

К.х.н Карпинец А.П., Кирноз И.А.

Донецкий национальный технический университет, Украина

Перспективные направления применения нанотехнологий на автомобильном транспорте

Развитие нанотехнологий в настоящее время осуществляется по трем основным направлениям [1]:

- изготовление электронных схем с активными элементами, размеры которых сопоставимы с таковыми у атомов и молекул;
- непосредственная манипуляция этими частицами вещества и сборка из них новых материалов, конструкций и устройств;
- разработка и изготовление наномашин, т.е. механизмов и роботов, имеющих размеры молекул.

В итоге, нанотехнологии объединяют наноразмерные структуры (1-100 нм) и создают материалы и системы, которые можно эффективно использовать в большинстве отраслей промышленности и транспорта. [2]. Если в электронике, аэрокосмической технике и оборонной промышленности нанотехнологии уже нашли реальное применение [3], то в сфере автомобильного транспорта довольно значимые научные и инженерные разработки начаты лишь в последние годы. Информация о них, как правило, фрагментарна и разрознена, не всегда открыта, что в известной мере затрудняет интерпретацию и обобщение полученных результатов.

Цель данной работы – анализ современных достижений, проблем и перспектив применения нанотехнологий и наноматериалов на автомобильном транспорте и его инфраструктуре.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время перспективными представляются следующие основные области использования нанотехнологий и наноматериалов на автомобильном транспорте [4]:

- новые конструкционные материалы с заданным комплексом эксплуатационных свойств;
- нанокompозитные покрытия для снижения трения и защиты от коррозии;
- нанокатализаторы в топливах и маслах для двигателей;
- углеродные нанотрубки (УНТ) для хранения водорода в топливных элементах электромобилей;
- сенсоры для идентификации и количественного определения токсикантов в отработавших газах (ОГ) ДВС;
- обеспечение безопасности движения автомобилей;
- теоретические основы создания нанодвигателей и наномашин.

В данной работе рассматриваются различные аспекты трех из указанных проблем, а остальные обсуждаются в следующей публикации.

1. Механическое упрочнение композитов

1.1 Высокопрочные материалы на основе УНТ и наноструктур

Синтезированные из фуллеренов C_n ($n = 60 - 90$) углеродные частицы имеют твердость около 40 ГПа и аномально высокую упругость, что обеспечивает весьма перспективные свойства материалов: абразивный износ композита в 10 раз меньше, чем стали ШХ 15, а коэффициент трения (-0,1) соответствует уровню алмазоподобных покрытий [5]. Полученный композит имеет твердость HRC 62 – 65 и предел прочности при сжатии 2500 Мпа .

Кроме фуллеренов, важное прикладное значение приобретают УНТ – они сочетают аномально высокие значения прочностных и упругих свойств. Предел прочности на разрыв однослойной УНТ составляет 45 ГПа , в то время как стальные сплавы разрушаются при 2 ГПа [3]. Механические характеристики многослойных нанотрубок также выше, чем у стали, но они не так высоки, как у однослойных УНТ. Например, многослойная нанотрубка диаметром 200 нм имеет предел прочности 7 ГПа и модуль Юнга 600 ГПа [5]. К тому же наноматериал легче стали в 6 раз. Модуль упругости Юнга УНТ в 6 – 8 раз больше, чем у стали.

1.2 Армирование металлов и полимеров УНТ

Из – за высокой прочности на разрыв и большого отношения длина / диаметр УНТ должны оказаться перспективным материалом для упрочнения композитов [5]. В данном направлении уже получены обнадеживающие результаты. В исследовательском центре корпорации General Motors установлено [2], что добавка 11,5 % масс. многослойных УНТ к полипропилену, который широко используется как конструкционный материал в автомобилестроении, приводит к удвоению его прочности на разрыв.

Ученые Токийского университета установили [3], что введение 5 % об. нанотрубок в алюминий увеличивает прочность материала на разрыв вдвое. Композиты получали горячим прессованием и экструзией. Теоретические расчеты показали, что при оптимальном содержании трубок в материале 10 % об. его прочность на разрыв возрастет в 6 раз.

Установлено [1], что УНТ могут образовывать прочные связи с железом - это позволяет искать возможности увеличения прочности на разрыв сталей. По результатам расчета (уравнение Келли – Тайсона) при введении в сталь 30 % об. однослойных УНТ диаметром 10 нм и длиной 100 микрон ее прочность увеличивается в 7 раз.

Для реализации этих результатов предстоит решить ряд проблем экспериментального характера, в частности в области разработки методов введения нанотрубок в металлы и пластики. Кроме того, указанные области применения требуют масштабного недорогого способа производства УНТ.

Перспективно также армирование наночастицами полимерных материалов для замены металлических элементов автомобильных конструкций [1]. Широкое применение таких нанокомпозитов приведет к снижению потребления бензина только в США на 1,5 млрд. л и одновременному уменьшению выбросов диоксида углерода более чем на 5 млн. т в год.

Синтезированы нанокристаллические наполнители, использование которых в резинотехнических изделиях даст возможность увеличить их износостойкость в десятки раз, срок безотказной службы по всему комплексу

свойств в 5 – 7 раз [5]. Применение наночастиц вместо сажи как компонентов автомобильных шин позволит организовать их экологически чистое производство.

2. Нанопокрывтия для снижения трения и защиты от коррозии

Сравнительные исследования трибологических характеристик детонационных покрытий из наноструктурных (с размером зерна карбида вольфрама 17 нм) и крупнозернистых порошков твердых сплавов на основе этого соединения с кобальтом показали [5], что в первом случае предельная нагрузка, при которой наблюдается катастрофическое разрушение поверхности, на 20 % выше, чем во втором. Коэффициент трения наноструктурированного покрытия на 40 – 50 % меньше, чем для крупнозернистого аналога.

Перспективны покрытия, наряду с упоминавшимися ранее фуллеренами, которые одновременно увеличивают износ – и коррозионную стойкость деталей [6]. Суспензии с нанопорошками снижают износ и улучшают работу двигателей. Лакокрасочным покрытиям с добавками УНТ присущи высокие антикоррозионные и смазывающие ресурсные свойства [4].

3. Нанокатализаторы в топливах для двигателей

Специалисты компании ЗАО "Институт прикладной нанотехнологии" (Россия) предложили оригинальный метод снижения эмиссии токсикантов с ОГ ДВС[7]. Эффект достигается за счет использования растворимых в моторном топливе производных карбамида вместе с наноразмерными (13 – 43 нм) частицами диоксида церия (CeO_2). Технология, получившая название *Urea δ _TNanoCatalyst in Fuel Technology*, не требует модернизации конструкции системы подачи топлива двигателя и изменений в технологии заправки им на АЗС.

Разработанный авторами [7] нанокаталитический аддитив FaberOx^{oi} вводится непосредственно в моторное топливо любого типа и обеспечивает понижение температуры оптимального сгорания. Аддитив повышает

энергетическую и эксплуатационную эффективность работы ДВС, снижает образование отложений в камере сгорания и выпускной системе, сокращает расход топлива, уменьшает эмиссию вредных веществ с ОГ.

На основе FaberOx^{oi} и других химических композиций разработаны [7] препараты автомобильной химии – функциональные добавки к бензинам и дизельным топливам:

– наноочиститель инжекторов бензинового двигателя – очищает систему подачи топлива от отложений и нагара, способствует удалению губчатых образований с впускных клапанов и нагара со стенок камеры сгорания; облегчает запуск и хорошую приемистость двигателя, снижает износ и коррозию деталей, обеспечивает более "чистое" горение бензина – уменьшает его расход и токсичность выхлопа;

– нанотюнинг топлива – добавка к бензину для любителей спортивного стиля езды – способствует увеличению мощности двигателя, снижению расхода топлива и токсичности выхлопа, очищает топливную систему и стабилизирует ее работу в целом;

– наноочиститель форсунок дизеля – обеспечивает очистку распылителей, топливной аппаратуры и стенок камеры сгорания от углеродистых отложений и нагара; благоприятствует легкому запуску двигателя, восстановлению распыла топлива и мощности дизеля, снижению износа, защите от коррозии, уменьшению расхода топлива и токсичности выхлопа;

– наноочиститель каталитического нейтрализатора – очищает нейтрализаторы выхлопных газов бензиновых двигателей, электроды кислородного датчика (λ – зонда); способствует улучшению приемистости двигателя, снижению расхода топлива и токсичности ОГ, увеличению срока службы нейтрализатора.

Выводы

1. Обобщен зарубежный опыт применения нанотехнологий и наноструктурированных материалов в автомобилестроении и на транспорте.

2. Выявлены проблемы и перспективы в создании и использовании наноструктур и нанокompозитов в производстве конструкционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных свойств.

3. Обсуждены особенности применения нанокатализаторов в топливах для двигателей, а также наночистителей различного назначения.

Литература:

1. Пул Ч. – мл., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. – М.: Техносфера, 2009. – 336 с.
2. Сергеев Г.Б. Нанохимия: учебное пособие – М.: КДУ, 2006.-336 с.
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры и нанотехнологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 416 с.
4. Карпинец А.П. Перспективы применения нанотехнологий на автомобильном транспорте. Часть 1. Наноструктуры и функциональные материалы. // Вісті Автомобільно - дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник. – Горлівка: АДІ ДонНТУ, 2010. - №1 (10) – С. 34-39.
5. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Нанотехнологии и специальные материалы: Учебн. пособие для вузов. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. – 176 с.
6. Федотов А. Нанокompозитные покрытия для снижения трения.//Наноиндустрия. – 2007. - №1. – С. 14 – 15.
7. Абрамян А., Беклемышев В., Варганов Р., Солодовников В., Махонин И., Филиппов К., Летов А. Нанокатализаторы в топливе для транспорта. Нано без границ... // Наноиндустрия. – 2007. - №4. – С.26 – 28.