УДК 544.72:538.9

В.Ф.ТУФРИКОВА, *студентка, tufrikova@gmail.com*
Д.А.СЫРКОВ, *инженер, (812)328-90-19*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

V.F.TUFRIKOVA, *student, tufrikova@gmail.com*
D.A.SYRKOV, *engineer, (812)328-90-19*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ПОВЕРХНОСТНО-МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПОРОШКИ МЕТАЛЛОВ И ОПЫТ ИХ ВНЕДРЕНИЯ В УЗЛАХ ТРАНСМИССИИ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Экспериментально обоснованы инновационные нанометрические методы регулирования свойств поверхности металлов-наполнителей для смазочных материалов. Приведены результаты испытаний смазок на основе масла И-20 с различными присадками, полученными методами адсорбционного модифицирования и твердотельного гидридного синтеза, в узлах трансмиссии нефтеперерабатывающего оборудования. За счет улучшения антифрикционных свойств смазки ресурс его работы увеличен на 40-80 %.

***Ключевые слова*:** металлические порошки, модифицирование поверхности наполнителя, трение, адгезия, смазка промышленного оборудования.

SURFACE-MODIFIED METAL POWDERS AND EXPERIENCE OF THEIR IMPLEMENTATION IN UNITS OF TRANSMISSION EQUIPMENT OIL COMPANIES

It's experimentally proved innovative methods of nanometric regulation of surface properties of metals, fillers and lubricants, as well as the results of testing oil-based lubricants on I-20 with various solid additives (on Al-, Cu-, Fe- base) at the nodes of the transmission oil refining equipment. By improving the antifriction properties of lubricant service life is increased by 40-80 %.

***Key words*:** metal powders, surface modifying of filler, friction, adhesion, lubricants for industry equipment.

Одна из проблем перерабатывающих предприятий состоит в том, что при ужесточении условий эксплуатации оборудования возрастает нагрузка на узлы трансмиссии. По современным представлениям смазочное масло в трансмиссии является неотъемлемым элементом конструкции. Улучшение качества смазки служит повышению надежности трансмиссии как важнейшего узла нефтеперерабатывающего оборудования. Поэтому целью данной работы была разработка новых металлоорганополимерных материалов на основе масла И-20 и дисперсных поверхностно-модифицированных металлов-присадок для трансмиссии оборудования нефтеперерабатывающего предприятия.

Нефтяное дистиллятное масло И-20 (И-20А, И-Г-А-32, «веретенка») широко используется в узлах трансмиссии оборудования перерабатывающих предприятий. Поскольку масло не содержит специальных

антиокислительных добавок, ресурс его работы ограничен. На крупных предприятиях существует серьезная проблема, имеющая экологический аспект, – хранение, складирование большого количества отработанного пожароопасного масла и его захоронение. Более дорогие легированные масла (типа ИГП-18 и др.) увеличивают ресурс работы трансмиссии, но такие масла содержат достаточно токсичные присадки: дисперсии свинца, молибдена, сажу, графит, аминофенолы и др. Перспективным путем преодоления названных трудностей и улучшения качества смазки является введение в И-20, как в базовое масло, порошков пластичных и малотоксичных металлов с поверхностью, модифицированной нанопленками катионных ПАВ или гидрофобных кремнийорганических соединений.

Для модифицирования поверхности металла применяли два принципиальных подхода*:

• адсорбционное модифицирование поверхности металлов, основанное на принципах молекулярного наслаивания;

• твердотельный гидридный синтез (ТГС) порошков металлов, основанный на последовательном восстановлении в открытой проточной системе исходных твердых хлоридов или оксидов металлов летучими термостойкими элементовородными соединениями (Э = Si, C и др.), который сопровождается хемосорбцией восстановителя на металле, т.е. модифицировании поверхности последнего. Особенность последнего метода состоит в том, что модифицирование поверхности металла происходит одновременно с восстановлением металла. Этим обеспечивается надежное химическое взаимодействие образующейся защитной нанопленки с металлом.

В качестве модифицирующих реагентов применяли алкамон (ГОСТ 10106-75) – катионоактивный препарат на основе четвертичных соединений аммония (ЧСА) со значительным C_{10}-C_{18}-углеводородным радикалом у атома азота, триамон (ТУ 6-14-10-59-83) – аналогичный препарат с низкомолекулярными радикалами (C_1-C_2), а также ГКЖ-94 (ГОСТ 10834-76) – гидрофобизирующую кремнийорганическую жидкость на основе органогидридсилоксанов.

Наносимые на частицы металла-наполнителя вещества (четвертичные соединения аммония ЧСА или метил- и карбосилоксановые структуры-аналоги силиконов) являются относительно мягкими по воздействию на окружающую среду препаратами (III, IV классы опасности). Кроме того, названные вещества – модификаторы в силу специфики разработанных методов синтеза прочно закреплены химическими связями на поверхности металла-наполнителя.

Антифрикционные свойства индустриального масла И-20, наполненного порошками поверхностно-модифицированных из паров ЧСА металлов (Al, Ni, Cu) в трибологической паре металл-металл контролировали акустическим методом. По данным работы А.Г.Сыркова**, наилучшие антифрикционные свойства смазки наблюдаются при наполнении ее порошком Al-пудры ПАП-2 с поверхностью, модифицированной катионными ПАВ из смеси паров триамона и алкамона. При этом, что было подтверждено в дипломной работе Д.А.Сыркова, интегральный показатель D (сила трения) снижается в среднем в 4-7 раз по сравнению с исходной смазкой И-20; начало участка «сухого трения» смещается вправо по оси давления на 15 МПа (с 44 до 59 МПа) по сравнению с исходной смазкой. Добавки порошка меди (ПМ-1), последовательно обработанного па-

* Два подхода к получению поверхностно-наноструктурированных металлов: твердотельный гидридный синтез и адсорбционное модифицирование/ А.Г.Сырков, Л.А.Журенкова, В.Ф.Туфрикова и др. // Записки Горного института. 2012. Т.196. С.373-376.

Syrkov A.G. Two approaches to reception surface nano-structured metals: solid-state hydride synthesis and adsorptive modifying / A.G.Syrkov, L.A.Zhurenkova, V.F. ufrikova et al. // The Proceedings of the Mining Institute, 2012. Vol.196. P.373-376.

** *Сырков А.Г.* Нанотехнология и наноматериалы. Поверхностно-наноструктурированные металлы. СПб, 2012. 104 с.

Syrkov A.G. Nanotechnology and nanomaterials. Surface-nanostructured metals. Saint Petersburg, 2012. 104 p.

Сравнение характеристик индустриального масла И-20 с присадками (% по массе) различных поверхностно-модифицированных порошков металлов

Показатель	Вид смазки на основе И-20			
	И-20	И-20/Al/(А + Т)	И-20/$Cu_{ТГС}$	И-20/$Fe_{ТГС}$
Кинематическая вязкость при 40 °С, $мм^2/с$	30 (29-35)*	32	34	35
Стабильность против окисления (95 °С): приращение кислотного числа окисленного масла, мг КОН на 1 г масла	0, 19 (не более 0,2)*	0,11	0,09	0,07
Ресурс работы (в часах) при D = 1400, P = 50 МПа (сухое трение)	3500	5100	5500 (для ИГП-18 – 5200)	> 6200

* Показатели по ГОСТ 20799-88; И-20/$Cu_{ТГС}$ – масло И-20 с присадкой порошка меди, содержащей на поверхности метил- и карбосилоксановую нанопленку, полученной из оксида меди методом ТГС.

рами триамона и алкамона или парами ГКЖ, в области повышенных давлений также снижают интегральный показатель трения D по сравнению с исходной смазкой – индустриальным маслом И-20. Но тем не менее модифицированные добавки на основе меди не позволяют так сильно «отодвинуть» участок сухого трения, как добавка Al/(А + Т).

В таблице приведены результаты испытаний смазок с различными присадками (алюминий, обработанный смесью паров триамона и алкамона; медь и железо, полученные методом ТГС) на предприятии «Ставролен». Применение масла И-20 с присадкой Al/(А + Т), например, приводит к повышению ресурса примерно на 45 % (5100 и 3500 ч), который является близким к ресурсу трансмиссии с использованием легированного масла ИГП-18 (5100 и 5200 ч соответственно). При введении в масла присадок вида $Cu_{ТГС}$ и $Fe_{ТГС}$, полученных методом ТГС, ресурс возрастает еще больше и может достигать 6200 ч ($Fe_{ТГС}$), что на 80 % выше, чем у базового масла И-20, и почти на 20 % больше, чем у легированного масла ИГП-18. При этом кинематическая вязкость смазки меняется незначительно и остается в пределах значений, приведенных в ГОСТе.

Выводы

1. Экспериментально обоснованы инновационные нанометрические методы регулирования свойств поверхности металлов-наполнителей для смазочных материалов. Улучшены антифрикционные свойства и ресурс работы нефтяного дистиллятного масла И-20 путем введения в смазку поверхностно-модифицированных порошков металлов. За счет этого увеличен на 40-80 % ресурс работы трансмиссии оборудования нефтеперерабатывающего предприятия (станки, мешалки).

2. Разработаны присадки и составы смазки, которые внедрены в ООО «Ставролен» (нефтяная компания «Лукойл»); рассмотрены экологические аспекты их промышленного применения.

3. Впервые в качестве присадок к И-20 использованы Si-C-содержащие металлические порошки, полученные методом твердотельного гидридного синтеза, которые прошли успешные испытания в составе смазки на производстве.

Исследования выполнены в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009-2012 гг.) по проектам № 1.4.09 и № 1.13.08 (государственная регистрация № 0120.0852107).

Научные руководители: д-р техн. наук, профессор *И.Н.Белоглазов*, д-р техн. наук, профессор *А.Г.Сырков*