УДК.621.892

ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩАЯ УГЛЕРОДНАЯ НАНОКОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

IMPORT-SUBSTITUTING CARBON NANOCOMPOSITION FOR LUBRICANTS

Зубер Виталий Игоревич
генеральный директор
Новокуйбышевского НПЗ,
ПАО Нефтяная компания Роснефть

Нигматуллин Ришат Гаязович
доктор технических наук, профессор,
Уфимский государственный
авиационный технический университет
nigmatullin@himmotolog.ru

Нигматуллин Ильшат Ришатович
кандидат технических наук,
директор департамента проектирования,
Институт нефтехимпереработки
Республики Башкортостан
ilshat@oildesign.ru

Аннотация. Приведены показатели противозадирных и противоизносных свойств, полученные на четырехшариковой машине трения (ЧШМ) по ГОСТ 9490-75 для пластичных смазочных материалов (ПСМ), модифицированных графитом и углеродной композицией, а также моторного масла, модифицированного дисульфидом молибдена и углеродной нанокомпозицией. Установлено, что модифицирование смазочных материалов углеродной композицией обеспечивает работу узла трения в экстремальных условиях.

Ключевые слова: углеродная нанокомпозиция, смазка, моторное масло, нагрузка сваривания, критическая нагрузка, пятно износа, адгезионное взаимодействие, давление, температура.

Zuber Vitaly Igorevich
CEO Novokuibyshev Refinery,
PJSC Rosneft Oil company

Nigmatullin Rishat Gayazovich
Doctor of technical science, Professor,
Ufa state aviation technical university
nigmatullin@himmotolog.ru

Nigmatullin Ilshat Rishatovich
Candidate of technical sciences,
Director of the department of design,
Institute of petrochemical processing
Republic of Bashkortostan
ilshat@oildesign.ru

Annotation. The indexes of extreme pressure lubricant and wear-preventive property for tender lubricant materials are given in research article. Lubricants are modified by carbon and carbonic carcasses. Indexes are discovered with four-ball machine according to All-Union State Standard 9490-75. Lubricants were subjected to temperature and pressure changes. This way we checked lubricants for the resistance of adhesion bond on shear and molecular quality coefficient of friction. It was discovered that modification of lubricants by carbonic carcasses provides preferable quality in extremely friction conditions.

Keywords: nanocarbonic carcass, plastic lubrication, loading weldability, critical load, wear spot, strength of adhesive communications on shear, adhesive component coefficient of friction, pressure, temperature.

Введение

Современные смазочные материалы, включая моторные масла, производимые в России в основном с использованием импортных присадок и наполнителей, представляют собой, как правило, сложные многокомпонентные системы, отвечающие комплексу требований к их технологическим и эксплуатационным свойствам. Опыт зарубежных и отечественных производственных предприятий показывает, что рациональное применение смазок в узлах агрегатов машин позволяет повысить их надежность, долговечность, износостойкость, экономичность и коэффициент полезного действия; в технологических процессах механической обработки позволяет повысить производительность труда, уменьшить материало- и энергозатраты, улучшить качество обработанной поверхности деталей и санитарно-гигиенические условия труда.

Широкое применение в тяжелонагруженных узлах трения машин и механизмов, работающих при повышенных температурах, а также в технологических операциях холодной обработки металлов давлением (высадке, калибровании, листовой вытяжке и т.п.) нашли смазочные материалы, содержащие различного рода наполнители и присадки, как правило, импортные. В современных моторных маслах с присадками также используются такие наполнители как дисульфид молибдена и фторопласт.

Теоретическая часть

Наполнители и присадки предупреждают заедание и интенсивный износ трущихся поверхностей при экстремальных и умеренных режимах трения [1]. Наполнители, как правило, адсорбируются или хемосорбируются на трущихся поверхностях, а противоизносные присадки в основном химически взаимодействуют с металлом, образуя прочные граничные пленки. Эти пленки противодействуют накоплению остаточных деформаций и разрушению (изнашиванию) контактных поверхностей. В результате размеры и форма контактирующих металлических деталей изменяются мало или совсем не изменяются.

Установлено, что эффективность противоизносных присадок зависит от наличия в их молекулах «активных» химических элементов (серы, хлора, азота и т.д.).

Нами разработана углеродная композиция из отработанного комплекса после очистки бензина коксования. На рисунке 1 показано электронное изображение ее структуры до измельчения. Полученную порошкообразную углеродную композицию размельчали до наноразмеров посредством ультразвуковой обработки в органическом растворителе. После регенерации растворителя и сушки углеродную композицию использовали одновременно в качестве наполнителя и присадки в приготовленных образцах смазочных материалов, формирующих граничные пленки типа сульфидов, хлоридов и т.п., по ступенчатому механизму: адсорбация на металлической поверхности; хемосорбция; термическая деструкция активных компонентов и металлоорганических соединений с образованием простейших серо-, хлор- и фосфосодержащих соединений.

Проявление той или иной ступени при образовании смазочных пленок зависит от ряда факторов, среди которых можно выделить температуру. Учитывая ступенчатость действия активных компонентов смазочных материалов и решающее влияние температуры, можно, исходя из реальных температур в зоне трения и известных температурных триботехнических характеристик смазочного материала, целенаправленно решать вопросы выбора оптимального состава смазочного материала для конкретных условий работы, особенно в дорогостоящей технике, как правило, импортной.

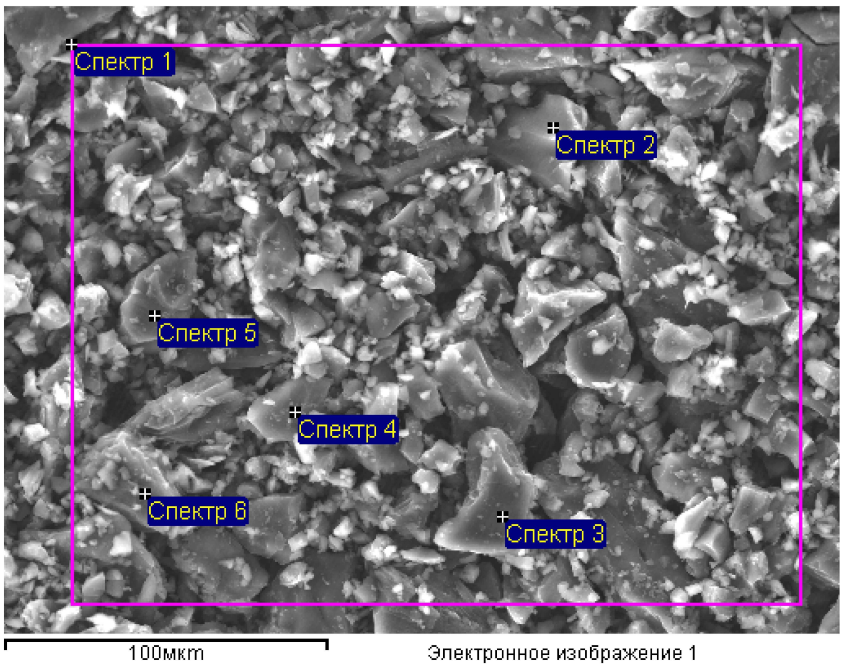

Рисунок 1 – Структура углеродной композиции до измельчения

При всем многообразии наполнителей (присадок), используемых для модификации ПСМ, до настоящего времени не исследована с учетом давления и температуры на контактных поверхностях возможность применения одновременно в качестве наполнителя и присадки углеродной нанокомпозиции, являющейся, по существу, комплексным материалом, содержащим в связанном виде химические элементы, которые повышают противозадирные и противоизносные свойства смазочного материала: углерод, серу, фосфор и др.

В процессе испытаний смазочных материалов в узлах трения нанокомпозиция выполняла роль присадок и наполнителей, которые в процессе эксплуатации формируют граничные пленки типа сульфидов, хлоридов и т.п., по ступенчатому механизму.

Методика исследования

Противоизносные и противозадирные свойства смазочных материалов определяли на ЧШМ по ГОСТ 9490-75. Противоизносные свойства оценивали показателем износа (D_u), который определяли как среднее арифметическое значение диаметров пятен износа трех нижних шариков после использования в течение одного часа при нагрузке 0,4 кН.

Противозадирные свойства оценивали критической нагрузкой задира $P_{кр}$, нагрузкой сваривания $P_{св}$ и индексом задира $И_з$. Эти показатели характеризуют предельную работоспособность смазочного материала и способность изменять изнашивание трущихся поверхностей при изменении нагрузки.

Исследование эффективности смазочных материалов в процессе прямого выдавливания проводили по методике [2]. Испытания при выдавливании проводили на цилиндрических образцах диаметром 5 мм, длиной 15 мм, из стали 10 с различными смазочными материалами. Оснастка представляет собой корпус, набор вставок (матриц) с различными степенями обжатия и углом конуса 45º, пуансона и выталкивателей. Инструмент изготовлялся из стали Р6М5. Степень относительной де-

формации составляла от 0 до 80 %. Скорость деформирования 50 мм/мин. Оценку эффективности смазочных материалов выполняли по величине сил (на рисунке – усилие) деформирования и выталкивания. Чем меньше величина усилия, тем эффективнее применяемый смазочный материал. Величина силы выталкивания деформированной заготовки из полости матрицы косвенно характеризует, с одной стороны, степень экранирующей способности смазочного материала и, с другой стороны, величину адгезионного взаимодействия (прилипание, схватывание) материалов заготовки и инструмента.

Исследовали триботехнические характеристики следующих смазочных материалов: на основе высоковязкого минерального масла, модифицированного графитом и углеродной нанокомпозицией и на основе синтетического моторного масла Nissan SAE 5W40, модифицированного дисульфидом молибдена и углеродной нанокомпозицией [3].

При приготовлении смазочного материала углеродную нанокомпозицию смешивали с минеральным маслом до пастообразного состояния. Аналогичным образом приготавливали смазочный материал с коллоидным графитом. Также для испытания приготовили моторное масло Nissan SAE 5W40 с дисульфидом молибдена и моторное масло Nissan SAE 5W40 с углеродной нанокомпозицией. Полученные смазочные материалы исследовали для сравнения результатов.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные экспериментальные результаты по противозадирным и противоизносным характеристикам испытываемых смазочных материалов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Противозадирные и противоизносные характеристики смазочных материалов

Испытываемый смазочный материал	Триботехнические характеристики			
	$P_{кр}$, Н	$P_{св}$, Н	$И_з$	$D_и$, мм
Смазочный материал, модифицированный коллоидным графитом	84	447	70,06	0,82
Смазочный материал, модифицированный углеродной нанокомпозицией	106	562	94,16	0,6

Таблица 2 – Противозадирные и противоизносные характеристики моторного масла

Испытываемое моторное масло	Триботехнические характеристики			
	$P_{кр}$, кгс	$P_{св}$, кгс	$И_з$	$D_и$, мм
Nissan SAE 5W40	80	250	46,8	0,76
Nissan SAE 5W40, модифицированное дисульфидом молибдена	84	315	58,3	0,58
Nissan SAE 5W40, модифицированное углеродной нанокомпозицией	94	315	71,1	0,56

Из таблиц 1 и 2 видно, что углеродная нанокомпозиция обеспечивает смазочному материалу и моторному маслу Nissan SAE 5W40 более высокие противозадирные и противоизносные триботехнические характеристики по сравнению с коллоидным графитом и дисульфидом молибдена.

Результаты сравнительных испытаний образцов смазок на графите (№ 1) и на углеродной нанокомпозиции (№ 2) по величине сил деформирования и выталкивания, характеризующих величину адгезионного взаимодействия материалов заготовки и инструмента, приведены рисунках 2 и 3.

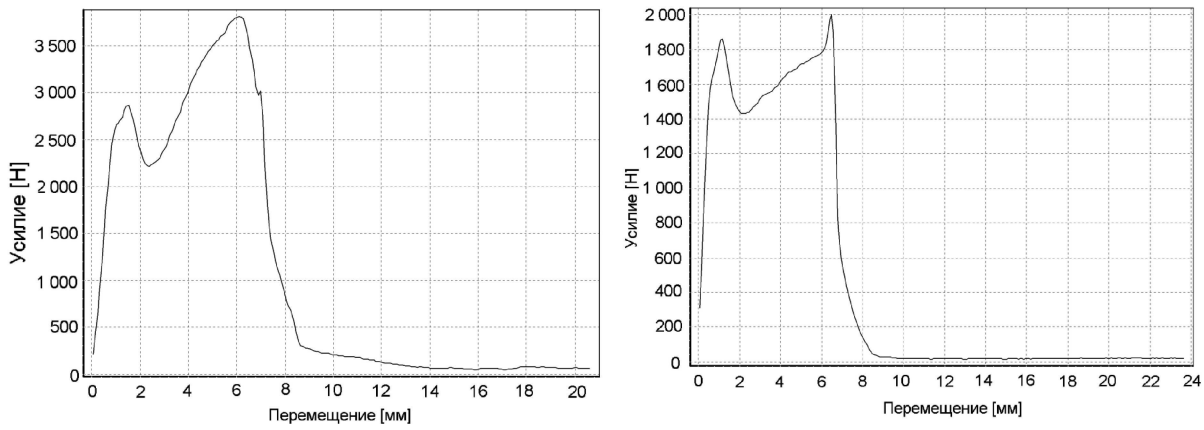

Рисунок 2 – Сила выталкивания для образцов № 1 (слева) и № 2 (справа)

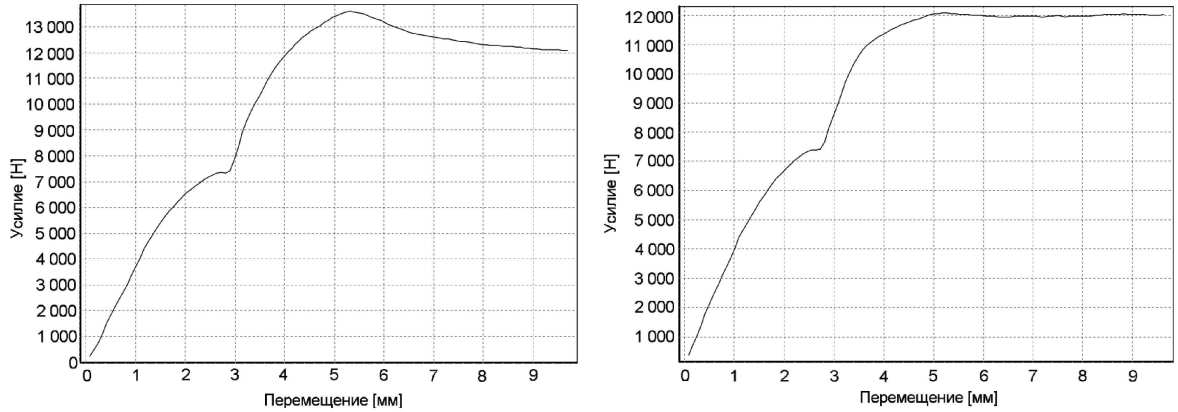

Рисунок 3 – Сила деформирования для образцов № 1 (слева) и № 2 (справа)

Из рисунков 2 и 3 видно, что при испытании образцов смазочных материалов в процессе прямого выдавливания образец смазки № 2 на углеродной нанокомпозиции обеспечил эффективное разделение контактирующих поверхностей инструмента и заготовки: силы выталкивания и деформирования понизились на 1840 Н и 1800 Н соответственно.

Вывод

Углеродная нанокомпозиция является весьма перспективным импортозамещающим материалом для использования в качестве модифицирующего наполнителя-присадки, существенно улучшает триботехнические характеристики смазочных материалов.

Литература:

1. Остриков В.В., Тупотилов Н.Н., Корнев А.Ю. Влияние углеродных примесей на смазывающую способность моторных масел // Химия и технология топлив и масел. – 2006. – № 6. – С. 22–23.
2. Шолом В.Ю. Методология исследований триботехнических характеристик и выбора смазочных материалов для процессов холодной обработки металлов давлением / В.Ю. Шолом, В.С. Жернаков, А.Н. Абрамов // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2016. – N 4. – С. 10–15.
3. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости : Справочник / под ред. В.М. Школьникова. – М. : Издательский центр «Техинформ», 1999. – Изд. 2-е перераб. и доп. – 596 с.

References:

1. Ostrikov V.V., Tupotilov N.N., Kornev A.Yu. Influence of carbon impurity on the greasing ability of engine oils // Chemistry and technology of fuels and oils. – 2006. – No. 6. – P. 22–23.
2. Sholom V.Yu. Methodology of researches of tribotechnical characteristics and the choice of lubricant materials for processes of cold processing of metals pressure / V.Yu. Sholom, V.S. Zhernakov, A.N. Abramov // Forge and forming production. Processing of materials pressure. – 2016. – N 4. – P. 10–15.
3. Fuels, lubricants, technical liquids : The reference book / under the editorship of V.M. Shkolnikov. – M. : Publishing center «Tekhinform», 1999. – Prod. 2nd reslave and additional – 596 p.