

DOI 10.36074/30.10.2020.v1.35

ФОРМИРОВАНИЯ МАСЛЯНОЙ ПЛЕНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ ТРИБОСИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ФУЛЛЕРЕНОВ В СМАЗОЧНОМ МАТЕРИАЛЕ

ORCID ID: 0000-0003-3103-6594

Кравцов Андрей Григорьевич

канд. техн. наук, декан факультета технологических систем и логистики,
доцент кафедры технологических систем и логистики

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенка*

ORCID ID: 0000-0002-5626-131X

Войтов Антон Викторович

канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры деревообрабатывающих
технологий и системотехники лесного комплекса

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенка*

УКРАЇНА

Актуальность проблемы. На сегодняшний день большой интерес вызывает применение нанокремниевых присадок и добавок (фуллеренов C_{60}). В ряде работ представлены результаты исследований влияния фуллереновых добавок к смазочным материалам на процессы трения и изнашивания металлов и сделан вывод о перспективности использования таких добавок. Сложность экспериментальных исследований влияния фуллереновых добавок состоит в том, что невозможно исследовать механизмы взаимодействия активных элементов в смазочной среде в процессе трения и их взаимодействие с поверхностью трения. При этом, поверхность трения в процессе работы трибосистемы, под действием пластической и упругой деформаций шероховатостей и материала поверхностного слоя, выступает в качестве «генератора электростатического силового поля», что оказывает влияние на упорядочение структуры тонкой масляной пленки и определяет ее прочность и толщину.

Анализ публикаций по данной проблеме. Анализ работ, посвященных применению фуллеренов, как добавок к смазочным материалам, позволяет сделать вывод, что фуллерены не диспергируются во всех технических маслах, как минеральных так и синтетических [1-3]. Это один из больших недостатков фуллеренов. Однако, фуллерены хорошо диспергируются по объему в растительных маслах, особенно высокоолеиновых [4]. Следовательно, используя данное явление можно предварительно диспергировать фуллерены в высокоолеиновом растительном, например, рапсовом масле, а затем ввести данную композицию в смазочный материал. Таким образом можно реализовать механизм мицеллообразования вблизи электростатически заряженной поверхности трения, которая выступает как «генератор электростатического силового поля», что позволит создать прочные поверхностные слои.

В работах [5, 6] выполнены теоретические исследования формирования масляной пленки на поверхности трения при введении фуллеренов в растительное масло с последующим введением в смазочный материал.

Методический подход при разработке модели. В процессе работы трибосистемы поверхности трения, вследствие пластической и упругой деформации поверхностных слоев материала, накапливают поверхностную энергию, размерность Дж/м², которую можно представить как поверхностную плотность заряда, размерность Кл/м².

Данные физические величины зависят от следующих параметров: конструкции трибосистемы (площадей трения и объемов под площадями трения подвижных и неподвижных трибозащитных элементов); структуры материалов трибозащитных элементов (внутреннее трение структуры материала, модуль упругости, коэффициент Пуассона); трибологических свойств базовой смазочной среды; шероховатости поверхности трения и среднего шага неровностей (Ra , Sm); нагрузки и скорости скольжения. Перечисленные параметры позволяют определить плотность заряда, который накапливается на поверхности трения трибосистемы в процессе работы и рассчитать напряженность электростатического поля поверхности трения [5, 6].

В зависимости от конструкции трибосистемы и режимов ее работы напряженность электростатического поля будет изменяться. Следовательно, поверхность трения трибосистемы можно представить в виде «генератора электростатического силового поля», размерность В/м, величина которого будет оказывать силовое воздействие на смазочную среду, находящуюся вблизи поверхности трения и формировать структуру и толщину смазочной пленки.

Результаты исследований. Увеличение количества агрегатов (кластеров и мицелл) в объеме смазочного материала увеличивает суммарную напряженность электростатического поля смазочной пленки $E_{ж}$, которая формируется под действием электростатического поля поверхности трения $E_{п}$. При этом, применяя «растворитель» для фуллеренов в виде высокомолекулярных кислот, можно добиться увеличения количества агрегатов более чем на порядок. Объясняется это тем, что при применении «растворителя» молекулы фуллерена в меньшей степени образуют в смазочном материале кластеры, а начинают активно образовывать мицеллы, что доказано в работе [1]. Ядром мицеллы выступает единичная молекула фуллерена или кластер из нескольких молекул фуллеренов с присоединенными к ядру полярными молекулами высокомолекулярной кислоты, например, олеиновой.

Необходимо отметить, что глубина проникновения электростатического поля в смазочный материал Z не превышает 2 мкм. Согласно результатам проведенного численного анализа при $Z = 2$ мкм величина суммарного электростатического поля уменьшается от 100% до 13%.

Выводы

Из анализа процесса взаимодействия электростатических полей установлено, что введение фуллеренов, без предварительного диспергирования, в базовый смазочный материал, не приносит большого эффекта. Показано, что применение «растворителей» фуллеренов, в качестве которых могут выступать высокоолеиновые растительные масла, способствует мицеллообразованию в растворе, где ядром мицеллы является молекула фуллерена, окруженная молекулами олеиновой кислоты.

Установлено, что электростатическое поле поверхности трения является движущей силой для формирования электростатического поля в объеме масляной пленки, которая адсорбирована на поверхности трения.

Список использованных источников:

- [1] Безмельницын, В. Н., Елецкий, А. В., & Окунь, М. В. (1998). Фуллерены в растворах // *Успехи физических наук*, (11), 1195—1220.
- [2] Гинзбург, Б. М., Байдакова, М. В., Киреенко, О. Ф., Точильников, Д. Г., & Шепелевский, А. А. (2000). Влияние фуллерена C60, фуллереновых саж и других углеродных материалов на граничное трение скольжения металлов. *Журнал технической физики*, 70(12), 87-97.
- [3] Яхьяев, Н. Я., Бегов, Ж. Б., & Батырмурзаев, Ш. Д. (2009). Новая смазочная композиция для модификации поверхностей трибосопряжений судового малоразмерного дизеля. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология*, (1), 47-52.
- [4] Семенов, К. Н., Чарыков, Н. А., Арапов, О. В., Проскурина, О. В., Тарасов, А. О., Строгонова, Е. Н., & Сафьянников, Н. М. (2010). Растворимость легких фуллеренов в некоторых эфирных и растительных маслах. *Химия растительного сырья*, (2), 147—152.
- [5] Кравцов, А. Г. (2017). Разработка математической модели взаимодействия электрически активных гетерогенных мелкодисперсных систем на границе раздела поверхность трения—смазочная среда. *Проблемы трибологии*, (3), 89-99.
- [6] Кравцов, А. Г. (2018). Моделирование формирования масляной пленки на поверхности трения при наличии фуллереновых добавок в смазочном материале и ее влияние на скорость изнашивания трибосистем. *Problems of Tribology*, 87(1), 69-77.