

результаты анализа состава покрытия перед нанесением покрытия проводился анализ состава основы порошка.

Определение толщины тонких покрытий с использованием сканирующего электронного микроскопа проводится только расчетным путем на основании изучения ослабления спектров основы порошка. Чем толще покрытие тем слабее линии спектра основы порошка и наоборот.

Для точного определения толщины покрытия необходимо строить градуировочный график зависимости толщины покрытий от интенсивности спектральных линий основы порошка. Определение толщин покрытий для построения градуировочного графика в данном случае необходимо предварительно проводить на других приборах, например, просвечивающем электронном микроскопе.

Результаты определения химического состава покрытия, его равномерности, толщины используются для корректировки режимов напыления покрытий и изменения геометрии комбинированных катодов.

УДК 621.82: 621.89: 544.72

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДОРОЖЕК КАЧЕНИЯ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Л.Н. Образцов, аспирант  
Кузбасский государственный технический университет  
(г. Кемерово, Россия)

Наиболее частой причиной выхода подшипников качения из строя является усталость, вызывающая ухудшение поверхности качения колец, приводящее к нагреву и, иногда, к механическим поломкам.

Одним из путей обеспечения высоких эксплуатационных свойств является применение в подшипниках современных смазочных материалов. К числу эффективных относят пластичные смазки, модифицированные нанопорошками, которые позволяют повысить контактную долговечность подшипников, и, в свою очередь, срок службы механизмов.

Перспективным модификатором смазочных материалов является наноалмаз, имеющий следующие преимущества перед другими типами веществ такого рода:

- эффективность при низких концентрациях в базовой смазке;
- совместимость с различными видами масел.

Наноалмазы, введенные в материал, играют роль мощного структурообразователя, обеспечивая дисперсионное упрочнение композиции, так как обладают собственным зарядом.

Наличие собственного заряда у частиц модификатора обуславливает протекание в среде смазочного материала различных электрофизических процес-

сов, оказывающих существенное влияние на его структуру. Наличие упорядоченных структур в смазочных средах оказывает существенное влияние на триботехнические характеристики узла трения.

В соответствии с современными представлениями в процессах механической обработки в поверхностном слое дорожек качения накапливаются (наследуются) свойства, которые проявляются в процессе эксплуатационного нагружения.

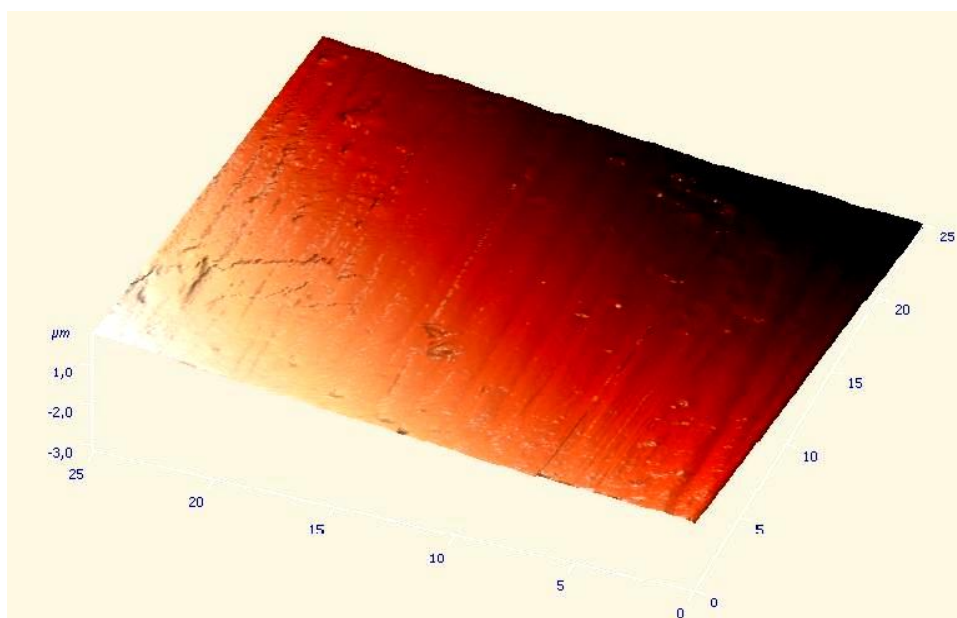
В рамках разрабатываемой модели контактного нагружения был проведен ряд экспериментов, задачей которых было выявление влияния концентрации наноалмазов в пластичной смазке на контактную долговечность подшипников качения.

В эксперименте использовались подшипники качения 180208А. За основу смазочной композиции был взят Литол–24 (ГОСТ 21150–87) а модификатором выступал наноалмаз с размером частиц  $4,3 \pm 0,4$  нм [1].

Исходя из имеющихся данных, концентрация наноалмазов была взята в пределах от 0,01% до 0,3% масс. основной смазки [2].

Далее подшипники устанавливались на стенд (ВНИПП–543) и проводилось усталостное испытание. Время испытания, нагрузка и частота вращения подшипников было установлено исходя из расчетной долговечности данного типа подшипников, а именно нагрузка составляла 10000 Н, время испытания 7,5 часов, частота вращения подшипников 5000 об/мин.

С целью выявления степени влияния наноалмазов в смазке на качество тонкого поверхностного слоя проводилось исследование поверхности дорожек качения на атомно–силовом микроскопе Nanoeducator (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Вид поверхности дорожек качения, полученный на атомно–силовом микроскопе**

Установлено, что поверхность дорожки качения не имеет характерных дефектов катящихся под нагрузкой или с проскальзыванием металлических по-

верхностей, таких как раковины, ямки, оспины. Это обуславливается большей стойкостью поверхностного слоя к износу, сопротивляемости истиранию и выкрашиванию. В свою очередь, это приводит к большей контактной долговечности подшипника качения в целом.

### Литература

1. Пат. 2081821 Российская Федерация, МПК<sup>6</sup> C01B31/06. Способы отделения ультрадисперсного алмаза [Текст] / Еременко Н.К., Образцова И.И., Ефимов О.А., Коробов Ю.А., Сафонов Ю.Н., Сидорин Ю.Ю.; Заявители и патентообладатели Институт химии углеродных материалов СО РАН, Кемеровский государственный университет. – 95100317/25; заявл. 11.01.1995; опубл. 20.06.1997, Бюл. №17.

2. Долматов В.Ю. Детонационные наноалмазы: синтез, строение, свойства и применение. – Успехи химии. – 2007. – №4. – С. 375–397.

УДК 621.793

## ИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Л.С.Богинский д-р техн. наук, проф., О.П.Реут д-р техн. наук, проф.,  
В.Т.Шмурадко, В.В.Саранцев канд. техн. наук  
Белорусский национальный технический университет  
(г. Минск, Республика Беларусь)

**Введение и постановка задач.** Оптимальной для получения широкой гаммы изделий из порошков является радиальная схема прессования, которая характеризуется уменьшением площади поперечного сечения прессовки при уплотнении. Разработка и внедрение высокоэффективных технологий на основе процессов уплотнения дисперсных материалов является важным фактором при создании новых проницаемых, конструкционных изделий на основе металлов, керамики и графита, обладающих уникальными свойствами.

**Решение задач.** Радиальное уплотнение порошка через эластичный инструмент обеспечивает равномерное сжатие всего объема и, как следствие, устранение локальных плоскостей концентрации деформаций и условий образования нарушений сплошности (брака) на стадиях прессования и последующего спекания. Оборудование и инструмент для сухого изостатического прессования (СИП) позволяет максимально приблизить форму порошкового изделия к форме готовой детали, что может обеспечить получение прессовки с необходимыми размерами. Это позволит исключить или уменьшить затраты на дополнительную обработку полученного изделия, а также сэкономить материалы.

Разработанная технология, оборудование и инструмент позволяет получать широкую гамму изделий из порошковых материалов.

К последним достижениям можно отнести