



УДК 621.891: 622.67

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАНОСТРУКТУРНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

INVESTIGATION OF TRIBOTECHNICAL EFFICIENCY OF NANOSTRUCTURED FRICTION MATERIALS FOR BRAKE SYSTEMS

Юсубов Фикрет Фахраддин

аспирант,
Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности
fikratyusub@gmail.com

Yusubov Fikrat Fakhraddin

Ph. D. Student,
Azerbaijan State Oil and Industry University
fikratyusub@gmail.com

Аннотация. В настоящей работе представлены трибологические свойства нанокompозитных материалов различной структуры; а также изучены влияние модификаторов, наполнители на показателях качества композиционных материалов.

Annotation. In this work tribological properties of various nanocomposite materials were investigated; the effects of modifiers, fillers on properties of composite materials has been studied.

Ключевые слова: нанокompозиты, фрикционных материалов, трение, износ, тормозные колодки.

Keywords: nanocomposites, friction materials, friction, wear, brake blocks.

В настоящее время с целью повышения качественных показателей в тормозных системах пар трения были исследованы различные типы материалов. Однако, для фрикционных узлов работающих в тяжелых условиях потери физико-механических свойств и износ были всегда характерными.

Надежность и эффективность таких оборудований сильно зависит от качества фрикционного материала. Это определяет сохранение фрикционных свойств пар трения от различных влияний. При торможении способность фрикционных материалов в момент приема статических и динамически нагрузок образующаяся теплота приводит к износу и деструкции рабочей поверхности. По этой причине наряду со стойкостью материалов к температуре и износу сохранение при высоких температурах коэффициента трения является важнейшим факторам [1]. Развитие нанотехнологии создало условия для одновременного выполнения всех этих требований.

Применение наночастиц при изготовлении новых материалов наряду с влиянием на структуру материалов а также последовательность распределения добавок в матрице и закономерности их построения создают условия для изменения физико-механических свойств. Естественно в зависимости от характера структуры для этих материалов могут быть получены различные результаты в трибо-механически деятельности. В тормозных системах фрикционные материалы являются основным рабочим элементом. Так как качества материала в целом влияет на рабочую способность оборудования. При изменении в широком диапазоне скорости скольжения контактирующие пары должны обеспечивать стабильное давления, температуру и коэффициент трения. Кроме того, учитывая возможность возгорания ответная реакция на воздействие атмосферы должна быть низкой, износные и другие механические показатели должны иметь устойчивые характеристики [2].

При исследовании трибо-термического износа нанокompозитных материалов синтезированных металлургическим способом на основе порошка $Fe-Al_2O_3$ выявлено что адгезивный износ присходит при низких нагрузках, а абразивный износ присходит при высоких нагрузках. Причем независимо от вида материала износ на поверхности образца был очень низким [3].

В таблице 1 показано влияние различных наполнителей на показатели качества различных нанокompозиционных материалов на основе металлов. Нужно отметить что допущенные незначительные различия при изготовлении материала могут привести изменению показателей качества. Выше отмеченные нанокompозиты на основе железного порошка в зависимости от времени синтеза и температуры проводят к различным степеням износа.

Если время синтеза будет одинаковым а температура низкой то процент износа будит высоким что можно объяснить изменениями происходящими в структуре [4].

В последнее время, при помощи различных наполнителей наноразмеров были получены твердые композиционные материалы на основе полимеров что открыло путь к исследованию этих материалов области трибологии [6].

Износная интенсивности пар трения зависит от свойства материалов технологии обработки поверхности и качества, а также от условий эксплуатации- нагрузки, температуры, смазки и др. [7].

**Таблица 1** – Влияние наполнителей на свойства металлических нанокompозитов [5]

Матрица / Наполнители		Показателей
Ag	Au	Улучшение каталитической активности
Ni	ЧСЦ, ЦСИ	Повышенная твердость и прочность
Cu	Nb	Улучшенная микротвердость
Al	AlN	Более высокое сжатие сопротивление и предел натяжения
Al	SiC	Улучшенные модули твердости и упругости
УН	Sb, SnSb _{0,5}	Улучшения в Li + свойства интеркаляции
Cu	Al ₂ O ₃	Улучшенная микротвердость
УН	Fe ₃ O ₄	Улучшенная электрическая проводимость

Примечание: ЧСЦ – Частично стабилизированный диоксид циркония; ЦСИ – Цирконий-стабилизированный иттрий; КВ – Углеродная нанотрубка.

Улучшение показателей качества и что более важно для решения экологических проблем использование в качестве наполнителей природных волокон привело увеличению спроса нанокompозитных материалов. Проведение многочисленных исследований показало что, связь между волокнами и матрицей является одним из основным факторов влияющи на показатели трения и износа. Известно что, с увеличением нагрузки увеличивается степень износа материалов. Однако в случае композиционных материалов это может отличаться. Так как примененная нагрузка зависит от выбора матрицы и вида природного волокна по разному влияет на трение и износ [8].

Композиция Al₂O₃-Ti(CN) свойства которой увеличена наночастицами TiCN при комнатной температуре и 500 °С на воздухе при исследовании действия трения против сплава Ni-Cr было обнаружено что в зависимости от количества наночастиц наблюдается различие в механических показателях. При низких массовых процентах чистечек TiCN композиты более крепкие и сопротивление более высокое и наоборот если количество чистичек 20–40 кт. % эти показатели бывают низкими [9, 10]. Низкая температура синтеза не приводит к образованию плотных микроструктур и поэтому при трении чистички с лекостью отделяются и при скольжении на поверхности создаются условия абразивное износа. Также материалы состоящие из 20 кт. % наночастичек TiCN коэффициент трибо-окислительного трения значительно уменьшается.

В другом образце полученным способом горячего прессования в среде аргона имеющим в своем составе чистички SiC (40–200 nm) на основе Al₂O₃ при исследовании трибологической деятельности показало что в полученной композиции твердость по Виккерсу увеличивается. Чистички SiC действуя на матрицу приводят к изменению микроструктуры композиции и как результат структурного именения при сухом трении степень износа материала чувствительно уменьшается. Во всех образцах износ связан с пластической деформацией [11].

При высоких температурах в результате трибо-окисления образованные оксиды смазки для материалов Al₂O₃-Ti(CN) придают им хорошие смазочные свойства [12].

Наше исследования показало что, в зависимости от распределения наполнителя и модификаторов матрице приводит к значительным различиям показателей качества. Одновременно, взаимодействие просходящее между компонентами композиционных материала на раличных этапах происходят соответствующие изменения. Полученные результаты приводят к искоренению ряда недостатков буровых установок.

Литература:

1. Александров М.П. Тормоза подъемно-транспортных машин. 3-е изд. – М. : Машиностроение, 1976. – 383 с.
2. Зельцерман И.М., Каминский Д.М., Онопо А.Д. Фрикционные муфты и тормоза гусеничных машин. – М. : Машиностроение, 1965. – 240 с.
3. Zishan Husain Khan. Recent Trends in Nanomaterials: Synthesis and Properties, Chapter 2 // Wear Behavior of Composites and Nanocomposites: A New Approach, Springer Singapore. – 2017. – P. 45–47.
4. Малыгин А.А. Физика поверхности и нанотехнология: взаимосвязь и перспективы // Соросовский образовательный журнал. – 2004. – Т. 8. – № 1. –С. 7–21.
5. Pedro Henrique Cury Camargo, Kestur Gundappa Satyanarayana, Fernando Wypych. Nanocomposites: Synthesis, Structure, Properties and New Application Opportunities (Review Article) // Materials Research. – Vol. 12. – № 1. –SciELO. – 2009. – P. 13.
6. B.M. Caruta, Nanomaterials: New Research, Nova Science Publishers, Inc. New York, 2005. – P. 412.
7. А.Ә. Quliyev, A.V. Şerifova. Kompozisiya materialları. – ADNSU nəşri. Bakı, 2016. – 105 səh.
8. Emad Omrani, Pradeep L. Menezes, Pradeep K. Rohatgi. State of the art on tribological behavior of polymer matrix composites reinforced with natural fibers in the green materials world // Engineering Science and Technology, an International Journal. – № 19. – Elsevier B.V. – 2016. – P. 717–736.



9. Limpichaipanit A., Todd R.I. The relationship between microstructure, fracture and abrasive wear in Al₂O₃/SiC nanocomposites and microcomposites containing 5 and 10 % SiC // *Journal of the European Ceramic Society*. – Vol. 29 (13). – Elsevier. – 2009. – P. 2841–2848.

10. José L., Ortiz-Merino J.L., Todd R.I. Relationship between wear rate, surface pullout and microstructure during abrasive wear of alumina and alumina/SiC nanocomposites // *Acta Mater.* – Vol. 53 (12). – Elsevier. – 2005. – P. 3345–3357.

11. M. Parchovianský, J. Balko, P. Švančárek, J. Sedláček, J. Dusza, F. Lofaj, D. Galusek. Mechanical properties and sliding wear behaviour of Al₂O₃-SiC nanocomposites with 3–20 vol % SiC // *Journal of the European Ceramic Society*. – Vol. 37 (14). – Elsevier. – 2017. – P. 4297–4306.

12. Erdemir A. A crystal-chemical approach to lubrication by solid oxides // *Tribology Letters* 8. – J.C. Baltzer AG Science Publishers. – 2000. – P. 97–102.

References:

1. Alexandrov M.P. Brakes of hoisting-and-transport machines. 3rd ed. – M. : Mechanical Engineering, 1976. – 383 p.

2. Zeltserman I.M., Kaminsky D.M., Onopko A.D. Friction clutches and brakes of tracked vehicles. – M. : Mechanical Engineering, 1965. – 240 p.

3. Zishan Husain Khan. Recent Trends in Nanomaterials: Synthesis and Properties, Chapter 2 // *Wear Behavior of Composites and Nanocomposites: A New Approach*, Springer Singapore. – 2017. – P. 45–47.

4. A.A. Malygin. Surface Physics and Nanotechnology: Interrelation and Prospects // *Sorosovsky Educational Journal*. – 2004. – V. 8. – № 1. – P. 7–21.

5. Pedro Henrique Cury Camargo, Kestur Gundappa Satyanarayana, Fernando Wypych. Nanocomposites: Synthesis, Structure, Properties and New Application Opportunities (Review Article) // *Materials Research*. – Vol. 12. – № 1. – SciELO. – 2009. – P. 13.

B.M. Caruta, *Nanomaterials: New Research*, Nova Science Publishers, Inc. New York, 2005. – P. 412.

7. A.Ə. Quliyev, A.V. Şərifova. Kompozisiya materialları. – ADNSU nəşri. Bakı, 2016. – 105 səh.

8. Emad Omrani, Pradeep L. Menezes, Pradeep K. Rohatgi. State of the art on tribological behavior of polymer matrix composites reinforced with natural fibers in the green materials world // *Engineering Science and Technology, an International Journal*. – № 19. – Elsevier B.V. – 2016. – P. 717–736.

9. Limpichaipanit A., Todd R.I. The relationship between microstructure, fracture and abrasive wear in Al₂O₃/SiC nanocomposites and microcomposites containing 5 and 10 % SiC // *Journal of the European Ceramic Society*. – Vol. 29 (13). – Elsevier. – 2009. – P. 2841–2848.

10. José L., Ortiz-Merino J.L., Todd R.I. Relationship between wear rate, surface pullout and microstructure during abrasive wear of alumina and alumina/SiC nanocomposites // *Acta Mater.* – Vol. 53 (12). – Elsevier. – 2005. – P. 3345–3357.

11. M. Parchovianský, J. Balko, P. Švančárek, J. Sedláček, J. Dusza, F. Lofaj, D. Galusek. Mechanical properties and sliding wear behaviour of Al₂O₃-SiC nanocomposites with 3–20 vol % SiC // *Journal of the European Ceramic Society*. – Vol. 37 (14). – Elsevier. – 2017. – P. 4297–4306.

12. Erdemir A. A crystal-chemical approach to lubrication by solid oxides // *Tribology Letters* 8. – J.C. Baltzer AG Science Publishers. – 2000. – P. 97–102.