

Т.В. Шубина
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия, shubina@ya.ru

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ДОБАВКАМИ ДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ СЛОИСТОГО МОДИФИКАТОРА ТРЕНИЯ В ТЯЖЕЛОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Аннотация

В работе представлены результаты анализа тенденций развития смазочных композиционных материалов с модификаторами трения для применения в изделиях машиностроения, длительно эксплуатируемых в условиях низких температур окружающей среды (от минус 40 °С до минус 60 °С), и перспективные направления исследований для создания современных смазочных материалов по результатам анализа известных научных исследований последних лет.

Ключевые слова: серпентинит, модификаторы трения, смазочные композиции, износ, низкая температура.

Введение

Исследования последних лет позволяют сделать вывод о перспективах применения добавок высокодисперсных частиц природного слоистого геомодификатора трения в смазочные материалы для повышения работоспособности трибосопряжений. [1-7]

Известны положительные результаты научных работ по созданию пластичных и жидких смазочных материалов с добавками частиц гидросиликата магния – серпентинита для высокоскоростных узлов. [8-14]

Однако, недостаточно освещены и изучены процессы трения и изнашивания при длительной работе на малых скоростях (ходовая система и др.) и кратковременной эксплуатации (тяговые лебедки и др.), а также изменение геометрических размеров деталей и, соответственно, зазоров в трибосопряжениях при отрицательных температурах от минус 40 °С до минус 60 °С.

Проблематика

В современных условиях одной из актуальных задач является необходимость создания новых смазочных композиций (жидких и пластичных) для применения в узлах, агрегатах и механизмах вездеходной колесной и гусеничной техники для работы в условиях низких температур Крайнего Севера для создания инфраструктуры и освоения территорий Арктики и Ямала, Северного Морского Пути и портов, в том числе в интересах и для нужд Министерства обороны РФ. [15, 16]

С учетом этого, также необходимы дополнительные результаты по исследованию температурного градиента трибосопряжений и влияния тяжелых режимов граничного и сухого трения на темп износа, прогнозирование ресурса изделий и затрат на восстановление их работоспособности. [17, 18]

Применение новых смазочных композиций позволит повысить надежность

машин и увеличить межремонтный ресурс за счет повышения износостойкости трибосопряжений ресурсопределяющих узлов, работающих в непосредственном контакте с водно-болотистыми почвами, грязью, снежно-ледяными покровами при низких температурах в условиях высоких ударных и знакопеременных нагрузок (опорные катки, направляющие колеса, подвеска и др.)

Повышение износостойкости, расширение диапазона динамических и статических режимов эксплуатации при температурах до минус 60 °С, а также увеличение назначенных сроков эксплуатации и ремонта требует создание новых усовершенствованных композиционных смазочных материалов.

Перспективные направления исследований

Известно, что дополнительные добавки в смазочные материалы улучшают их характеристики, что повышает надёжность трибосопряжений, увеличивает ресурс работы машин, снижает трудоемкость и стоимость планового технического обслуживания и ремонта. [3, 19]

Так же известно, что значительная доля потерь мощности в машинах приходится на трение в ходовой системе и трансмиссии, что повышает сопротивление передвижению гусеничных, колесных и плавающих снего-болотоходных и сочлененных машин в тяжелых дорожных условиях. Поэтому разработка новых и улучшение существующих смазочных композиций введением дополнительных функциональных добавок для снижения трения и повышения износостойкости тяжелонагруженных агрегатов трансмиссии, узлов ходовой и несущей частей, силовой гидросистемы, расположенных в незакапотированном пространстве, становится в условиях низких температур окружающей среды особенно актуальной.

Известны научные работы, посвященные исследованию влияния смазочных материалов (жидких и пластичных) с введенными функциональными добавками на повышение работоспособности и увеличение ресурса узлов трения двигателей и агрегатов, работающих в закапотированном пространстве с предварительным подогревом при низких температурах окружающей среды. [20]

Данные исследования функциональных добавок, в том числе модификаторов трения с частицами серпентинита, дали положительные результаты. Их применение позволило увеличить ресурс двигателей и других механизмов в закапотированном пространстве до требуемых значений, в связи с чем, ресурсопределяющими узлами машины стали наружные элементы: ходовая система, узлы и агрегаты трансмиссии, карданные и шлицевые передачи с большим количеством трибосопряжений. [21, 22]

В части применения дисперсных добавок в смазочных композициях еще недостаточно освещены такие вопросы, как оптимальная концентрация и влияние размера частиц слоистого модификатора трения (например, серпентинита) на противозадирные и противоизносные свойства смазочных композиций в условиях работы при низких температурах и непосредственном длительном контакте трибосопряжений с водно-болотистыми, грязевыми и снежно-ледяными поверхностями при повышенной теплоотдаче, что не обеспечивает достаточного прогрева смазочных материалов и приводит к повышенному износу пар трения, что, в свою очередь, лимитирует ресурс машины.

Для исследования влияния низких рабочих температур на противоизносные, противозадирные и антифрикционные свойства смазочного материала перспективным является консистентный смазочный материал Арктол с

функциональными добавками различной концентрации и различными размерами частиц. В качестве объектов исследования также могут быть выбраны смазочные композиции с наполнителем из высокодисперсных частиц серпентинита размерами от 1 мкм до 30 мкм с концентрацией от 0,1 % до 7 % на основе гидравлического масла ВГМЗ, Гипол-РС, трансмиссионного смазочного материала ЦИАТИМ 208, ТМ-5-5з-12, ТСзп-8 или ТМ-3-9, которые применяют в узлах трения машин, работающих в условиях низких температур.

Для выбранных смазочных материалов необходимо проведение исследований по выбору оптимальных размеров и концентрации частиц серпентинита, обеспечивающих наилучшие противоизносные и антифрикционные свойства смазочной композиции при низких температурах и экстремальных условиях эксплуатации машин (до минус 60 °С).

Также требуется оценка влияния абразивной массы и воды, проникающих в узлы и агрегаты с последующей кристаллизацией на работоспособность трибосопряжений при отрицательных температурах.

Заключение

На основании результатов анализа тенденций развития и перспективных направлений исследований по созданию современных смазочных материалов с модификаторами трения при эксплуатации в условиях низких температур (до минус 60 °С) можно сделать следующие выводы:

1. Одним из приоритетных направлений научных исследований в настоящее время являются слоистые серпентиниты для получения высокодисперсных частиц как эффективные и малоизученные.

2. Исследования в области создания новых смазочных композиций с высокодисперсными добавками модификаторов трения актуальны в настоящее время и будут востребованы в будущем для техники по освоению новых территорий, создания инфраструктуры и работы в тяжелых дорожных и климатических условиях.

3. Первоочередными смазочными материалами становятся трансмиссионные, гидравлические и пластичные, т.к. ресурсопределяющими узлами современных машин являются узлы, агрегаты и механизмы, расположенные снаружи машины, испытывающие высокие ударные и знакопеременные нагрузки и имеющие непосредственный контакт с почвой, водой, льдом и снегом в тяжелых дорожных условиях.

5. Актуальным становится расширение методов и методик исследования с проведением лабораторных и стендовых испытаний различных смазочных композиций с подбором оптимальных пар материалов трибосопряжений, таких как торцовые уплотнения, подшипники скольжения, сочлененные шарниры и др.

6. Для исследований смазочных композиций с функциональными добавками, с последующим гарантированным экономическим эффектом от внедрения, рекомендуется выбирать наиболее распространенные и широко используемые в машиностроительном производстве современные смазочные материалы оптимального ценового ряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усачев, В.В. Введение в проблему использования природных слоистых гемомодификаторов в трибосопряжениях / В.В. Усачев, Л.И. Погодаев, Д.М. Телух,

- В.Н. Кузьмин // Трение и смазка в машинах и механизмах. - 2010. - № 1. - С. 36-42.
2. Погодаев, Л.И. К вопросу использования природных слоистых геомодификаторов в трибосопряжениях / Л.И. Погодаев, Д.М. Телух и др. // Трение, износ, смазка. - 2014. - Т. 16 - №59. - С. 1-12.
3. Бреки, А.Д. Исследование модернизированных конструкционных смазочных материалов, содержащих мелкодисперсные частицы модификаторов трения / А.Д. Бреки, С.Г. Чулкин, Е.С. Васильева, О.В. Толочко, М.Ю. Максимов // Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер.: Машиностроение. - 2010. - 2-2(100). - С. 92-97.
4. Ващенко, А.В. Серпентины в триботехнике / А.В. Ващенко, В.В. Казарезов, И.В. Таловина, В.В. Костенко // Минералогия. - М., 2002. - №1 (4). - С. 43-50.
5. Телух, Д.М. Введение в природу использования слоистых гидросиликатов в трибосопряжениях / Д.М. Телух, В.Н. Кузьмин, В.В. Усачёв // Трение, износ, смазка. - 2009. - № 3. - С. 47-59.
6. Зимин, Д.В. Влияние микроорганизмов и геомодификатора трения на трибологические свойства консистентных смазочных материалов / Д.В. Зимин, А.Д. Бреки, Н.Е. Стариков, Д.О. Селифонтов, С.А. Семенов, Е.Б. Седакова // Научноёмкие технологии в машиностроении. - 2024. - № 3 (153). - С. 22-30.
7. Wang L. Self-repairing and tribological behaviour of steel-steel friction pairs lubricated with an oil with magnesium silicate hydrosilicate as additive / L. Wang, Y. Yang, G. Yang, G. Shui, M. Wu // Manufacturing Rev. - 2019. - 6, 1.
8. Медведева, В.В. Оценка влияния размера частиц и концентрации порошков горных пород на противоизносные свойства жидких смазочных композиций / В.В. Медведева, М.А. Скотникова, А.Д. Бреки, Н.А. Крылов, Ю.А. Фадин, А.Н. Сергеев, Д.А. Провоторов, А.Е. Гвоздев, Н.Е. Стариков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2015. - №11-1. - С. 57-65.
9. Медведева, В.В. Исследование противоизносных свойств пластичного смазочного композиционного материала, содержащего дисперсные частицы слоистого модификатора трения / В.В. Медведева, А.Д. Бреки, Н.А. Крылов, М.А. Скотникова, Ю.А. Фадин, С.Е. Александров, А.Е. Гвоздев, Н.Е. Стариков, Д.А. Провоторов, А.Н. Сергеев, Е.В. Агеев // Известия Юго-Западного государственного университета. - 2016. - №1 (64). - С. 75-82.
10. Бреки, А.Д. Противоизносные свойства пластичных смазочных композиционных материалов «Литол24-частицы гидросиликатов магнезия» / А.Д. Бреки, В.В. Медведева, Н.А. Крылов, А.Г. Колмаков, Ю.А. Фадин, А.Е. Гвоздев, Н.Н. Сергеев, С.Е. Александров, Д.А. Провоторов // Материаловедение. - 2017. - № 3. - С. 38-42.
11. Волков, В.П. Использование высокодисперсных природных гидросиликатов и наноразмерных частиц для модифицирования трущихся поверхностей / В.П. Волков, К.А. Павлов, Н.Н. Лознецова, Ю.П. Топоров // Трение и смазка в машинах и механизмах. - 2006. - №12. - С. 3-5.
12. Мардасов, А. С. Повышение долговечности подшипниковых узлов совершенствованием смазочной среды / А. С. Мардасов, Т. А. Комарова, А. А. Гвоздев // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). - 2023. - № 1. - С. 138-142.
13. Кузьмин, А. М. Влияние гидросиликата магнезия на свойства смазочного масла М8В для пар трения скольжения сталь 35 - сталь Р6АМ5 / А. М. Кузьмин, С. Г. Чулкин, А. Д. Бреки // Труды Крыловского государственного научного центра. - 2021. - № S1. - С. 295-297.
14. Jia Z.N. Influence of serpentine content on tribological behaviours of PTFE/serpentine composite under dry sliding condition / Z.N. Jia, Y.L. Yang, J. Chen, X.J. Yu // Wear. - 2010. - P. 996-1001.

15. Макаренков, А.М. Применение в триботехнике геомодификаторов трения и перспективы развития этого направления / А.М. Макаренков // Принципы и процессы создания неорганических материалов: Материалы Междунар. симп. (3 Самсоновские чтения). - Хабаровск, 2006. - С. 58-59.

16. Петров, В.М. Исследования и свойства антифрикционных препаратов на основе геомодификаторов трения к смазочным композициям / В.М. Петров, А.Ю. Шабанов, Л.И. Погодаев // Сб. трудов Третьего Международного симпозиума по транспортной триботехнике «ТРАНСТРИБО 2005». - Санкт-Петербург, 2005. - С. 250-259.

17. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник / В.С. Комбалов; под ред. К.В. Фролова, Е.А. Марченко. - М.: Машиностроение, 2008. - 384 с.

18. Дроздов, Ю.Н. Прогнозирование изнашивания с учетом механических, физико-химических и геометрических факторов / Ю.Н. Дроздов // Тяжелое машиностроение. - 2004. - №9. - С. 2-5.

19. Погодаев, Л.И. Влияние геомодификаторов трения на работоспособность трибосопряжений // Проблемы машиностроения и надежности машин. - 2005. - № 1. - С. 58-67.

20. Евграфов, И. В. Новые приемы в безразборном ремонте ДВС полиминеральными серпентиновыми препаратами / И. В. Евграфов, А. В. Дунаев // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2006. - № 4. - С. 21-24.

21. Крагельский, И.В. Основы расчётов на трение и износ / И.В. Крагельский, Н.М. Добычин, В.С. Комбалов - М.: Машиностроение. - 1977. - 526 с.

22. Кузьмин, В. Н. Работоспособность трибосопряжений при использовании смазочных композиций (СК) с добавками – минеральными геомодификаторами трения (ГМТ) // Трение, износ, смазка. - 2009. - Т. 12. - №41. - С. 15-117.

T.V. Shubina
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
Saint Petersburg, Russia, shubina@ya.ru

PROMISING RESEARCH AREAS OF LUBRICATING COMPOSITIONS WITH DISPERSE PARTICLES OF LAYERED FRICTION MODIFIER ADDITIVES IN HEAVY ENGINEERING

Abstract

The paper presents the results of the trends' analysis in the development of lubricants with friction modifiers for use in mechanical engineering products that have been operated for a long time at low ambient temperatures (from minus 40 ° C to minus 60 ° C), and promising areas of research for the creation of modern lubricants based on the results of the analysis of well-known scientific studies of recent years.

Keywords: serpentinite, friction modifiers, lubricating compositions, wear, low temperature.