

## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОАЛМАЗОВ В СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Л.Н. Образцов

*Проведено исследование по изучению влияния наноалмазов, содержащихся в смазке подшипника качения, на его контактную долговечность. Показано, что добавление наноалмазов в базовую смазку подшипников качения в небольших концентрациях уменьшает шероховатость дорожек качения подшипников на 30%, а количество дефектов – на 40%, что позволяет значительно увеличить долговечность подшипников качения. Установлено, что использование наноалмазов в качестве добавок возможно не только к пластичным смазкам, но так же к маслам и СОЖ, что делает их применение универсальным для многих видов трибосопряжений.*

*Ключевые слова: наноматериалы, смазка подшипника качения.*

Известно, что наиболее частой причиной выхода подшипников из строя является усталость, вызывающая ухудшение поверхности колец, приводящее к нагреву и, иногда, к механическим поломкам. Одним из путей повышения контактной долговечности подшипников качения является применение современных смазочных материалов, к числу которых смазочные композиции с наноматериалами.

Кроме традиционных методов модификации нанопорошками металлов, весьма перспективными в смазочных материалах различного назначения оказались ультрадисперсные алмазографитовые порошки, которые добавляются не только в масла, но и в пластичную смазку.

Анализ показал, что наличие адсорбированных слоев частиц ультрадисперсного алмазографита (шихта) в значительной мере ослабляет силы адгезионного взаимодействия между трущимися поверхностями. Однако, добавленная в смазочную композицию алмазографитовая шихта, кроме наноалмазов, содержит значительное количество негорючих примесей, которые загрязняют смазку.

По мнению автора, одним из наиболее перспективных является использование смазочных композиций, модифицированных наноалмазами (НА). Именно такой наноалмаз получен (патент РФ №2081821) из алмазно-углеродной шихты детонационного синтеза путем глубокой химической очистки, который имеет количество негорючих примесей менее 0,1% с размером частиц 3-4 нм.

Механизмы действия НА в смазочной композиции проявляются в нескольких направлениях, а именно [1]:

- неоднородности на поверхностях трения заполняются углеродными кластерами, за счет этого уменьшаются граничное трение и износ;

- наблюдается эффект последействия (свыше 60 час.) после замены смазочной композиции на масло-основу; этот эффект связан с прочным механическим, адсорбционным и диффузионным закреплением углеродных кластеров на поверхностях трения;

- кластеры НА при больших нагрузках и максимальном вытеснении жидкой фазы между поверхностями трения работают как микродшипники качения, что обеспечивает рост предельных нагрузок, которые выдерживает пара трения.

Проведено исследование по изучению влияния наноалмазов, содержащихся в смазке подшипника качения, на его контактную долговечность. В работе применялись шариковые радиальные подшипники 6205-2RS (ГОСТ 520-2002), в качестве исходной смазки использовался Литол-24 (ГОСТ 21150-87). Модификатором исходной смазки выступал наноалмаз.

Испытания подшипников на контактную долговечность проводились на специальной машине ВНИПП-543 [2]. Для оценки параметров шероховатости поверхностей качения использовали профилограф-профилометр «Talysurf-5M» (фирма «Rank Taylor Hobson», Великобритания). Качественная и количественная оценка металлографических параметров дорожек качения наружных колец подшипника выполнена на растровом сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM 6390 LA (Япония). Участок, на котором изме-

## ПРИМЕНЕНИЕ НАНОАЛМАЗОВ В СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

рялось количество дефектов, имеет размеры 1х1 мм.

Ресурс подшипника в результате испытаний определяют с учетом только усталостного разрушения, причем другие виды отказов рассматриваются как аварийные и не учитываются при оценке расчетных характеристик [3].

Номинальная долговечность подшипника – это число оборотов или часов (при заданной постоянной частоте вращения), которые подшипник должен проработать до появления первых признаков усталости материала дорожки качения любого кольца или тела качения.

Номинальная долговечность подшипника определялась по стандартной методике и составила 4,5 ч.

Необходимое значение допустимой грузоподъемности достигалось с помощью гидравлической системы машины. В испытательную машину устанавливали сразу 4 подшипника, после чего создавали нагрузку, и подшипники работали в течение 4,5 ч.

Для выявления закономерности влияния наноалмазов в смазке подшипников на его

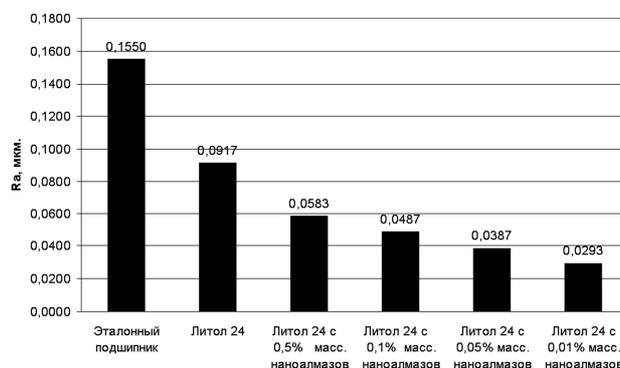
контактную долговечность проведена серия экспериментов с различным составом смазки, представленным в таблице 1.

Результаты исследования представлены на рисунке 1 и 2. Из рисунка 1 видно, что концентрация наноалмазов в значительной степени влияет на качество поверхности дорожек качения подшипников.

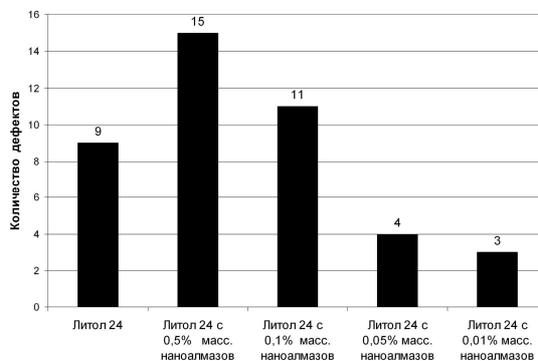
*Таблица 1  
Состав смазки в экспериментах*

№ опыта	Вид смазки
1	Литол 24
2	Литол 24 + 0,5% масс. наноалмазов
3	Литол 24 + 0,1% масс. наноалмазов
4	Литол 24 + 0,05% масс. наноалмазов
5	Литол 24 + 0,01% масс. наноалмазов

Причем с уменьшением концентрации наноалмазов в базовой смазке качество поверхности улучшается. Однако, как показывает исследование методом количественной металлографии (рисунок 2), при более высоких концентрациях (0,5% и 0,1%) количество дефектов больше, чем при использовании только базовой смазки.



*Рисунок 1 – Влияние концентрации наноалмазов на качество поверхности дорожек качения подшипников*



*Рисунок 2 – Влияние концентрации наноалмазов на качество поверхности дорожек качения подшипников*

## ОБРАЗЦОВ Л.Н.

Это означает, что наноалмазы при значительных концентрациях выполняют роль абразивных примесей и наносят повреждения поверхности дорожки качения подшипника.

При более низких концентрациях наноалмазов в смазке (0,05% и 0,01%) шероховатость и количество дефектов значительно ниже, чем при использовании чистой смазки. Это обуславливает более продолжительный срок службы подшипника.

Результаты исследований показали, что при уменьшении концентрации с 0,1% до 0,01% шероховатость уменьшается в среднем на 30%, а количество дефектов – на 40%.

Использование в подшипниках качения смазки с содержанием небольшого количества наноалмазов (менее 0,1 %) позволяет получить значительный экономический эффект вследствие сокращения количества ремонтов ответственных узлов машин.

Анализ результатов показал, что механизм действия наноалмазов в смазке подшипника на его контактную долговечность сложен и требует проведения дополнительных исследований, особенно в тонком поверхностном слое. Для этого используются такие методы исследования, как инфракрас-

ная, ЭПР- и ОЖЭ- спектроскопии, а так же атомно-силовая микроскопия.

Полученные результаты позволяют разработать и создать условия для производства наноматериалов на основе высокоочищенных модифицированных наноалмазов детонационного синтеза, способных в составе смазочной композиции увеличить срок эксплуатации технических средств с узлами трения. Уникальность полученной смазочной композиции заключается в том, что она является концентрированной суспензией наноалмазов с принципиально новыми свойствами – высокой коллоидной устойчивостью наночастиц и их кластеров, не имеющих аналогов в мире.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долматов, В.Ю. Детонационные наноалмазы: синтез, строение, свойства и применение. / Успехи химии. – 1997. – Т.76. – Вып. 4.
2. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / М.: Машиностроение, 1985. – 424 с., ил.
3. Чичинадзе, А.В. Трение, износ, смазка (трибология и триботехника). / М.: Машиностроение, 2003. – 576с., ил.

**Образцов Л.Н.**, аспирант, E - mail: [sotny@mail.ru](mailto:sotny@mail.ru),  
E - mail: [filial@kemnet.ru](mailto:filial@kemnet.ru)