

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ С ГЕТЕРОГЕННОЙ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗОЙ ДЛЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

В.И. ЖОРНИК, А.В. ИВАХНИК, А.В. ЗАПОЛЬСКИЙ
*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
Минск, Беларусь*

На примере литиевой смазки показана перспективность применения пластичных смазок с гетерогенной дисперсной фазой в тяжело нагруженных и высокотемпературных узлах трения, что обусловлено их более высокими нагрузочной способностью и термостойкостью, а также улучшенной механической и коллоидной стабильностью по сравнению со смазками аналогичного состава, имеющими одинарную дисперсную фазу.

Ресурс тяжело нагруженных и высокотемпературных узлов трения мобильных машин и технологического оборудования в значительной степени определяется нагрузочной способностью и термической стойкостью используемых в них смазочных материалов, в качестве которых в широко используются пластичные смазки. Пластичные смазочные материалы (ПСМ) представляют собой сложные композиции, в состав которых входят: дисперсионная среда (ДС) – нефтяные, синтетические и растительные масла или любая жидкость, обладающая смазочными свойствами; дисперсная фаза (ДФ) (загуститель) – соли высокомолекулярных кислот (мыла), твердые углеводороды и др.; наполнители в виде присадок (маслорастворимых веществ) или добавок (нерастворимых в масле мелкодисперсных твердых компонентов, например, порошков графита, дисульфида молибдена, мягких металлов и др.). Дисперсионная среда является основным компонентом пластичной смазки и составляет 75–95% ее массы. Дисперсная фаза (загуститель) создает пространственный каркас, удерживающий за счет адсорбционных сил дисперсионную среду. Наполнители улучшают различные функциональные свойства пластичной смазки [1].

Формирование структуры ДФ ПСМ проходит в две стадии: а) образование первичных мицелл (центров кристаллизации), их рост и развитие до макроассоциатов определенных размеров; б) взаимодействие образующихся макроассоциатов друг с другом с появлением трехмерной

объемной структуры ДФ. Эффективными модификаторами смазочных материалов являются наноразмерные добавки различной природы, однако их введение в ПСМ представляет значительную технологическую сложность, связанную с трехмерной структурой ДФ пластичных смазок и склонностью наночастиц к агрегированию. При введении наночастиц, например, ультрадисперсных частиц алмазно-графитовой шихты ША-А, в ПСМ на стадии охлаждения после образования волокнистого структурного каркаса ДФ смазки, например, из 12-оксистеарата лития (12-LioSt), частицы добавки остаются свободно мигрирующими в ДС (масле) с возможностью объединяться в агрегаты (рис. 1, *а*).

Повысить эффективность применения наноразмерного модификатора можно путем его введения в реакционную массу до начала процесса кристаллизации ДФ (физический принцип модифицирования) или синтезируя его непосредственно в процессе образования элементов ДФ (химический принцип модифицирования) [2]. В этом случае формирование структурного каркаса протекает с участием наночастиц модификатора, и рост волокон ДФ идет от их поверхности. В результате формируется более разветвленный, с большей прочностью и маслоудерживающей способностью каркас, имеющий гетерогенную структуру, включающую волокна, образованные солью высокомолекулярной кислоты, например, 12-оксистеаратом лития (12-LioSt), и закрепленные в них частицы модификатора. В качестве такого модификатора могут выступать, например, ультрадисперсные частицы алмазно-графитовой шихты (ША-А) (рис. 1, *б*) или частицы расширенного графита (РГ) (рис. 1, *в*).

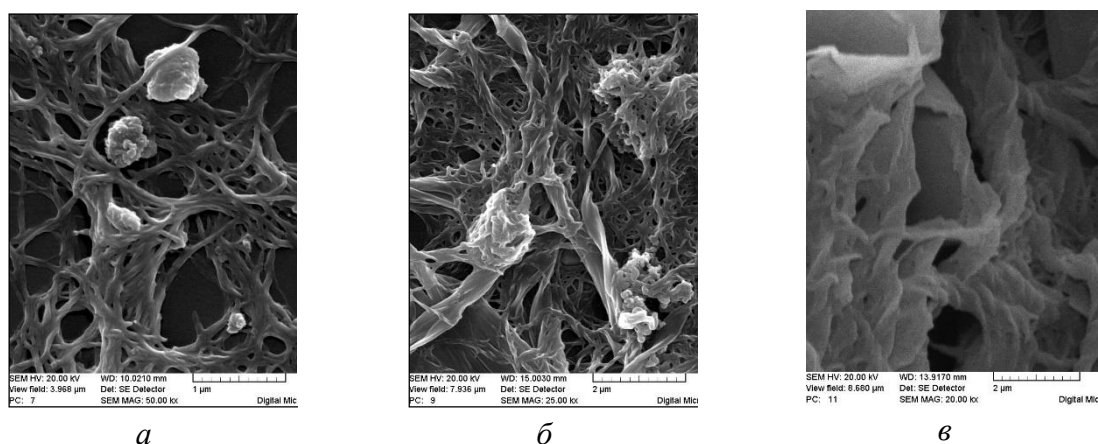


Рисунок 1. – Микроструктура пластичной смазки с одинарной дисперсной фазой 12-LioSt с добавкой частиц ША-А (*а*) и с гетерогенной дисперсной фазой 12-LioSt – ША-А (*б*) и 12-LioSt – РГ (*в*)

В таблице приведено сопоставление параметров смазочной композиции, полученной путем подмешивания добавки расширенного графита (3 масс.%) в состав литиевой смазки со сформированной одинарной мыльной дисперсной фазой 12-LioSt (смазка 1), и литиевой смазки с гетерогенной дисперсной фазой 12-LioSt–РГ, полученной по физическому принципу модифицирования и также содержащей 3 масс.% расширенного графита (смазка 2). Анализ приведенных данных показывает, что нагрузка сваривания для смазки с гетерогенной дисперсной фазой увеличилась с 2600 до 3400 Н, показатель коллоидной стабильности улучшился в три раза (маслоотделение сократилось с 12 до 4 %), значительно возросла механическая стабильность (изменение числа пенетрации у смазки 2 после 100000 циклов нагружения составило 25 ед., а для смазки 1 оно соответствовало 150 ед.). Следует также отметить, что смазка 2 благодаря гетерогенности дисперсной фазы приобрела уникальную термостойкость. Так, у литиевой смазки с одинарной дисперсной фазой 12-LioSt с добавкой частиц РГ температура каплепадения составляет порядка 200 °С, в то время как у смазки с гетерогенной дисперсной фазой 12-LioSt–РГ она превысила 300 °С.

Таблица. – Параметры литиевых смазок с одинарной и гетерогенной дисперсной фазой, содержащих частицы расширенного графита

Номер смазки	Тип дисперсной фазы	Пенетрация, $\cdot 10^{-1}$ мм	Предел прочности, Па, при 20 °С	Коллоидная стабильность, %	Эффективная вязкость при 0 °С и среднем градиенте скорости деформации 10 с ⁻¹ , Па·с.	Температура каплепадения, °С	Изменение пенетрации после 100000 ударов, 10 ⁻¹	Нагрузка сваривания, Н	Доля свободной щелочи в пересчете на NaOH, %	Кислое число, мг/г КОН	Коррозионное воздействие на металлы
Смазка 1	одинарная	185	1320	12	120	200	150	2600	отс	15	не выдерживает
Смазка 2	гетерогенная	260	820	4	240	> 300	25	3400	< 0,1	отс.	выдерживает

Таким образом, приведенные результаты исследований показывают перспективность применения пластичных смазок с гетерогенной дисперсной фазой в тяжело нагруженных и высокотемпературных узлах трения мобильных машин и технологического оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ищук, Ю.Л. Состав, структура и свойства пластичных смазок / Ю.Л. Ищук. – Киев: Наукова думка, 1996. – 516 с.
2. Жорник, В. И. Взаимосвязь структуры дисперсной фазы пластичных смазок с их механической стабильностью / В. И. Жорник, А. В. Ивахник, В. П. Ивахник, М. А. Бухтилова // Актуальные вопросы машиноведения. – 2016. – Вып. 5. – С. 341–345.

**Объединенный институт машиностроения
Национальной академии наук Беларуси**

**ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ С ГЕТЕРОГЕННОЙ
ДИСПЕРСНОЙ ФАЗОЙ
ДЛЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ И
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ**

**Жорник В.И., д.т.н.; Ивахник А.В., к.т.н.;
Запольский А.В.**

**Международная научно-техническая конференция
«Инновационные технологии в машиностроении
(ИННТЕХМАШ - 20)»**

**Новополоцк-Минск,
21-22 апреля 2020 г.**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОАО «НПО «ЦЕНТР
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК
ПОЛОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Инновационные технологии в машиностроении

Электронный сборник материалов международной
научно-технической конференции,
посвященной 50-летию машиностроительных специальностей
и 15-летию научно-технологического парка
Полоцкого государственного университета
(Новополоцк, 21-22 апреля 2020 г.)



ИннТехМаш

Под редакцией
чл.-корр. НАН Беларуси, д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега;
д-ра техн. наук, проф. Н. Н. Попок

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2020

УДК 621(082)

Редакционная коллегия:

Н. Н. Попок (председатель), В. П. Иванов (зам. председателя),
Р. С. Хмельницкий (отв. Секретарь), А.В. Дудан, В. А. Данилов, Е.В. Бритик

Инновационные технологии в машиностроении [Электронный ресурс] : электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию машиностроительных специальностей и 15-летию научно-технологического парка Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 21-22 апр. 2020 г. / Полоц. гос. ун-т ; под. ред. В. К. Шелега; Н. Н. Попок. – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – 1 опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-985-531-691-7.

Отражены современное состояние и направления развития технологии и оборудования механической и физико-технической обработки; рассмотрены вопросы создания современных материалов, изготовления, восстановления и упрочнения деталей машин, автоматизации производства, эксплуатации и модернизации автомобилей и других машин.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов технических специальностей учреждений образования.

Прилагаются [титulyные листы презентаций докладов](#) участников конференции.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3141815008 от 28.03.2018.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 59-95-53, e-mail: n.popok@psu.by

№ госрегистрации 3141815008**ISBN 978-985-531-691-7**

© Полоцкий государственный университет, 2020

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Инновационный технологии в машиностроении» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Компьютерный дизайн *Е. А. Балабуровой*
Техническое редактирование и верстка *И. Н. Чапкевич*

Подписано к использованию 23.04.2020.
Объем издания: 10,9 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 264.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>