В рамках научного исследования проводилось снижение продолжительности проведения процесса щелочного оксидирования с 60 до 40 минут. Результаты представлены в таблице 3.

Полученные покрытия также подвергались коррозионным испытаниям, по данным которых было показано, что снижение длительности нанесения оксидного покрытия приводит к повышению коррозионных потерь.

Были рассчитаны величины защитного эффекта Z при различном времени проведения процесса оксидирования (таблица 4).

Таблица 3

Влияние на защитный эффект оксидных пленок времени проведения процесса оксидирования

Содержание УНТ, масс. %	Z при $\tau = 60$ мин, %	Z при $\tau = 40$ мин, %
0	71,26	50
10^{-4}	88,21	72,62
$33 \cdot 10^{-4}$	95,43	82,36
$66 \cdot 10^{-4}$	97,73	86,21
10^{-2}	97,97	86,19

При максимальной концентрации УНТ защитный эффект при продолжительности 60 минут составляет почти 98 %, в то время как при снижении времени оксидирования до 40 минут максимальная величина Z составляет 86 %. Поэтому снижать время оксидирования не целесообразно.

1. Грилихес, С.Я. Оксидирование и фосфатирование металлов. Л.: Машиностроение, 1971. – 120 с.
2. Некоторые особенности повышения защитной эффективности покрытий, полученных методом щелочного оксидирования / Зарапина И.В., Осетров А.Ю., Ананьев А.А. и др. // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – №58. – Часть 3. – С. 61 – 64.

Суфиянов Р.Ш.

Применение детонационных наноалмазов в автомобильной отрасли

*Бронницкий филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»
(Россия, Бронницы)*

doi: 10.18411/lj-05-2021-38

Аннотация

В настоящее время в целях создания новых высокоэффективных композиционных материалов разрабатываются технологии получения различных наноматериалов, к которым относятся и наноалмазы. Наноалмазы могут быть получены различными методами, но наиболее экономичным способом, является их синтез в результате детонации взрывчатых веществ с отрицательным кислородным балансом. Детонационные наноалмазы являются материалами XXI века, которые используются и будут использоваться при производстве материалов и смазочных композиций, применяемых в автомобильной отрасли.

Ключевые слова: Детонационный наноалмаз, применение, автомобильная отрасль, смазки, упрочнение деталей.

Abstract

Currently, in order to create new highly efficient composite materials, technologies are being developed for producing various nanomaterials, which include nanodiamonds. Nanodiamonds can be obtained by various methods, but the most economical way is their synthesis as a result of the detonation of explosives with a negative oxygen balance.

Detonation nanodiamonds are materials of the XXI century that are used and will be used in the production of materials and lubricants used in the automotive industry.

Keywords: Detonation nanodiamonds, applications, automotive, lubricants, part hardening.

В настоящее время в целях создания новых высокоэффективных композиционных материалов разрабатываются технологии получения и использования различных наноматериалов, к которым относятся и наноалмазы. Наноалмазы могут быть получены различными методами, но наиболее экономичным способом, особенно если речь идет об их промышленном производстве, является их синтез в результате детонации взрывчатых веществ с отрицательным кислородным балансом [1].

В результате воздействия ударной волны в замкнутом объеме на атомы углерода, содержащихся во взрываемой смеси, происходит формирование, так называемых детонационных наноалмазов (ДНА). Этому способствует резкое увеличение давления (~ 25 ГПа) и температуры (~ 3000 К), что приводит к образованию детонационной шихты, содержащей в своем составе ДНА.

На рис. 1 представлена лабораторная установка ИПХЭТ СО РАН, применяемая при получении и исследовании ДНА.

Рисунок 1. Лабораторная установка, применяемая при получении ДНА [1]

Наноалмазы широко применяются во многих отраслях промышленности (рис.2), включая и автомобильную отрасль [2].

Рис. 2 Сферы применения ДНА

Современный автомобиль представляет собой сложную техническую систему, состоящую из электрических, пневматических, гидравлических, механических подсистем и агрегатов, от слаженной работы которых зависит надежность и эффективность работы автомобиля в целом.

Конструкция автомобиля включает тысячи деталей, полученных из различных материалов, многие из которых находятся во взаимодействии друг с другом в различных узлах трения.

Эффективность данного взаимодействия определяется величиной трения и износа контактирующих деталей, которые, в свою очередь, зависят от условий эксплуатации и качества используемых смазочных композиций. Современные масла (смазки) выполняют следующие основные функции, среди них: смазывающие (снижение трения), моющие (удаление отложений и продуктов износа) и охлаждающие. Выполнение этих функций смазочных композиций достигается, в том числе, добавлением специальных присадок, которые вводятся в их состав с целью придания им тех или иных свойств.

Детонационные наноалмазы имеют размеры порядка 4-5 нанометров и обладают очень высокой твердостью и прочностью, сопоставимые с аналогичными характеристиками природных алмазов. Одним из современных и перспективных направлений создания высокоэффективных смазочных композиций является использование в качестве присадки наночастиц ДНА. Включение ДНА в смазочные композиции весьма положительно сказывается на работе узлов трения: снижаются коэффициент трения и износ контактирующих деталей.

Данные полезные свойства смазочных материалов, приобретаемые при добавлении ДНА, исследователями объясняются действием различных механизмов [3]. В частности, в работе [4] описан эффект «шарикоподшипника», заключающийся в том, что частицы ДНА, находясь между трущими поверхностями, перекатываются как в подшипнике, что способствует снижению трения, за счет частичной замены трения скольжения трением качения). Твердость частиц ДНА и контактируемых с ними поверхностей, как правило, значительно отличаются, и в зоне контакта происходит проникновение (вдавливание) частиц ДНА в менее твердые поверхности контактирующих деталей. В результате на этих поверхностях формируются слои частиц ДНА и образуется трибопара «алмаз-алмаз», что, безусловно, способствует уменьшению трения и износа деталей.

Однако, данный механизм упрочнения и формирования трибоустойчивых слоев, имеет свои некоторые особенности. Индентированные (вдавленные) частицы ДНА не входят в саму структуру материалов контактирующих поверхностей и не связаны с ними химическими связями. При изменении условий работы трибопары, частицы, находящиеся в масле будут «сносить» с поверхностей индентированные частицы и возрастет абразивный износ деталей. Авторами работы [3] отмечено, что при использовании смазочных композиций, содержащих ДНА, для каждого материала трибопары необходимо определять несущую способность слоя частиц ДНА.

В работе [4] авторами приведены результаты исследований трения и износа при использовании ДНА в пластичных смазках. В работе использовались смазки российского и зарубежного производства. Были проведены заводские и стендовые испытания, при этом часть работ проводилась на четырехшариковых машинах трения. Было получено, что добавление в пластичные смазки ДНА, приводит к увеличению несущей способности смазок, при этом данный положительный эффект не зависит от типа используемых смазок. Кроме этого, проведенные исследования показали, что пластичные смазки с ДНА, восстанавливают характеристики изношенных узлов трения.

ДНА обладают достаточно сильными адсорбционными свойствами и даже при незначительном их содержании в композиции (десятые доли процента) частицы ДНА

способны плотно и равномерно распределяться на поверхностях материалов. О способности ДНА осаждаться на поверхности материалов вместе с металлами при электрохимическом осаждении из электролитов известно с 80-х годов прошлого столетия. В результате протекания данного процесса происходит дисперсное упрочнение поверхностей деталей, повышаются их микротвердость, износостойкость, антикоррозионная стойкость. Авторами работы [5] получены результаты, подтверждающие улучшение эксплуатационных параметров материалов при нанесении хром-наноалмазных покрытий.

Следует также отметить, что ДНА применяются в виде добавок:

- в резины и пластмассы для повышения их износостойкости, увеличения предельной нагрузки;
- к металлическим порошкам для изготовления узлов трения;
- к твердым смазкам;
- к высокостойким красителям;
- в полировальные пасты, применяемые для изготовления оптики и стекол.

ДНА являются материалами XXI века, которые используются и будут использоваться при производстве материалов для автомобильной отрасли, и со временем сфера их применения будет только расширяться [6].

1. Сакович Г.В. Алмазы, рожденные взрывом //Наука из первых рук. Электронный ресурс: <https://yandex.ru/turbo/scfh.ru/s/papers/almazy-rozhdennye-vzryvom/>.
2. Электронный ресурс: <http://cdn01.ru/files/users/images/03/91/0391e9dd18d6bcbf7e375c40142e120e.jpg>.
3. Шепелевский А.А., Есина А.В., Возняковский А.П., Фадин Ю.А. О механизме смазочного действия присадок наноалмазов детонационного синтеза в смазочных композициях// Журнал технической физики, 2017, т.87, вып.9. С.1354-1361.
4. Пузырь А.П., Селютин Г.Е., Буров А.Е., Бондарь В.С. Наноалмазы детонационного синтеза в пластичных смазках //Материалы конференции «Ультрадисперсные порошки, наноструктуры, материалы», Красноярск, 24-25 октября 2019 г. – С.19-20.
5. Буркат Г.К., Долматов В.Ю., Osawa E., Орлова Е.А. Исследование свойств хром-алмазных покрытий на основе детонационных наноалмазов различных производителей. Электронный ресурс: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/63448/03-Burkat.pdf?sequence=1>.
6. Наноалмазы в науке. Электронный ресурс: http://www.diamond-auto.ru/index.php?id=8&Itemid=9&option=com_content&view=article.

Четвертакова А.В.

Моновосстановление 2,4-динитродифенилсульфида

*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
(Россия, Ярославль)*

doi: 10.18411/lj-05-2021-39

Аннотация

Изучена ориентация реакции моновосстановления 2,4-динитродифенилсульфида хлоридом олова (II) в кислой водно-спиртовой среде. Установлено, что образуется смесь изомерных нитроанилинов, преимущественно 2-амино-4-динитродифенилсульфид.

Ключевые слова: 2,4-динитродифенилсульфид, нитроанилины, моновосстановление, региоселективность