

Скобло Т.С.¹,
Сидашенко А.И.¹,
Рыбалко И.Н.¹,
Сатановский Е.А.²,
Олейник А.К.²

¹Харьковский национальный
технический университет
сельского хозяйства
имени П. Василенко,
г. Харьков, Украина

E-mail: kafedraTSRP@i.ua

²ГП «Завод имени В.А. Малышева»,
г. Харьков, Украина

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ
АЛМАЗОВ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАСТИЧНОЙ
ГРАФИТНОЙ СМАЗКИ**

УДК 621.892

Исследована эффективность добавки в графитовую пластичную смазку детонационной шихты, которая обеспечивает повышение износостойкости сопряжений за счёт формирования вторичных защитных структур и более длительного периода эксплуатации в условиях стабильного поступления кислорода. Это также существенно снижает локальное схватывание трущихся поверхностей.

Ключевые слова: высокодисперсные алмазы, детонационная шихта, пластичная смазка, трение, износостойкость, вторичные защитные структуры.

Введение. В работе исследовано влияние добавок высокодисперсных алмазов (ВДА) детонационного синтеза на характеристики трения скольжения стальных сопряжений при введении пластичной смазки на основе отработанного дизельного моторного масла с природным графитом Завальевского месторождения (пос. Завалье Гайворонского района Кировоградской области).

Работа выполнена Харьковским национальным техническим университетом сельского хозяйства имени Петра Василенко совместно с предприятием ГП «Завод им. В.А. Малышева».

Целью исследований является определение эффективности использования добавок ВДА детонационного синтеза для улучшения триботехнических характеристик пластичной смазки на основе отработанного дизельного моторного масла природным графитом.

Постановка задачи. В связи с сокращением мировых запасов энергетических ресурсов и резким обострением топливно-энергетического кризиса в настоящее время особенно актуальным является энергосбережение при производстве и эксплуатации машин и механизмов. Одним из путей энергосбережения является повышение ресурса работы узлов трения машин и механизмов, а также снижение потерь на трение при их работе. В последнее время для снижения потерь на трение и уменьшения износа деталей всё шире используются различные антифрикционные присадки и добавки к смазочным материалам [1-4]. Одними из таких добавок, как было показано ранее, являются высокодисперсные алмазы детонационного синтеза, производство которых может быть организовано при утилизации устаревших и некоторых других боеприпасов, что является важным и актуальным. В связи с этим в настоящей работе рассматривается эффективность влияния детонационной алмазосодержащей шихты на характеристики трения и износа при формировании смазки деталей, работающих в сопряжении.

Объект и методика испытаний. Объектом испытаний являлась графитная смазка, полученная загущением отработанного моторного дизельного масла М14В₂, обогащенного природным графитом. С дополнительным модифицированием и без него алмазосодержащими продуктами детонационного синтеза.

Испытания проводили на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «диск-диск» с использованием стандартных образцов диаметром 50мм и высотой 12мм, а также по схеме «диск-колодка» с использованием плоской колодки размером 10х10х6мм. Испытания проводили (с учётом действующих методических рекомендаций РД-50-662-88) в диапазоне нагрузок 0,05-2,0 кН при скорости скольжения 0,78 м/с.

Характеристики материалов образцов, принятых для испытаний, следующие:

- «диски» изготовлены из технически чистого железа (Армо-железо) с твёрдостью 20-22 HRC (коэрцитивная сила $H_c=2,0$ А/см);

- «диски» из стали 38ХС в состоянии поставки с твёрдостью 28-30 HRC (коэрцитивная сила $H_c=8,0$ А/см);

- «колодки» изготовлены из стали 40 с твёрдостью 22-24 HRC₃.

Ввод смазки осуществляли однократно перед началом испытаний нанесением её в количестве 1мл на поверхность трения образцов.

Испытания по определению зависимости коэффициента трения ($f_{тр}$) от нагрузки (Р) и нагрузки задиробразования (P_3) проводили при ступенчатом нагружении по 0,05 кН. Путь трения на каждой ступени составлял 30м. Испытания по определению величины износа проводили при нагрузке 0,2 кН в течение 45 мин.

Результаты испытаний. Анализируются результаты испытаний по определению зависимости $f_{тр}$ от Р и P_3 .

Результаты испытаний при ступенчатом нагружении по определению $f_{тр}$ от Р и P_3 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициент трения различных вариантов пластичной смазки

№ п/п	Смазка	Значение $f_{тр}$ при нагрузке Р, кН								
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
1	Графитная	0,56	0,46	0,40	0,38	0,34	0,31	↑		
2	Графитная с ВДА	0,48	0,44	0,40	0,36	0,32	0,32	0,27	0,26	↑
3	Без смазки	0,36	0,40	0,37	0,32	↑				

Примечание: Стрелкой указаны нагрузки, при которых отмечается появление задиров

Анализ полученных данных показал, что добавка алмазосодержащих продуктов детонационного синтеза к графитной смазке обеспечивает возможность повышения нагрузки для развития процесса задиробразования и снижение коэффициента трения испытанных образцов. Графитная смазка также повышает P_3 , но $f_{тр}$ оказывается более низким при трении образцов без нанесения смазки. Наблюдаемое связано с наличием оксидных плёнок и адсорбированного кислорода на поверхностях трения сопоставляемых образцов.

Результаты испытаний по определению влияния добавок ВДА на износ образцов сопрягаемых материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Износ образцов сопрягаемых материалов

№ п/п	Смазка	Износ «диска», г	Износ «колодки», г	$f_{тр}$
1	Графитная	0,0518	0,0077	0,34
2	Графитная с ВДА	0,0260	0,0052	0,30

Полученные данные показывают, что добавка ВДА к пластичной графитной смазке существенно (в ~ 2 раза) снижает износ подвижного образца «диска». Износ «колодки» также снижается при добавке ВДА, но в меньшей степени. Это может быть связано с условиями контактирования образцов, а также с различными в свойствах, используемых материалов. Образец «колодка» имеет меньшую твёрдость, поэтому легче

шаржируется ВДА, что способствует уменьшению износа. Коэффициент трения также снижается при использовании смазки с ВДА, что согласуется с результатами, приведенными в табл. 1.

Для установления роли детонационной шихты в повышении стойкости пар трения был разработан метод определения вторичных защитных структур, который базировался на оценке их роли и формируемой толщины в процессе эксплуатации [3, 5].

Установлено, что детонационная шихта при трении формирует царапины, которые накапливают эту шихту на первом этапе эксплуатации, а затем по мере износа постепенно она поступает в очаг взаимодействия между сопрягаемыми деталями. Это является важным, поскольку очаг трения всё время насыщается кислородом новой порции шихты. Рассчётами и моделированием процесса трения выявлено, что при такой добавке шихты, которая содержит 3,37-3,43% нано- и микроалмазов, а также окислы Cu и Fe, на протяжении длительного времени сохраняет наличие кислорода, который и обеспечивает стабильное формирование вторичных защитных структур. Толщина такой плёнки в различных поверхностях трения достигает 0,32-1,34 мкм. Такая защитная плёнка сохраняется до тех пор, пока в очаге трения имеется кислород. При его отсутствии графит в смазке превращается в абразив и проявляется эффект схватывания.

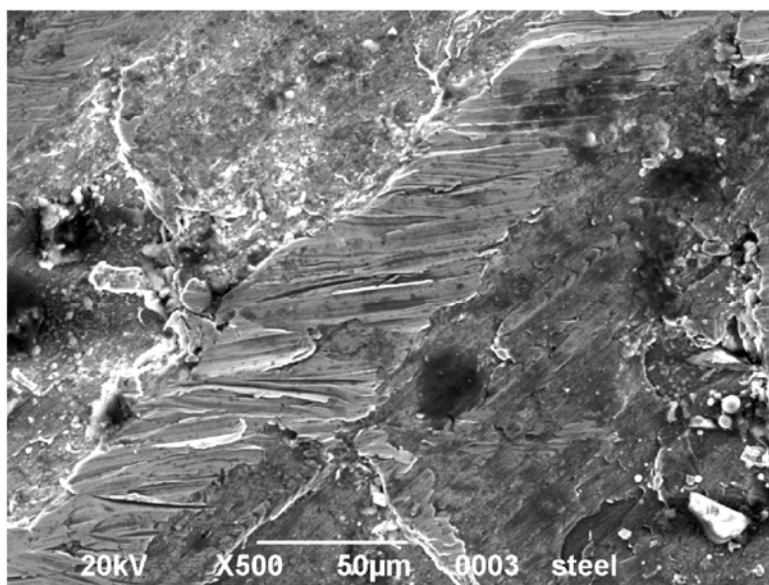


Рис. 1 – Поверхность царапины после полного удаления смазки и детонационной шихты, которые располагаются рядом

Выполненными комплексными исследованиями с использованием микроскопии и локального спектрального анализа предложен метод выявления и определения толщины окисных плёнок [3, 4].

В процессе разрушения нано-и микроалмазов ранее сформированные царапины частично залечиваются, но появляются новые при вновь поступлении шихты в очаг трения, однако уже формируются царапины меньшей ширины из-за разрушения микроалмазов при трении. На рис. 1 приведена электрономикроскопическая картина трения при условии появления вторичных царапин малой ширины, которые не способны удерживать мелкие зёрна шихты, и они располагаются рядом с первичной царапиной.

Выводы. В результате проведенных исследований показана эффективность добавки в графитовую пластичную смазку детонационной шихты, которая обеспечивает повышение износостойкости сопряжений за счёт формирования вторичных защитных структур и более длительного периода эксплуатации в условиях стабильного поступления кислорода. Это также существенно снижает локальное схватывание трущихся поверхностей.

Литература:

1. Марков А.В. Утилизация боеприпасов для вторичного использования при производстве и восстановлении деталей / А.В. Марков // Информационно-аналитический международный технический журнал «Промышленность в фокусе». – Харьков, 2013. – №8. – С. 52-55.
2. Рыбалко И.Н. Модифицирование вторичным сырьём пластичной смазки для резьбовых соединений / И.Н. Рыбалко // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 27-28 октября 2017 г. – Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт, 2017. – С. 202-208.
3. Патент №107500 Україна, МПК G01B 21/8 (2006.01) Спосіб визначення товщини захисних оксидних плівок, що формуються при терті / Т.С. Скобло, О.Ю. Марченко, О.І. Сідашенко, І.М. Рибалко, Є.А. Сатановський, О.К. Олейник, О.В. Марков; заявник та патентоутримувач Т.С. Скобло. - и 2015 12140. заявл. 07.12.15.; опубл. 10.06.16., Бюл. № 11.
4. Патент №108224 Україна, МПК (2016.01) C10M 101/00 Енергозберігаючий спосіб підвищення зносостійкості виробів модифікуванням мастила вторинною сировиною / Т.С. Скобло, О.Ю. Марченко, О.І. Сідашенко, І.М. Рибалко, О.О. Гончаренко, Є.А. Сатановський, О.К. Олейник, О.В. Марков; заявник та патентоутримувач Т.С. Скобло. - и 2015 12910. заявл. 28.12.15.; опубл. 11.07.16., Бюл. № 13.
5. Определение толщины защитных оксидных пленок, формируемых при трении / И.Н. Рыбалко, А.С. Полянский, А.Ю. Марченко, В.В. Коломиец // Міжнародний науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». – Харків, 2017. - №9. – С. 28-33.

Summary

Scoblo T., Sidashenko A., Rybalko I., Satanovskii E., Oliinyk A. Influence of additives of high-different diamonds on tribotechnical characteristics of plastic graphite lubrication.

The efficiency of adding detonation charge to graphite plastic lubrication is investigated, which provides an increase in wear resistance of couplings due to the formation of secondary protective structures and a longer period of operation under conditions of stable oxygen supply. This also significantly reduces the local setting of rubbing surfaces.

Keywords: highly disperse diamonds, detonation charge, plastic lubrication, friction, wear resistance, secondary protective structures.

References

1. Markov A.V. Utilizatsiya boeprilasov dlya vtorichnogo ispolzovaniya pri proizvodstve i vosstanovlenii detaley / A.V. Markov // Informatsionno-analiticheskiy mezhdunarodnyiy tehnicheskiy zhurnal «Promyishlennost v fokuse». – Harkov, 2013. – №8. – S. 52-55.
2. Rybalko I.N. Modifitsirovanie vtorichnyim syr'Yom plastichnoy smazki dlya rezbovyih soedineniy / I.N. Rybalko // Sovremennaya tehnika i tehnologii: problemy, sostoyanie i perspektivy: Materialy VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnyim uchastiem 27-28 oktyabrya 2017 g. – Rubtsovsk: Rubtsovskiy industrialnyiy institut, 2017. – S. 202-208.
3. Patent №107500 Ukraina, MPK G01B 21/8 (2006.01) Sposib viznachennya tovschini zahisnih oksidnih plivok, scho formuyutsya pri terti / T.S. Skoblo, O.Yu. Marchenko,

- O.I. Sidashenko, I.M. Rybalko, E.A. Satanovskiy, O.K. Oleynik, O.V. Markov; заявник та патентотримувач T.S. Skoblo. - u 2015 12140. zayavl. 07.12.15.; opubl. 10.06.16., Byul. № 11.
4. Patent №108224 Ukraina, МПК (2016.01) C10M 101/00 EnergozberIgayuchiy sposlb pIdvischennya znosostIykostI virobIv modiflkuvannyam mastila vtorinnoyu sirovinoyu / T.S. Skoblo, O.Yu. Marchenko, O.I. Sidashenko, I.M. Rybalko, O.O. Goncharenko, E.A. Satanovskiy, O.K. Oleynik, O.V. Markov; заявник та патентотримувач T.S. Skoblo. - u 2015 12910. zayavl. 28.12.15.; opubl. 11.07.16., Byul. №13.
 5. Opredelenie tolschinyi zaschitnyih oksidnyih plenok, formiruemyih pri trenii / I.N. Rybalko, A.S. Polyanskiy, A.Yu. Marchenko, V.V. Kolomiets // Mizhnarodniy naukoviy zhurnal «Tehnichniy servis agropromislovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv». – Harkiv, 2017. – №9. – S. 28-33.