

СЕКЦИЯ 1

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ С ВОССТАНОВЛЕНИЕМ И УПРОЧНЕНИЕМ

УДК 621.892

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ДУДАН А. В., ВИГЕРИНА Т. В., ПИЛИПЁНОК И. И.

**(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой;
г. Новополоцк, Республика Беларусь)**

В статье приведены исследования износостойкости пары трения скольжения «сталь–бронза». Определены коэффициенты полинома четвертой степени, позволяющие рассчитать величину массового износа и коэффициент трения на любом участке трения для различных смазочных материалов.

Ключевые слова: *пластичные смазочные материалы, массовый износ, транспортные средства, трение скольжения.*

Износ пар трения скольжения обуславливает значительную часть эксплуатационных отказов и ведёт к затратам на ремонтные мероприятия, вынужденным остановкам оборудования и снижению общей производительности. Современные оценки показывают, что до 80 % механических отказов вызваны именно износом, особенно в условиях высоких нагрузок, вибраций, загрязнений и агрессивных внешних воздействий.

В настоящее время с целью повышения противоизносных и антифрикционных свойств пластичных смазочных материалов применяют их модифицирование нано- и микроразмерными добавками. При этом на поверхности изделия образуется сплошная, покрывающая всю поверхность пленка, которая предотвращает непосредственный контакт микровыступов шероховатостей, что снижает фрикционный контакт.

Модифицирование смазок наноразмерными добавками позволяет адаптировать материал под условия конкретного применения. В качестве таких добавок применяются наноразмерные оксиды металлов, фуллерены, нитриды, слоистые силикаты, графеновые фрагменты и ультрадисперсные алмазы. Эти компоненты обладают высокой реакционной способностью, способствуют формированию прочных защитных плёнок на металлических поверхностях, повышают теплопроводность и улучшают термостабильность смазки [1–4].

Применение приработочных препаратов при ремонте машин и механизмов позволяет интенсифицировать приработку, тем самым сократить продолжительность этапа приработки и продлить зону установившегося режима изнашивания. За счёт этого уменьшается число отказов машин и механизмов в период эксплуатации и повышается их срок службы. В качестве приработочных составов используют смазочные составы, содержащие твердые компоненты (алмазный порошок, карбиды, оксиды кремния и др.), полимеры [4].

Целью работы являлось исследование влияния микроразмерных добавок, вводимых в пластичные смазочные материалы и получение уравнений позволяющих определить массовый износ и коэффициент трения для различных смазочных материалов.

Для определения зависимости влияния нагрузочно-скоростных режимов трибозаимодействия были использованы следующие пластичные смазки:

- комплексная сульфонат кальциевая смазка с добавкой фторопласта и вязкостной присадкой (ВП), которая за счет введения в состав мелкодисперсного фторопласта улучшает антифрикционные характеристики, повышает устойчивость в агрессивных средах (концентрированные кислоты и щелочи).

- OIMOL KSC WR2, комплексная сульфонат кальциевая смазка (ТУ ВУ 190410065.017-2014), полученная на основе минерального масла КС-19. Смазка характеризуется высокими противозадирными свойствами, водостойкостью, термической стойкостью, уникальной механической стабильностью, улучшенными антиокислительными и антикоррозионными характеристиками [4, 5].

- ИТМОЛ-150Н, многоцелевая универсальная антифрикционная комплексная литиевая смазка общего назначения. Может использоваться как закладная в подшипниках качения закрытого типа.

- ИТМОЛ-150Н +3 % ВН, комплексная литиевая смазка общего назначения с добавлением микроразмерных компонентов в виде нитрида бора, снижающего сопротивление трения. Нитрид бора, особенно в микроразмерной форме (например, гексагональный нитрид бора, h-BN), обладает уникальными трибологическими свойствами, которые делают его исключительно перспективным для применения в смазочных материалах.

- Литол-24, серийно выпускаемая литиевая пластичная смазка ГОСТ 21150-87. Достаточно долговечна, обладает хорошей стабильностью эксплуатационных свойств, используется для смазывания большинства узлов автомобиля высокоскоростных и сильнонагруженных.

По результатам экспериментальных исследований для полинома четвертой степени были рассчитаны коэффициенты, позволяющие определить массовый износ в любой точке пути трения (табл. 1),

$$\Delta m_n = k_1 + k_2 L + k_3 L^2 + k_4 L^3 + k_5 L^4, \quad (1)$$

где L – путь трения, м;

$k_{1,2...n}$ – коэффициенты полинома;

Δm_n – массовый износ, гр.

Таблица 1. – Коэффициенты полинома для пластичных смазочных материалов при расчете массового износа

Пластичные смазочные материалы		Давление, МПа	Коэффициенты			
			k_1	k_2	k_3	k_4
Комплексная сульфонат кальциевая смазка + фторопласт +	ролик	3	$2,56 \times 10^{-5}$	$-6,899 \times 10^{-8}$	$7,956 \times 10^{-12}$	0
		6	0,00251	$-1,267 \times 10^{-7}$	$-6,087 \times 10^{-11}$	$6,055 \times 10^{-15}$
	контртело	3	-0,00699	-4×10^{-6}	$6,604 \times 10^{-10}$	$-2,03 \times 10^{-14}$
		6	-0,00181	$5,64 \times 10^{-6}$	$-3,797 \times 10^{-10}$	0
OIMOL KSC WVR2	ролик	3	-1×10^{-4}	$9,36 \times 10^{-8}$	$-4,41 \times 10^{-12}$	0
		6	$-2,59 \times 10^{-4}$	$1,619 \times 10^{-7}$	$-6,02 \times 10^{-12}$	0
	контртело	3	$-3,6 \times 10^{-4}$	$-1,6 \times 10^{-6}$	$2,576 \times 10^{-10}$	$-6,3 \times 10^{-14}$
		6	-0,021	$1,79 \times 10^{-6}$	$-2,2 \times 10^{-9}$	$6,89 \times 10^{-14}$
ИТМОЛ-150Н	ролик	3	0,0002	-9×10^{-10}	-1×10^{-13}	3×10^{-17}
		6	-3×10^{-4}	9×10^{-7}	-1×10^{-10}	$6,27 \times 10^{-15}$
	контртело	3	-6×10^{-4}	-2×10^{-7}	3×10^{-11}	$-1,3 \times 10^{-15}$
		6	0,0015	-1×10^{-6}	2×10^{-10}	$-6,9 \times 10^{-15}$
ИТМОЛ -150Н+ВН	ролик	3	4×10^{-5}	-2×10^{-8}	2×10^{-11}	$-1,1 \times 10^{-15}$
		6	0,0002	2×10^{-7}	-8×10^{-12}	0
	контртело	3	0,0012	1×10^{-6}	-2×10^{-10}	$5,72 \times 10^{-15}$
		6	-0,013	2×10^{-6}	1×10^{-12}	$-2,7 \times 10^{-15}$
Литол-24	ролик	3	0,003621	$5,354 \times 10^{-4}$	$-6,533 \times 10^{-7}$	$2,837 \times 10^{-10}$
	контртело	6	0,003684	$4,773 \times 10^{-4}$	$-5,66 \times 10^{-7}$	$2,408 \times 10^{-10}$

Для определения коэффициента трения для любого участка пути трения образца по результатам экспериментальных исследований для полинома четвертой степени были также рассчитаны коэффициенты (табл. 2),

$$f_n = k_1 + k_2 L + k_3 L^2 + k_4 L^3 + k_5 L^4 \quad (2)$$

где L – путь трения, м;

$k_{1,2...n}$ – коэффициенты полинома;

f_n – коэффициент трения, гр.

Таблица 2. – Коэффициенты полинома для пластичных смазочных материалов при расчете коэффициента трения

Пластичные смазочные материалы	Давление, МПа	Коэффициенты				
		k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
Комплексная сульфонат кальциевая смазка + фторопласт + ВП	3	0,001006	$2,739 \times 10^{-4}$	$-3,604 \times 10^{-7}$	$1,685 \times 10^{-10}$	$-2,576 \times 10^{-14}$
	6	-0,001284	$1,675 \times 10^{-4}$	$-1,798 \times 10^{-7}$	$7,382 \times 10^{-11}$	$-1,03 \times 10^{-14}$
OIMOL KSC WR2	3	$5,28 \times 10^{-4}$	$1,814 \times 10^{-4}$	$-2,277 \times 10^{-7}$	$1,115 \times 10^{-10}$	$-1,806 \times 10^{-14}$
	6	$5,952 \times 10^{-4}$	$1,02 \times 10^{-4}$	$-6,081 \times 10^{-8}$	$1,133 \times 10^{-11}$	0
Литол-24	3	0,003621	$5,354 \times 10^{-4}$	$-6,533 \times 10^{-7}$	$2,837 \times 10^{-10}$	$-4,103 \times 10^{-14}$
	6	0,003684	$4,773 \times 10^{-4}$	$-5,66 \times 10^{-7}$	$2,408 \times 10^{-10}$	$-3,424 \times 10^{-14}$
ИТМОЛ-150Н	3	6×10^{-5}	2×10^{-8}	3×10^{-12}	0	0
	6	-3×10^{-4}	9×10^{-7}	-1×10^{-10}	$6,27 \times 10^{-15}$	0
ИТМОЛ-150Н +3 % NB	3	8×10^{-5}	1×10^{-7}	-5×10^{-12}	0	0
	6	0,0002	2×10^{-7}	-8×10^{-12}	0	0

Выводы. На основе проведенных исследований установлено, что вводимые микроразмерные добавки снижают интенсивность изнашивания пар трения скольжения. Проведенные испытания свидетельствует о высоком уровне триботехнических свойств предложенных смазочных материалов в условиях высоких удельных нагрузок. Также для исследуемых пластичных смазочных материалов на основании полученных экспериментальных данных рассчитаны коэффициенты полинома 4-й степени, позволяющие рассчитать величину массового износа и коэффициент трения на любом участке трения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Витязь, П.А. // Триботехнические свойства пар трения в среде консистентной смазки, модифицированной ультрадисперсными алмазами / П.А. Витязь, В.И. Жорник, В.А. Кукареко, Л.П. Пилинеч, Г.А. Шеко // Порошковая металлургия (Минск). – 2001. – № 24. – С. 34–39.]
2. Жорник В.И. Влияние наноразмерных добавок на формирование дисперсной фазы пластичных смазок // Вестник Витебского государственного технологического университета. Химическая технология и экология. – 2013. – С. 82–89.
3. Смазочные масла и смазки, содержащие наночастицы: заяв. US WO2006119502 США, МПК7 C10M159/24 / J.A. Waynick; заявитель Южнозападный НИИ. — Оpubл. 09.11.2006 // Изобретения стран мира: реф. журнал. — 2007. — № 11(44). — С. 32.

4. Витязь П.А. [и др.] Наноалмазы детонационного синтеза: получение и применение / под общ. ред. П.А. Витязь. Минск: Беларус. навука. 2013. – 381 с.
5. Иванов, В.П. Влияние пластичной смазки с модифицирующими добавками на триботехнические характеристики пары трения скольжения «сталь–бронза» / В.П. Иванов, А.В. Дудан, Т.В. Вигерина // Технический сервис машин. – 2023. – Т. 61, N 4(153). – С. 103–108.