие большого количества мелких белых включений у легированного образца.

Полученные результаты дают возможность отработки технологии изготовления легированных порошковых сталей по ГОСТ 28378 - 87 с использованием соответствующих нанопорошков или их карбидов [4]. Таким образом, незначительная модификация широко применяемых сплавов позволяет получить существенное изменение механических свойств.

Теплофизические и механические свойства металлополимера, модифицированного нанопорошком вольфрама

Во всех областях индустрии проявляется тенденция к замене изделий из металла на детали, конструкции и покрытия из полимеров. Наиболее перспективным полимерным связующим для создания таких композитов является сверхвысокомолекулярный полиэтилен, который является наиболее доступным и дешевым связующим, обладающим уникальным комплексом физико-механических свойств [5].

Одним из резервов повышения качества полимерных материалов является применение нанотехнологических подходов – модификация исходных полимеров нанодисперсными добавками, позволяющими управлять структурой и свойствами материалов в широких пределах.

Описание эксперимента

Изучение влияния ультрадисперсного вольфрама на свойства нанокомпозитов проводилось на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена марки GUR 4122. Концентрация наполнителя варьировалась от 5 до 50 мас. %. Наномодификатор получали методом биодеструкции твердых сплавов НИЛ «БТиЭМ» СНУЯЭтаП. Равномерное распределение наполнителя осуществляли во вращающемся электромагнитном поле посредством неравновесных ферромагнитных частиц. Полученные композиции перерабатывали в образцы методом компрессионного прессования ($T = 433 \text{ K}$, $p = 20 \text{ МПа}$) [6].

Анализ результатов эксперимента

Изменение теплофизических (коэффициент температуропроводности, теплопроводности) и механических свойств (предел текучести, модуль упругости) нового металлополимера на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена от содержания нанопорошка вольфрама представлено на рис. 4 и рис. 5.

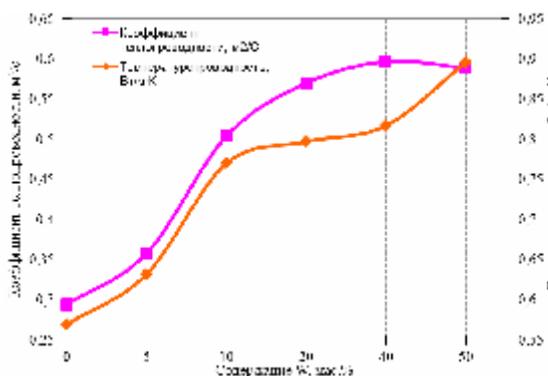


Рис. 4. Изменение теплофизических свойств металлополимера от содержания нанопорошка вольфрама

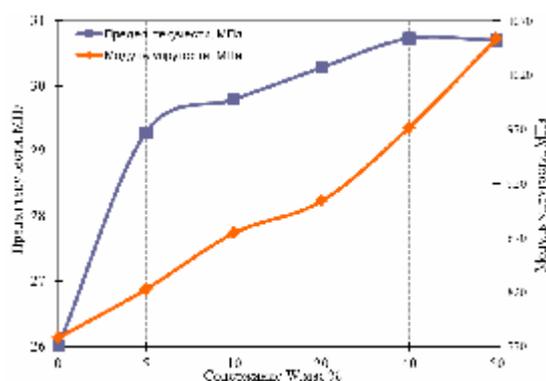


Рис. 5. Изменение механических свойств металлополимера от содержания нанопорошка вольфрама

Добавление вольфрама в минимальном количестве 5,0 % позволяет увеличивать механически и теплофизические свойства уже в 1,2 раза. Во всем исследуемом диапазоне данные характеристики увеличиваются в зависимости от содержания наномодификатора. Установлено, что металлополимеры превосходят базовый полимер по теплофизическим (на 57...100 %) и механическим свойствам (на 18...35 %), соответственно.

Выводы

Представлен способ повышения функциональных и эксплуатационных характеристик новых смазочных материалов, конструкционных сплавов и металлополимеров, модифицированных нанопорошками. Результаты эксперимента показали, что модификация смазочной композиции нанопорошком молибдена по ряду параметров превосходит применяемые в настоящее время аналоги. Добавление нанопорошка карбида вольфрама повышает механические свойства сплава ПК70Д3: твердость материала на 14,4 %, предел прочности на 20 %. Модификация металлополимера нанопорошком вольфрама увеличивает механические свойства на 18...35 % и теплофизические на 57...100 %.

Таким образом, использование наномодификаторов решает широчайший круг задач по созданию новых материалов, способных повысить пределы прочности, износостойкости изделий, обеспечить условия устойчивой деятельности. Подобные материалы, в свою очередь, открывают возможности для реализации новых конструктивных решений и технологических процессов.

В дальнейшем планируется расширить спектр применения наномодификаторов как по качественному, так и количественному составу.

МОЖЛИВІ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОПОРОШКІВ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ МАСТИЛ, ПОЛІЕТИЛЕНУ І СПЛАВІВ

В.М. Гавриш, В.В. Михайлов, В.О. Шаповалов, Т.В. Чайка, Н.М. Дербасова

Розглянуто можливе застосування наночастинок, одержуваних науково-дослідною лабораторією «Біотехнологій та екологічного моніторингу» СНУЯЕтаП, як модифікаторів у традиційно використовуваних матеріалах - мастилах, сплавах і металополімерах.

POSSIBLE USE of NANOPOWDERS for LUBRICANTS, POLYETHYLENE and ALLOYS MODIFICATION

V. Gavrish, V. Mikhailov, V. Shapovalov, T. Chayka, N. Derbasova

Possible use of nanoparticles produced in the research laboratory «Biotechnology and environmental monitoring» of SNUNE&I as modifiers in the traditionally used materials – lubricants, alloys and metallized-polymers was considered.

Список использованных источников

1. *Баранов Г.А.* Получение наноразмерных порошков при переработке отходов на основе вольфрамсодержащих сплавов, исследования их гранулометрического состава / Г.А. Баранов [и др.] // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2011. – Вып. 2 (38). – С. 158 – 165.
2. *Чайка Т.В.* Переработка твердосплавных изделий методом биологического выщелачивания / Т.В. Чайка, Н.М. Дербасова // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2012. – Вып. 4 (44). – С. 194 – 200.
3. *Осокин Е. Н.* Процессы порошковой металлургии: курс лекций / Е.Н. Осокин, О.А. Артемьева. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008. – 421 с.
4. ГОСТ 28378 - 89. Материалы конструкционные порошковые на основе железа. – Введ. с 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 24 с.
5. *Селютин Г.Е.* Композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена: свойства, перспективы использования / Г.Е. Селютин [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. – 2010. – Т. 18. – Вып. 3. – С. 375 – 388.
6. *Буря А.И.* Исследование влияния ультрадисперсного вольфрама на свойства композитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена / А.И. Буря [и др.] // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Даля. – Луганск, 2011. – № 8 (162). – Ч. 2. – С. 56 - 61.

Надійшла до редакції 05.09.2013 р.