

В.Н. Некрасов, канд. техн. наук, В.Д. Гончаров, канд. техн. наук,  
В.И. Яковлев, канд. техн. наук, Барнаул, Россия

## ИССЛЕДОВАНИЕ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЙ ИЗ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Research on wear resistance of coverings from nanostructuring composite materials.*

В современном быстро развивающемся мире к деталям машин, работающим в условиях скоростного трения, предъявляют высокие требования по качеству и способности сопротивляться изнашиванию, то есть сохранять первоначальные размеры и форму. Как правило, для этого на рабочие поверхности таких деталей наносят покрытия, обеспечивающие их износостойкость. От таких показателей как устойчивость покрытия к истиранию, отслаиванию от основного материала детали, воздействию высоких температур, а также его стоимость, будет зависеть его конкурентоспособность.

Разработке и исследованию износостойких покрытий посвящено большое количество работ [1,2,3]. В каждой из них указывается о необходимости увеличения ресурса детали, об эффективности использования износостойких и защитных покрытий, их составе, способах нанесения, но мало исследований описывающих структуру расположения составляющих элементов в покрытии. Связано это со сложностью технологического контроля и управления процессом ориентации зерен покрытия.

В лабораторных испытаниях на износостойкость исследовались два новых разработанных покрытия нанесенных путем детонационного напыления из наноструктурированных композиционных материалов: (TiC + NiCr) и (TiC + C<sub>д</sub> + NiCr). Оба покрытия представляют собой нанозерна карбида титана особым образом ориентированные в хромоникелевой матрице, во втором случае с добавлением ультрадисперсных кристаллов синтетического алмаза. Основное назначение покрытий, увеличение износостойкости рабочих поверхностей трущихся деталей.

Выбор оборудования осуществлялся согласно точностным и динамическим характеристикам удовлетворяющим всем необходимым условиям проведения эксперимента. В качестве испытательного оборудования использовалась машина трения модели 2168 УМТ, соединенная с компьютером. Для определения весового износа использовались аналитические весы АДВ – 200.

Исследования проводились с использованием специально изготовленных образцов представляющих собой пару «вал – втулка». Роль втулки исполняла колодка (рис. 1), роль вала – кольцо. Кольцо изготовлено из стали 40Х размером Ø40x42 мм, длина кольца была выбрана в 2 раза больше ширины колодки с целью сохранения постоянства технологических баз кольца без его переустановки при пробеге более 3000 м. Испытания велись в условиях сухого трения и на незакаленных образцах-кольцах для ускорения проведения экспериментов.

Для нанесения покрытий методом газотермического напыления, использовалась автоматизированная экспериментальная установка для детонационного нанесения покрытий на базе пушки модели «Катунь – М»[4]. Наноструктурированные композиционные материалы были получены по специальной технологии механоактивации порошков карбидов титана, ультрадисперсных синтетических алмазов и порошков композиционного материала никель-хром.

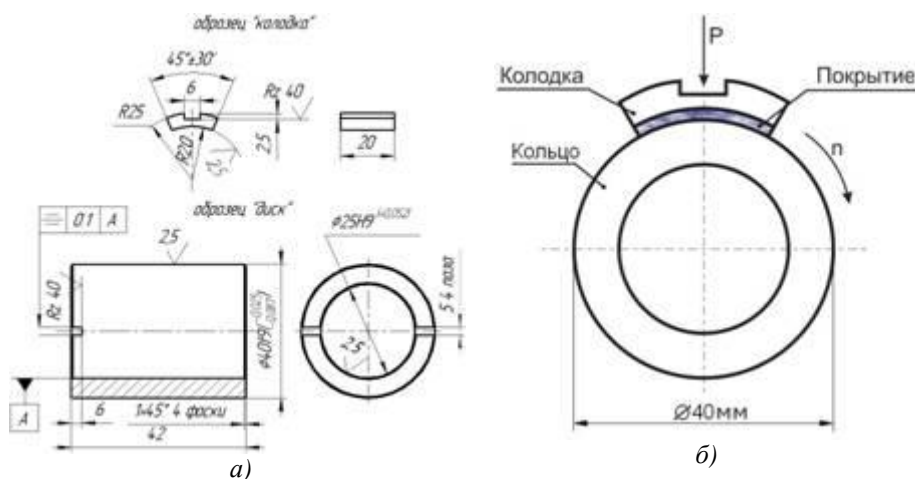


Рис. 1 – Конструкция колодки и кольца – а); схема испытания на износ б)

Покрытие толщиной 0,5 мм наносилось на колодку также изготовленную из стали 40Х. Размеры площадки контакта колодки равнялась 20x15 мм. На нерабочей поверхности колодка имеет паз для базирования в приспособлении машины трения. Перед нанесением покрытия колодка притиралась по кольцу до формирования пятна контакта по всей площади колодки ~ 98%, а после обрабатывалась пескоструйкой. Для снижения шероховатости поверхностей полученных напылением и достижения внутреннего диаметра равного диаметру кольца, выполнялась их предварительная алмазно-абразивная обработка до значения Ra = 1,25 мкм. В качестве сравнительного эталона была выбрана колодка без покрытия.

Параметры испытаний приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Удельное давление на колодке

|        |     |     |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| p, МПа | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| P, Н   | 190 | 380 | 570 | 760 | 950 |

Таблица 2 – Скорость вращения кольца

|           |     |     |     |
|-----------|-----|-----|-----|
| V, м/с    | 0,2 | 0,5 | 1,0 |
| n, об/мин | 100 | 250 | 500 |

Для определения весового износа от длины пройденного пути использовались следующие режимы испытания:

- частота вращения диска  $n = 500$  об/мин;
- нагрузка на колодку  $P = 760$  Н.

В таблице 3 представлены контрольные точки пройденного пути, в которых производились измерения.

Таблица 3 – Контрольные точки измерения весового износа

|      |     |     |      |      |      |      |      |      |
|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| L, м | 400 | 800 | 1200 | 1600 | 2000 | 2400 | 2800 | 3200 |
|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|

В ходе испытаний были получены следующие результаты. На рисунках 2; 3; 4 представлены зависимости весового износа от скорости трения, измеряемой в метрах в секунду, а также создаваемой на колодке нагрузки в ньютонах, износ граммах.

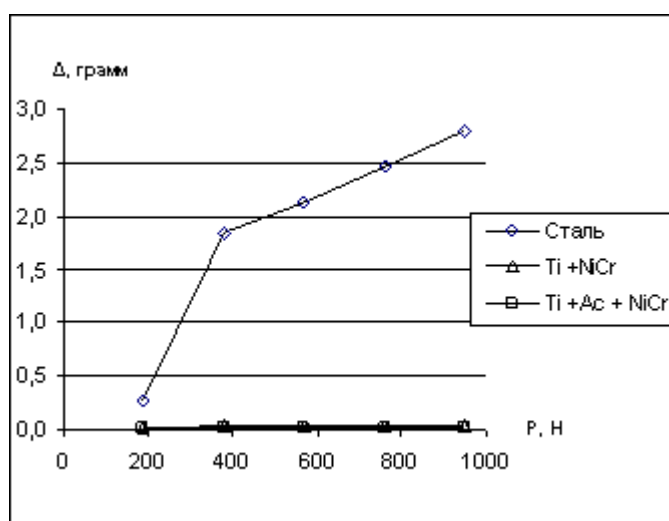


Рис. 2 – Весовой износ образцов при скорости трения 0,2 м/с.

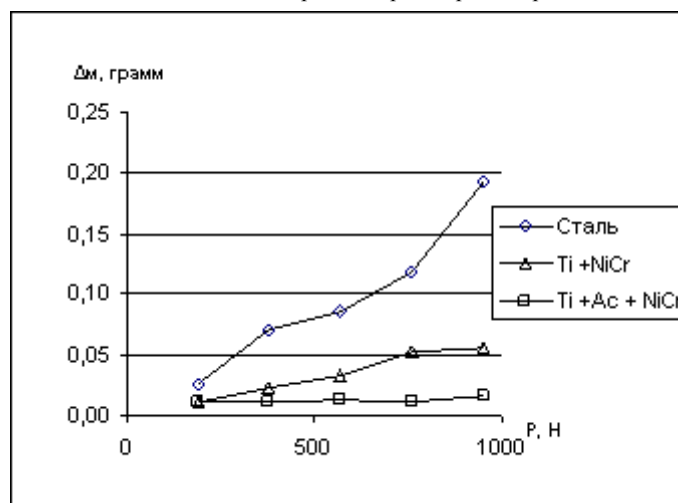


Рис. 3 – Весовой износ образцов при скорости трения 0,5 м/с.

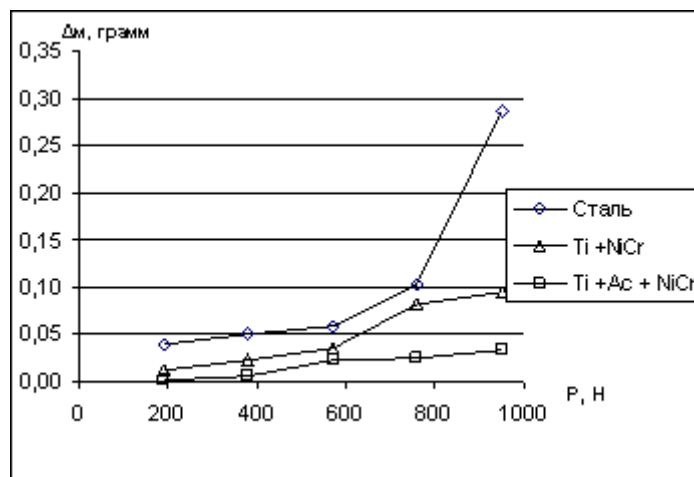


Рис. 4 – Весовой износ образцов при скорости трения 1 м/с

На рисунке 5 изображена зависимость весового износа от длины пройденного пути.

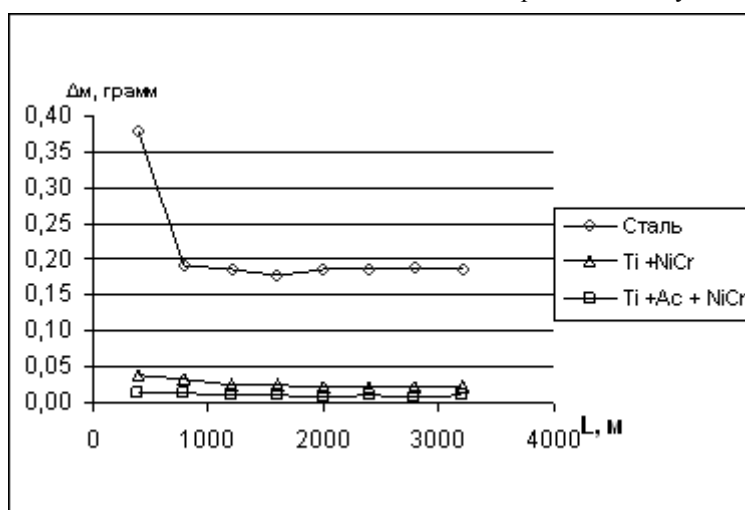


Рис. 5 – Весовой износ образцов в зависимости от длины пути при скорости трения 1 м/с, нагрузке 760 Н.

#### Выводы:

1. Анализ полученных данных показывает значительное снижение износа поверхностей полученных напылением износостойких материалов по отношению к поверхностям без напыления. Особенно заметна разница в 2 – 3 раза при низких скоростях скольжения (рисунок 2). А при скорости 0,2 м/с разница в износе достигает более 20 раз.
2. Износ покрытия в зависимости от длины пути характеризуется быстрым износом в начале пути трения и дальнейшей стабилизацией, что соответствует общей теории износа.
3. Разработанные композиционные материалы и технология нанесения покрытий можно рекомендовать использовать при ремонте и изготовлении пар трения двигателей внутреннего сгорания: поршневых колец, шеек коленчатых валов, втулок шатунов, кулачков, клапанов газораспределительного механизма и других деталей работающих в сложных условиях трения.

**Список литературы:** 1. Капунин Н.Г., Любинецкий Я.Г., Майданчик Б.И. Жизненный цикл и эффективность машин. – М.:Машиностроение, 1989. – 312с. 2. Сонин В.И. Газотермическое напыление материалов в машиностроении. – М.:Машиностроение, 1973, - 216с. 3. Латыпов Р.А., Молчанов Б.А. Получение покрытий детонационным напылением // Сварочное производство. – 1995. - №9. – С.6–7. 4. Еськов А.В., Яковлев В.И. Автоматизированный экспериментальный комплекс исследования и контроля детонационного потока при напылении частиц // Известия томского политехнического университета. – 2007. - №2, том 311. – С.130–135.

Поступила в редакцию 15.06.2009