

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 665.7.038

doi: 10.30987/2782-5957-2023-12-36-41

РАЗРАБОТКА БЕЗЗОЛЬНЫХ ПРОТИВОЗАДИРНЫХ ПРИСАДОК

Ольга Павловна Корнилова^{1✉}, Владимир Юрьевич Шолом², Денис Генрихович Тюленев³, Ольга Леонидовна Крамер⁴, Андрей Сергеевич Трофимов⁵

^{1,2,3,4,5} Хозрасчетный творческий центр Уфимского авиационного института, Уфа, Россия

¹ rosoil@rosoil.ru

² rosoil@rosoil.ru

³ zavlab@rosoil.ru

⁴ rosoil@rosoil.ru

⁵ rosoil@rosoil.ru

Аннотация

Приведены физико-химические и трибологические показатели полученных в лаборатории беззольных присадок. Показано, что они обладают высокими противозадирными свойствами и низкой зольностью. Представлены результаты сравнительных лабораторных испытаний триботехнических характеристик новых присадок с присадками и пакетами присадок российского и зарубежного производства. Выявлено, что новые присадки по предельной нагрузочной способности не уступают им-

портным аналогам и могут применяться для повышения противозадирных свойств смазочных материалов различного назначения (в том числе беззольных) взамен импортных аналогов. Приготовлена и испытана опытно-промышленная партия присадок, содержащих 45% серы.

Ключевые слова: смазочные материалы, свойства, свойства; беззольные присадки; испытания; импортозамещение.

Ссылка для цитирования:

Корнилова О.П. Разработка беззольных противозадирных присадок / О.П. Корнилова, В.Ю. Шолом, Д.Г. Тюленев, О.Л. Крамер, А.С. Трофимов // Транспортное машиностроение. – 2023. – № 12. – С. 36-41. doi: 10.30987/2782-5957-2023-12-36-41.

Original article

Open Access Article

DEVELOPMENT OF ASH-FREE EXTREME PRESSURE ADDITIVES

Olga Pavlovna Kornilova^{1✉}, Vladimir Yurievich Sholom², Denis Genrikhovich Tyulenev³, Olga Leonidovna Kramer⁴, Andrey Sergeevich Trofimov⁵

^{1,2,3,4,5} Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute, Ufa, Russia.

¹ rosoil@rosoil.ru

² rosoil@rosoil.ru

³ zavlab@rosoil.ru

⁴ rosoil@rosoil.ru

⁵ rosoil@rosoil.ru

Abstract

The physicochemical and tribological parameters of the ash-free additives obtained in the laboratory are given. It is shown that they have high extreme pressure properties and low ash content. The results of comparative laboratory tests of tribo-engineering characteristics of new additives of Russian and foreign production are presented. It is found out that the new additives in terms of maximum load capacity are not worse

than imported analogues and can be used to increase the extreme pressure properties of lubricants for various purposes (including ash-free ones) instead of their imported analogues. A pilot batch of additives containing 45 % sulfur is prepared and tested.

Keywords: lubricants, properties, ash-free additives, testing, import substitution.

Reference for citing:

Kornilova OP, Sholom VYu, Tyulenev DG, Kramer OL, Trofimov AS. Development of ash-free extreme pressure additives. *Transport Engineering*. 2023;12:36-41. doi: 10.30987/2782-5957-2023-12-36-41.

Введение

Надёжность работы узлов трения машин и механизмов напрямую зависит от качества применяемых смазочных материалов. Для увеличения смазывающих свойств в них добавляют противозадирные, противоизносные и антифрикционные присадки или модификаторы трения. Одной из наиболее важных характеристик смазочных материалов в условиях повышенных нагрузок и температур являются противозадирные свойства. Противозадирные присадки обеспечивают нормальную работу при высоких нагрузках трущихся поверхностей без задира и заедания. В случае задира поверхностей позволяют его смягчить. К таким присадкам относятся соединения, содержащие серу (S), хлор (Cl) и др. Концентрация присадок не превышает 3...5 %. Их действие присадок сопровождается образованием на стальной поверхности FeS или FeCl₂. Активные элементы противозадирных присадок вступают в химическое взаимодействие с металлом, образуя модифицированные слои с более низким напряжением сдвига, чем у металлов. Эти модифицированные слои представляют собой сульфиды, оксиды, фосфаты или фосфиды железа (в зависимости от присадки, входящей в состав масла). Модифицированная пленка образуется мгновенно и предотвращает задиры [1].

Как показывает анализ компонентной базы для основного ассортимента отечественных смазочных материалов, лимитирующим фактором остаётся разработка и производство присадок [2]. Противозадирные присадки, повышающие нагрузку начала задира и сваривания трущихся металлических поверхностей, выпускаются в России и за рубежом.

Разработчиками и производителями отечественных присадок и пакетов приса-

док к смазочным материалам являются группа компаний «Квалитет» (Россия), «Химпром» (Россия) и др.

В отечественных смазочных материалах до последнего времени использовались в основном импортные присадки и пакеты присадок транснациональных корпораций *Lubrizol Corporation* (США), *Infineum International* (Великобритания), *Chevron Oronite* (США), *Afton Chemical* (США), *Rhein Chemie Additives* (Германия) и др.

Например, многофункциональная присадка *Anglamol-99* (*Lubrizol*, США) использовалась в производстве универсального автомобильного трансмиссионного масла ТАД-17И по ГОСТ 23652-79 применяемого для смазывания цилиндрических, конических, червячных и гипоидных передач автомобилей и другой техники [3]. Противозадирные присадки *RC 2541* и *RC 2411* (*Rhein Chemie Additives*) использовались в производстве масел для обработки металлов, водосмешиваемых смазочно-охлаждающих жидкостей, консистентных смазок, прокатных масел и других смазочных материалов.

Сейчас многие российские заводы по производству смазочных материалов переходят на китайские присадки компаний *Richful*, *KangTai* и др.

Несмотря на то, что в ХТЦ УАИ накоплен большой опыт по разработке технологических смазочных материалов по металлообработке, в которых используются присадки отечественного производства, для конкурирования с зарубежными предприятиями требуются новые более эффективные композиции присадок [4,5].

Поэтому разработка новых отечественных присадок с высокими противозадирными свойствами взамен импортных присадок является актуальной задачей.

Материалы и методы исследования

Лабораторные испытания физико-химических показателей новых присадок

проводились в лаборатории испытаний технологических смазочных материалов

ООО «ХТЦ УАИ» по стандартным методам.

Для проведения сравнительных испытаний триботехнических характеристик на четырехшариковой машине трения по ГОСТ 9490 готовили 1 и 2 %-ные растворы присадок в индустриальном масле И-20А по ГОСТ 20799-88.

Образцы новых присадок № 1, № 2, № 3, № 4 с содержанием серы 45, 7, 26 и 45 % соответственно изготовленные в ООО «ХТЦ УАИ» сравнивали с импортными и отечественными присадками и пакетами присадок:

1. *Additin RC 2541 (Rhein Chemie Additives, Германия)* – противозадирная присадка на основе диалкилпентасульфидов. Содержит 40 % серы. Основные области применения – масляные и водосмешиваемые технологические жидкости для обработки металлов давлением и резанием, а также пластичные смазки.

2. *Additin RC 2411 (Rhein Chemie Additives, Германия)* – противозадирная присадка на основе триглицеридов. Содержит 10 % серы. Применяется в производстве масляных и водосмешиваемых технологических смазочных материалов для обработки металлов со снятием стружки и без, пластичных смазок и масел для направляющих.

3. *Anglamol-99 (Lubrizol Corporation, США)* - многофункциональная присадка в

трансмиссионные масла, гидравлические жидкости, технологические масла и смазки. Содержит серу, фосфор, азот.

4. Т-43 (ООО «НПП Квалитет», Россия) - пакет присадок для производства трансмиссионных масел, применяемых в узлах трансмиссии, подверженных высоким нагрузкам, маслах для раздаточных коробок, редукторов, главных передач, ведущих мостов, гипоидных дифференциалов и других узлов техники. Содержит не менее 18 % серы и более 1,8 % фосфора.

5. А-22 (ООО «НПП Квалитет», Россия) – модифицированный бором диалкилдитиофосфат цинка. Присадка, применяемая при изготовлении масел для бензиновых и дизельных двигателей. Содержит не менее 15 % серы, 7,8 % фосфора, 9 % цинка и 0,05 % бора.

6. ДФ-11 (ООО «НПП Квалитет», Россия) - противоизносная присадка для моторных масел бензиновых и дизельных двигателей. Диалкилдитиофосфат цинка. Содержит не менее 8,8 % серы, 4,4 % фосфора, 5 % цинка.

7. ЦД-7НЧ (ПАО «Химпром», Россия) - присадка к минеральным маслам. Концентрированный диалкилдитиофосфат цинка в минеральном базовом масле. Применяется в моторных, турбинных, компрессорных, гидравлических, индустриальных маслах. Содержит не менее 10,5 % цинка.

Результаты и обсуждение

Физико-химические показатели разработанных новых беззольных противозадирных присадок приведены в табл. 1.

Физико-химические показатели новых присадок

Таблица 1

Table 1

Physico-chemical parameters of new additives

№ п/п	Наименование показателей	Фактические значения				Методы испытаний
		Образец №1	Образец №2	Образец №3	Образец №4	
1	Кинематическая вязкость при 50°С, мм ² /с	45,44	431,1	190,4	58,59	ГОСТ 33
2	Температура вспышки в открытом тигле, °С	188	288	193	188	ГОСТ 4333
3	Нагрузка сваривания, кгс	750	900	950	950	ГОСТ 9490
4	Диаметр пятна износа при 20 кгс за 1 час, мм	1,17	0,30	0,56	1,00	ГОСТ 9490
5	Зольность, %	0,13	0,25	0,26	0,12	ГОСТ 1461
6	Массовая доля серы, %	45	7	26	45	ГОСТ 1431

Из представленных в табл. 1 результатов выявлено, что новые присадки обладают достаточно высокой предельной нагрузочной способностью (нагрузкой сваривания) не зависящей от содержания серы и вязкости. Благодаря низкой зольности они могут быть использованы для повышения противозадирных свойств беззольных и малозольных смазочных материалов, к которым предъявляются такие требования.

Была синтезирована опытно-промышленная партия беззольной присад-

ки № 1, обладающая более высокой нагрузкой сваривания, малой зольностью и содержанием серы 45 %.

Сравнительные испытания триботехнических характеристик новых присадок с импортными и отечественными присадками представлены в табл. 2. Для этого приготовили 1 и 2 %-ные растворы данных присадок в индустриальном масле И-20А по ГОСТ 20799-88 «Масла индустриальные. Технические условия».

Таблица 2

Триботехнические характеристики присадок

Table 2

Tribo-engineering characteristics of additives

№ п/п	Наименование присадки	Содержание присадки в масле И-20			
		1 %		2 %	
		Нагрузка сваривания, кгс	Диаметр пятна износа при 20 кгс, 1 час, мм	Нагрузка сваривания, кгс	Диаметр пятна износа при 20 кгс, 1 час, мм
1	Образец № 1	282	0,45	335	0,73
2	RC 2541	282	0,60	355	0,78
3	Anglamol-99	266	0,36	315	0,74
4	Образец № 4	266	0,55	335	0,79
5	Образец № 3	237	0,57	282	0,60
6	T-43	224	0,41	250	0,63
7	RC 2411	178	0,38	200	0,38
8	Образец № 2	178	0,54	200	0,43
9	A-22	160	0,30	–	–
10	ЦД-7	150	0,30	–	–
11	ДФ-11	141	0,30	–	–
12	Масло И-20 без присадок	141	0,72	–	–

Испытания показали, что по противозадирным свойствам новая присадка - образец № 1, содержащая 45 % серы, находится на одном уровне с противозадирной присадкой RC 2541 (40 % серы) и значительно превосходит ее по противоизносным свойствам.

Многофункциональная присадка *Anglamol-99* имеет такие же противозадирные свойства как новая присадка образец №4, но превосходит ее по противоизносным свойствам.

Образец № 3 с содержанием серы 26 % превосходит аналогичную импортную присадку RC 2411 (10 % серы) и пакет присадок T-43, содержащий 18 % серы.

Образец № 2 с содержанием серы 7 % по противозадирным свойствам находится на одном уровне с импортным аналогом – противозадирной присадкой RC 2411 (10 % серы), уступая ей по показателю износа.

Отечественные противоизносные присадки A-22, ЦД-7 и ДФ-11 не обладают высокими противозадирными свойствами, несмотря на то, что они содержат в своём составе достаточно большое количество серы. Но имеют наилучшие противоизносные свойства даже по сравнению с всемирно известными импортными присадками.

Работы по данному направлению продолжаются.

Выводы

1. Полученные новые образцы присадок обладают высокими противозадирными свойствами и низкой зольностью.

2. Предельная нагрузочная способность новых присадок не зависит от содержания серы и вязкости.

3. Разработанные образцы новых присадок не уступают импортным аналогам и могут быть использованы для повы-

шения противозадирных свойств смазочных материалов, в том числе тех, к которым предъявляются требования по низкой зольности.

4. Для повышения конкурентоспособности и расширения сферы использования требуется доработка новых присадок по улучшению противоизносных свойств.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Золотов В.А. Присадки (добавки) к смазочным материалам. Трибология. Состояние и перспективы: сборник научных трудов. В 4-х томах. Главные редакторы И.Г. Горячева и М.А. Броневец. Т.2. Смазка и смазочные материалы /под ред. С.М. Захарова и И.Я. Буяновского Уфа: РИК УГАТУ, 2019. С. 378-389.
2. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / И.Г. Анисимов К.М., Бадыштова С.А., Бнатов и др. Под ред. В.М. Школьникова. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. 596с.
3. Якунина К.А. Механизм действия и повышение эффективности маслорастворимых противоизносных присадок: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата техниче-

ских наук. 1.4.4. / Якунина Ксения Александровна. Челябинск, 2022 г. 18с.

4. Гурев А.А., Фукс И.Г., Лахши В.Л. Химмотология. М.: Химия, 1986. С. 259.
5. Шолом В.Ю., Абрамов А.Н., Тюленев Д.Г. Полифункциональные смазочные материалы «Росойл». XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник трудов в 4-х томах. Уфа: Изд-во БашГУ, 2019. С. 461-463.
6. Шолом В.Ю., Белов И.Б., Абрамов А.Н. Смазочные материалы серии «Росойл». XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник трудов в 4-х томах. Уфа: Изд-во БашГУ, 2019. С. 437-439.

REFERENCES

1. Zolotov VA. Additives to lubricants. Tribology. Status and prospects. Collection of Scientific Papers. Ufa: RIK UGATU; 2019.
2. Anisimov IG, Badyshtova KM, Bnatov SA. Fuels, lubricants, technical liquids. Assortment and application: handbook Moscow: Publishing center Techinform; 1999.
3. Yakunina KA. Action mechanism and increasing the effectiveness of oil-soluble anti-wear additives [abstract of dissertation]. [Chelyabinsk (RF)]; 2022.
4. Gurev AA, Fuks IG, Lakhshi VL. Chemmotology. Moscow: Khimiya; 1986.

5. Sholom VYu, Abramov AN, Tyulenev DG. Multifunctional Rosoil lubricants. Proceedings of the XII All-Russian Congress on Fundamental Problems of Theoretical and Applied Mechanics. Ufa: BashGU Publishing House; 2019.
6. Sholom VYu, Belov IB, Abramov AN. Lubricants of Rosoil series. Proceedings of the XII All-Russian Congress on Fundamental Problems of Theoretical and Applied Mechanics. Ufa: BashGU Publishing House; 2019.

Информация об авторах:

Корнилова Ольга Павловна – старший научный сотрудник ООО «ХТЦ УАИ», тел. +7(347)272-47-88.

Шолом Владимир Юрьевич – доктор технических наук, доцент, генеральный директор ООО «ХТЦ УАИ», член Межведомственного научного совета по трибологии Российской академии наук, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и Союза научных и инженерных объединений, тел. +7(347)272-47-88.

Тюленев Денис Генрихович – заведующий трибологической лабораторией ООО «ХТЦ УАИ», тел. +7(347)272-47-88.

Краммер Ольга Леонидовна – заведующая химической лабораторией ООО «ХТЦ УАИ», тел. +7(347)272-47-88.

Трофимов Андрей Сергеевич – ведущий научный сотрудник ООО «ХТЦ УАИ», тел. +7(347)272-47-88.

Kornilova Olga Pavlovna – Senior Researcher of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute; phone: 8 (347) 272-47-88.

Sholom Vladimir Yuryevich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director General of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute, Member of the Interdepartmental Scientific Council on Tribology of the Russian Academy of Sciences, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the Union of Scientific and Engineering Associations; phone: 8 (347) 272-47-88.

Tyulenev Denis Genrikhovich – Head of the Tribotechnology Laboratory of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute; phone: +79649645785.

Kramer Olga Leonidovna – Head of the Chemical Laboratory of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute; phone: 8 (347) 272-47-88.

Trofimov Andrey Sergeevich – Leading Researcher of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute; phone: 8(347) 272-47-88.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья опубликована в режиме Open Access.
Article published in Open Access mode.

Статья поступила в редакцию 10.11.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 27.11.2023. Рецензент – Шальгин М.Г., доктор технических наук, доцент Брянского государственного технического университета, член редсовета журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 10.11.2023; approved after review on 23.11.2023; accepted for publication on 27.11.2023. The reviewer is Shaligin M.G., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of Technical Sciences, Associate Professor of Bryansk State Technical University, member of the Editorial Council of the journal *Transport Engineering*.