

Для цитирования:

Тонконогов Б.П., Багдасаров Л.Н., Сидорина А.М. Разработка метода искусственного старения масел в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации в станах горячего и холодного проката. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2016. Т. 59. Вып. 12. С. 112–117.

For citation:

Tonkonogov B.P., Bagdasarov L.N., Sidorina A.M. Method development of artificial lubricants aging for conditions maximal close to real conditions of operation of hot and cold rolling mills. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2016. V. 59. N 12. P. 112–117.

УДК: 665.6

Б.П. Тонконогов, Л.Н. Багдасаров, А.М. Сидорина

Борис Петрович Тонконогов, Леонид Николаевич Багдасаров, Алина Михайловна Сидорина (✉)
Кафедра химии и технологии смазочных материалов и химмотологии, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Ленинский просп., 65, 119991, Москва,
Российская Федерация
E-mail: bpt@gubkin.ru, lebage1963@mail.ru, alinagorbunova@list.ru (✉)

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИСКУССТВЕННОГО СТАРЕНИЯ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ, МАКСИМАЛЬНО ПРИБЛИЖЕННЫХ К РЕАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СТАНАХ ГОРЯЧЕГО И ХОЛОДНОГО ПРОКАТА

Целью данной работы является анализ существующих методов оценки качества масел для подшипников жидкостного трения прокатных станов (ПЖТ ПС) и разработка метода искусственного старения в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации масел в станах горячего и холодного проката. Установлено, что существующие методы оценки качества масел для подшипников жидкостного трения в некоторых случаях не способны отразить реальную картину поведения масел в процессе эксплуатации. С целью получения информации о поведении масел для подшипников жидкостного трения прокатных станов в реальных условиях эксплуатации и определения оптимальных интервалов замены/доливки данных масел начаты исследования по разработке стендового метода искусственного старения масел в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации. В статье приведены первые результаты испытаний данным методом некоторых образцов масел. Представленную информацию можно использовать при разработке и оптимизации рецептур масел для подшипников жидкостного трения холодного и горячего проката, а также промышленных продуктов, к которым предъявляют повышенные требования по деэмульгирующим свойствам.

Ключевые слова: циркуляционные масла для подшипников жидкостного трения прокатных станов, деэмульгирующие свойства, ASTM 2711, ASTM 1401, ASTM 943, динамический тест на деэмульгируемость, Clark Laboratory

B.P. Tonkonogov, L.N. Bagdasarov, A.M. Sidorina

Boris P. Tonkonogov, Leonid N. Bagdasarov, Alina M. Sidorina (✉)

Department of Lubricants Chemistry and Technology and Chemmotology, Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Leninsky ave., 65, Moscow, 119991, Russia

E-mail: bpt@gubkin.ru, lebage1963@mail.ru, alinagorbunova@list.ru (✉)

METHOD DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL LUBRICANTS AGING FOR CONDITIONS MAXIMAL CLOSE TO REAL CONDITIONS OF OPERATION OF HOT AND COLD ROLLING MILLS

This work aims are analysis of existing test methods of rolling mills lubricants quality assessing and development of a new aging lubricants bench test to assess the in-service behavior of bearing oils for steel rolling mills. Test methods were used: Standard test method for water in crude oils by coulometric Karl Fischer titration ASTM D 4928-00; Standard test method for oxidation characteristics of inhibited mineral oils ASTM D 943; Standard test method for oxidation stability of steam turbine oils by rotating pressure vessel (RPVOT) ASTM D2272; Standard test method for acid number of petroleum by potentiometric titration ASTM D 664; Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids and calculation of dynamic viscosity ASTM D 445; Standard practice for calculating viscosity index from kinematic viscosity at 40 and 100°C; Standard test method for condition monitoring of oxidation in in-service petroleum and hydrocarbon based lubricants by trend analysis using Fourier transform infrared (FT-IR) Spectrometry ASTM D 7414; Standard test method for condition monitoring of nitration in In-service petroleum and hydrocarbon-based lubricants by trend analysis using Fourier transform infrared (FT-IR) spectrometry ASTM D 7624; Standard test methods for saponification number of petroleum products ASTM D 94; Standard test method for density, relative density (specific gravity), or API gravity crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method ASTM D 1298. It has been found that all existing standards of bearing lubricants testing usually are poorly correlated with real-life lubricant behavior in rolling mills. The project of new bench test development was started in order to obtain information regarding bearing lubricants alteration process and determinate optimal the lubricant drain interval. The article describes main idea and first results of the aging lubricants bench test. The results can be used to develop and optimize rolling mills lubricants formulations as well as formulations of other high demulsibility industrial products.

Key words: rolling mills lubricants, demulsibility, ASTM 2711, ASTM 1401, ASTM 943, dynamic demulsibility endurance, Clark Laboratory

Доля зарубежных продуктов на российском рынке масел для ПЖТ ПС составляет порядка 30%. Однако, кризис и рост курсов зарубежной валюты в 2014-2015 г. привел к сокращению объемов зарубежных поставок, увеличению спроса на отечественные масла и одновременному повышению требований к их качеству.

Одним из ключевых требований к маслам для ПЖТ ПС является высокая деэмульгирующая способность – способность быстро и максимально полно отделять воду или водорастворимый СОЖ, при этом не изменяя своего состава и свойств в процессе многократных обводнений и сепарации.

Вода как технологическое вспомогательное средство в чистом виде (горячий прокат) или в составе СОЖ (холодный прокат) применяется, прежде всего, для охлаждения. Исключить попадание воды в масло практически невозможно.

Крайне нежелательным является появление в циркуляционных системах стабильных водомасляных эмульсий, образованных при участии эмульгаторов (неорганических электролитов, поверхностно активных веществ, высокомолекулярных веществ, мелкодисперсных нерастворимых частиц и др.), попадающих в системы из технологической воды или СОЖ [1].

Недостаточные деэмульгирующие свойства масла могут являться причиной коррозии оборудования. Повышенное обводнение масла также приводит к ухудшению его антифрикционных и противоизносных свойств, срыву режима жидкостного трения в граничное трение и, как следствие, ускоренному износу подшипников. В некоторых случаях происходит гелирование масла, что нарушает его циркуляцию и приводит к сильным перегревам [2].

Использование масел с улучшенными деэмульгирующими свойствами позволяет металлургическим предприятиям не только сэкономить деньги на ремонте оборудования, уменьшить объемы закупаемого масла, сократить объемы циркуляционных систем, но и – самое главное – сократить количество простоев оборудования.

Традиционно в РФ производители масел при разработке продуктов для ПЖТ ПС ориентировались на отечественные спецификации: стандарт ОАО «ЭЗТМ» и СвНИИ НП. Однако по причине закупки огромного количества импортного оборудования и благодаря развитию процесса импортозамещения сегодня все более востребованными металлургами становятся отечественные продукты, отвечающие требованиям Morgoil, Morgoil Advanced и Danieli [3-5]. Все вышеперечисленные спецификации объединяет использование стандартных методов для определения деэмульгирующих свойств свежих масел ASTM 1401 и ASTM 2711. Однако спецификации Morgoil Advanced и Danieli также подразумевает определение деэмульгирующих свойств динамическим методом (Dynamic Demulsibility endurance test), разработанным при участии UEC Technologies, дочерней организации United States Steel, доступным сегодня только в лаборатории Clark (США). Данный метод характеризует поведение масла в условиях многократного обводнения. Сущность метода заключается в измерении способности масла в динамических условиях отделять воду при строго определенных скорости потока, времени контакта масла с водой, температуре и кратности воды к маслу. По окончании тестирования после центрифугирования определяется содержание воды в масле и масла в воде. Данный метод считается наиболее приближенным к реальным условиям эксплуатации масел в подшипниках жидкостного трения [2].

Необходимо отметить, что все перечисленные выше методы определения деэмульгирующих свойств подразумевают использование для тестирования дистиллированной или водопроводной воды, состав которой нередко существенно

отличается от технических вод оборотного цикла металлургических предприятий. Данные технические воды чаще всего поступают на предприятие из природных водоемов и представляют собой естественные растворы, имеющие самые разнообразные качественные и количественные составы в зависимости от источника. Качество технологической воды, прежде всего, характеризуется наличием грубодисперсных примесей, показателем концентрации водородных ионов, общим содержанием. С технологической точки зрения содержание является наиболее важным показателем, поскольку корродирующее действие воды и приготовленных на ее основе СОЖ находится в прямой зависимости от содержания в ней водорастворимых солей, в частности хлоридов и сульфатов [6].

Подобные особенности состава технологических вод также отражаются на способностях циркуляционных масел отделяться от воды в промышленных условиях металлопроката. Кроме того, огромное значение имеют состав и свойства применяемых в производстве СОЖ, содержащей самые разные по составу поверхностно-активные вещества. Специалисты из австрийского исследовательского центра AC2T доказали необходимость подробного изучения составов технологических вод в целях получения в лабораторных условиях данных о деэмульгирующих свойствах масел, коррелирующих с результатами, демонстрируемыми в реальных производственных условиях [7].

Кроме того, в реальных условиях эксплуатации обводненное масло постоянно контактирует с металлическими частями оборудования и кислородом воздуха при повышенных температурах, что катализирует окисление масла и, как следствие, ухудшает его деэмульгирующие свойства.

Отсутствие метода исследования, способного дать информацию о поведении масла для ПЖТ ПС в реальных условиях эксплуатации, побудило начать разработку стендового метода искусственного старения масла, с помощью которого можно было бы прогнозировать интервалы замены масла для каждого конкретного потребителя. В основу метода положен повсеместно доступный стандартный метод определения окисляемости масел ASTM 943. Разработанный стендовый метод отражает специфические условия эксплуатации масла в прокатном производстве: определенные температурные условия (95 °С), наличие механических примесей определенной природы (для испытаний использовали загрязненную воду из циркуляционной системы Череповецкого металлургического комбината), контакт масла с воз-

духом и металлами (в том числе с баббитом, отобранным на производстве ОАО «ЭЗТМ») и с технологической водой или СОЖ. В процессе тестирования отслеживается динамика изменения ключевых показателей масла.

В табл. 2-4 представлены результаты искусственного старения приведенных в табл. 1 образцов масел, выбранных с целью исследования в рамках разработки масла для ПЖТ ПС с вязкостью ISO 460. Прочерки в таблицах подразумевают отсутствие возможности проведения тестирований по причине сильной деградации образца, или отсутствие, по мнению авторов, целесообразности тестирований в рамках данного пробного испытания метода искусственного старения.

Согласно полученным результатам, компонент масел остаточный (образец 3) уступает брайт-стоку (образец 1) по стойкости к старению. Загущение компонента масел остаточного полиизобутиленовой присадкой Lubrizol 3229 (образец 4) приводит к ухудшению свойств компонента, и вовлечение антиокислителя Vulkanox ВНТ в количестве 0,2% в загущенный компонент (образец 6) не способно существенно повысить стойкость масла к старению.

Таблица 1

Состав образцов масел, подвергшихся искусственному старению

Table 1. The composition of oil samples subjected to artificial aging test

Номер	Состав образца
1	Брайт-сток производства ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»
2	Брайт-сток производства ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» с добавлением 0,2% антиокислителя Vulkanox ВНТ Lanxess
3	Компонент масел остаточный производства ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка»
4	Компонента масел остаточный производства ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» с добавлением 3,2% загустителя Lubrizol 3229
5	Компонент масел остаточный производства ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» с добавлением 0,2% антиокислителя Vulkanox ВНТ Lanxess
6	Компонент масел остаточный производства ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» с добавлением 0,2% антиокислителя Vulkanox ВНТ Lanxess и 3,2% загустителя Lubrizol 3229

Таблица 2

Результаты искусственного старения образцов 1 – 2
Table 2. The results of artificial aging test of samples 1 – 2

Номер образца	1							2						
	0	213	388	622	700	814	1000	0	213	388	622	700	814	1000
Длительность тестирования, ч														
Показатель														
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с	406,60	-	-	-	471,39	-	612,66	402,06	-	-	-	472,76	-	522,71
Изменение Кинематической вязкости при 40 °С в сравнении со свежим маслом, %	-	-	-	-	15,93	-	50,68	-	-	-	-	17,58	-	30,01
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	27,28	-	-	-	28,60	-	32,69	27,03	-	-	-	29,77	-	31,44
Индекс вязкости	91,80	-	-	-	85,00	-	81,49	91,60	-	-	-	90,30	-	89,43
Плотность при 15 °С, г/см ³	902,80	-	-	-	908,00	-	926,00	903,70	-	-	-	910,00	-	914,00
Вода по Карлу Фишеру, ppm	-	-	-	-	2095,00	-	1242,00	-	-	-	-	4820,00	-	994,00
Кислотное число, мг КОН/г	0,01	0,84	1,09	3,94	2,20	7,27	9,10	0,01	0,42	1,85	3,06	2,83	3,56	4,40
Продукты окисления FTIR, А/см	-	11,89	16,46	50,45	30,47	81,43	98,43	-	8,11	23,75	38,04	31,99	45,74	51,00
Продукты нитрования FTIR, А/см	-	3,16	4,22	10,77	8,48	17,82	28,16	-	2,73	5,57	9,18	14,82	11,73	14,99
RPVOT, мин	221,00	-	-	-	-	-	-	133,00	-	-	-	-	-	-

Таблица 3

Результаты искусственного старения образцов 3 – 4
 Table 3. The results of artificial aging test of samples 3 – 4

Номер образца	3							4						
	0	213	388	622	700	814	1000	0	213	388	622	700	814	1000
Длительность тестирования, ч														
Показатель														
Кинематическая вязкость при 40°C, мм ² /с	387,93	-	-	-	2789,20	-	6243,20	481,09	-	-	-	2145,60	-	не возможно
Изменение кинематической вязкости при 40 °С в сравнении со свежим маслом, %	-	-	-	-	619,00	-	1509,00	-	-	-	-	346,00	-	не возможно
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	26,015	-	-	-	84,07	-	125,50	31,05	-	-	-	72,07	-	не возможно
Индекс вязкости	89,50	-	-	-	85,00	-	79,00	94,30	-	-	-	85,00	-	не возможно
Плотность при 15 °С, г/см ³	895,90	-	-	-	965,00	-	не возможно	897,10	-	-	-	965,00	-	не возможно
Вода по Карлу Фишеру, ppm	-	-	-	-	7369	-	25061	-	-	-	-	7993	-	104649
Кислотное число, мг КОН/г	0,05	5,47	19,35	16,25	16,56	18,44	18,88	0,05	3,00	17,95	16,98	11,65	15,39	15,70
Продукты окисления FTIR, А/см	-	62,50	201,56	198,06	207,42	198,51	202,37	-	36,85	191,54	196,51	172,56	189,44	не возможно
Продукты нитрования FTIR, А/см	-	21,51	51,96	72,56	75,42	77,92	82,56	-	10,09	48,00	72,69	69,99	75,57	не возможно
RPVOT, мин	124,00	-	-	-	-	-	-	117,00	-	-	-	-	-	-

Таблица 4

Результаты искусственного старения образцов 5 – 6
 Table 4. The results of artificial aging test of samples 5 – 6

Номер образца	5							6						
	0	213	388	622	700	814	1000	0	213	388	622	700	814	1000
Длительность тестирования, ч														
Показатель														
Кинематическая вязкость при 40°C, мм ² /с	383,01	-	-	-	761,94	-	842,96	482,00	-	-	-	1812,00	-	2867,10
Изменение Кинематической вязкости при 40°C в сравнении со свежим маслом, %	-	-	-	-	98,93	-	120,08	-	-	-	-	373,00	-	649,00
Кинематическая вязкость при 100°C, мм ² /с	25,91	-	-	-	39,91	-	41,77	31,10	-	-	-	39,23	-	38,86

Продолжение таблицы

Индекс вязкости	90,10	-	-	-	89,70	-	87,00	94,00	-	-	-	87,00	-	78,00
Плотность при 15°C, г/см ³	896,20	-	-	-	958,00	-	974,00	848,2	-	-	-	930,00	-	946,00
Вода по Карлу Фишеру, ppm	-	-	-	-	6163	-	13791	-	-	-	-	5928	-	6584
Кислотное число, мг КОН/г	0,02	0,32	8,36	18,41	13,42	16,77	14,86	0,10	12,92	13,58	15,71	14,32	15,33	14,12
Продукты окисления FTIR, А/см	-	8,42	93,4	195,36	186,64	189,39	194,12	-	211,98	228,75	250,32	267,93	256,98	264,34
Продукты нитрова- ния FTIR, А/см	-	3,98	20,8	64,02	64,79	68,73	74,04	-	35,98	46,72	51,40	56,40	57,98	70,69
RPVOT, мин	165,00	-	-	-	-	-	-	165,00	-	-	-	-	-	-

Таким образом, использование брайт-стока для разработки масел ПЖТ ПС по сравнению с загущенным компонентом масел остаточным является более предпочтительным.

Очевидно, что разработанный метод искусственного старения требует дальнейшего усовершенствования. Необходима корректировка жесткости метода и продолжительности тестирования, расширение перечня проверяемых показателей. Так при искусственном старении готовых масел предполагается исследовать элементы методом ИСР, как в масляной, так и водной фазе, а также щелочное число, также необходимо в про-

цессе испытания проводить контроль изменения деэмульгирующих свойств методами ASTM 1401 и ASTM 2711. С помощью данных дополнительных тестов предполагается делать выводы о вымываемости присадок из масел и формулировать рекомендации по интервалам обновления циркуляционных масел в системе.

Данная статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения базовой части государственного задания «Организация проведения научных исследований», Анкета № 801.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Binyon S.J.** Improved additives for demulsification and recovery of waste oils. *Oil and Petrochemical Pollution*. 1984. V. 2. N 1. P. 57-60.
2. **Betsy B., Herrero F.** Rolling Forward. *Lubes and Greases Magazine*. 2011. May. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.lubesngreases.com>.
3. СТО 05744403-072-2012 Циркуляционные масла для подшипников жидкостного трения. ОАО «ЭЗТМ».
4. Morgoil Advanced specification. [Электронный ресурс]. http://www.sms-siemag.com/download/SN180-4_2009-07_E.pdf.
5. Danieli lubricant specification # 6.075167.S. Oil Specification for No Twist Rolling Mill equipment (BGV-TMBTFSESS) with plain and roll bearings systems, gears and high water in oil pollution [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.danieli.com>.
6. **Бульжников Е.М., Кокорин В.Н., Титов Ю.А., Григорьев А.А.** Прокатка листового металла. Технологическое обеспечение процесса прокатки, новое поколение высокоэффективных систем очистки больших объемов водных технологических жидкостей и стоков. Ульяновск: УлГТУ. 2009. 186 с.
7. **Lovrić M., Grafl A., Berger B., Ostrowski J., Adam K., Pertl B.** Impact of water quality on the water separability of an industrial oil. MATRIB 2013. Croatia Society for Materials and Tribology. Vela Luka (CR). 2013. 34 p.

REFERENCES

1. **Binyon S.J.** Improved additives for demulsification and recovery of waste oils. *Oil and Petrochemical Pollution*. 1984. V. 2. N 1. P. 57-60. DOI: 10.1016/S0143-7127(84)90733-6.
2. **Betsy B., Herrero F.** Rolling Forward. *Lubes and Greases Magazine*. 2011. May. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.lubesngreases.com>.
3. STO 05744403-072-2012 Circulating oil for oil film bearings. "EZTM" JSC (in Russian).
4. Morgoil Advanced specification. [Electronic resource] - http://www.sms-siemag.com/download/SN180-4_2009-07_E.pdf.
5. Danieli lubricant specification # 6.075167.S. Oil Specification for No Twist Rolling Mill equipment (BGV-TMBTFSESS) with plain and roll bearings systems, gears and high water in oil pollution [Electronic resource]. Access mode: <http://www.danieli.com>.
6. **Bulyzhnikova E.M., Kokorin V.N., Titov Yu.A., Grigoriev A.A.** Rolling mills. Technological maintenance of the rolling process, a new generation of high-performance systems of large volumes of technological fluids and wastewater purification. Ulyanovsk: UISTU. 2009. 186 p. (in Russian).
7. **Lovrić M., Grafl A., Berger B., Ostrowski J., Adam K., Pertl B.** Impact of water quality on the water separability of an industrial oil. MATRIB 2013. Croatia Society for Materials and Tribology. Vela Luka (CR). 2013. 34 p.

Поступила в редакцию (Received) 29.09.2016

Принята к опубликованию (Accepted) 08.11.2016