

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО «Ивановский государственный университет»

Е. В. Берёзина

**ПРОИЗВОДНЫЕ ФТАЛОЦИАНИНА
КАК ПРИСАДКИ
К СМАЗОЧНЫМ КОМПОЗИЦИЯМ**

Иваново

Издательство «Ивановский государственный университет»

2007

ББК 34.413

Б 484

Берёзина Е.В.

Производные фталоцианина как присадки к смазочным композициям /Е.В. Берёзина. – Иваново: Иван. гос. ун-т, 2007. – 240 с.

Исследуется особый класс химических веществ, находящихся свое применение в сфере химмотологии трибологического материаловедения. Данное направление актуально как по причине оптимизации условий трения, так и в связи с задачами экологии и промсанитарии. Обнадеживающей выглядит перспектива возможной замены химически активных присадок, содержащих хлор, фосфор и серу, на материалы, смазочное действие которых основано на принципе надмолекулярной самоорганизации присадок в граничном смазочном слое. В работе исследуются не только собственно производные фталоцианина, но и их более сложные композиции с традиционными поверхностно-активными веществами, обнаруживая в отдельных случаях признаки синергизма в их действии.

Предлагаемая в работе теория формирования граничного смазочного слоя позволяет применить ее для случая интенсивных режимов трения скольжения, а также описывать процесс надмолекулярной самоорганизации граничного смазочного слоя.

Для научных работников, аспирантов и преподавателей вузов.

Научный редактор

Доктор химических наук, профессор **Н.В. Усольцева**
(Ивановский государственный университет)

Рецензенты

Проблемная лаборатория жидких кристаллов
(Ивановский государственный университет)
Доктор технических наук, профессор **В.В. Марков**
(Ивановский государственный энергетический университет)

*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Научно-образовательного центра по наноматериалам
«Жидкие кристаллы», грант Минобразования и науки РФ
«Развитие научного потенциала высшей школы» РНГ 2.2.1.7280*

ISBN 5-7807-0614-X

© Берёзина Е.В., 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Принятые обозначения</i>	7
Введение	10
1. Современные представления о строении граничного смазочного слоя и о процессе граничной смазки	13
1.1. Граничный смазочный слой.....	13
1.1.1. Особенности граничного смазочного процесса.....	14
1.1.2. Условия образования граничного смазочного слоя в условиях ограниченного доступа СМ.....	24
1.1.3. Надмолекулярная самоорганизация в смазочном слое.....	27
1.2. Трибоактивные присадки к СМ.....	29
1.2.1. Классификация.....	29
1.2.2. Поверхностно-активные вещества.....	31
1.2.3. Химически активные присадки.....	34
1.2.4. Присадки твердых порошков.....	37
1.2.5. Мезогенные соединения в качестве трибоактивных присадок.....	38
2. Исследуемые материалы	47
2.1. Материалы пар трения.....	47
2.2. Твердосмазочные порошкообразные присадки.....	47
2.3. Пластичные и масляные смазочные материалы.....	48
2.4. Поверхностно-активные вещества.....	49
2.5. Производные фталоцианина и его металлокомплексов.....	51
3. Процесс формирования физически адсорбционного граничного смазочного полимолекулярного слоя	58
3.1. Описание процесса микрокапиллярного образования граничного смазочного слоя.....	58
3.2. Описание кинетики формирования микрокапиллярного граничного смазочного слоя при трении скольжения.....	60
3.2. Модель образования структурированного граничного смазочного слоя.....	64

4. Взаимосвязь физико-химических свойств, надмолекулярной самоорганизации мезогенных и немезогенных присадок и триботехнических свойств смазочных композиций.....	70
4.1. Фазовое состояние смазочных композиций.....	70
4.2. Исследование поверхностной активности.....	78
4.2.1. Поверхностное натяжение водных растворов гетероциклических присадок и их триботехническая активность.....	78
4.2.2. Поверхностное натяжение растворов гликолей.....	87
4.2.3. Поверхностное натяжение и триботехнические характеристики растворов коллоидных ПАВ (неонолы) с присадками Гц-соединений.....	91
4.2.4. Поверхностная активность присадок гетероциклических соединений в минеральном масле...	96
4.3. Процессы ассоциации в смазочных композициях.....	97
4.3.1. Исследования электронных спектров поглощения.....	97
4.3.2. Фотометрические исследования водных растворов смазочных композиций.....	102
4.3.3. Взаимосвязь оптических и триботехнических свойств масляных суспензий.....	106
4.4. Адсорбционное взаимодействие с поверхностью присадок – производных фталоцианина.....	110
4.5. Исследования термической стабильности смазочных композиций.....	112
4.6. Седиментационный анализ дисперсности суспензий присадок.....	116
4.7. Электронно-микроскопические и электрографические исследования производных фталоцианина в составе ПСМ.....	117
4.8. Реология смазочных композиций и ее связь с параметрами трения.....	122
4.8.1. Реологические параметры СМ и методы их исследования на ротационном вискозиметре.....	123
4.8.2. Методика измерения вязкости СМ на ротационном вискозиметре Брукфилда.....	129
4.8.3. Вязкость водных растворов присадок различной химической природы.....	131
4.8.4. Ньютоновское поведение кривых течения масляных СМ, содержащих мезогенные присадки....	146
4.8.5. Неньютоновское поведение кривых течения ПСМ, содержащих мезогенные присадки.....	151

5. Методики триботехнических испытаний	165
5.1. Машина трения СМЦ-2.....	165
5.2. Стенд для испытаний СОТС при резании.....	165
5.3. Трибометр ТАУ-1.....	167
6. Исследование трибологических свойств присадок при трении	168
6.1. Трибологические свойства бинарных и тройных водных систем Гц-соединение и Гц-соединение – ПАВ – вода.....	168
6.2. Триботехнические свойства масляных суспензий с присадками производных фталоцианина.....	172
6.2.1. Испытания на трибометре ТАУ-1.....	172
6.2.2. Исследование трибологических свойств СМ на машине трения СМЦ-2.....	177
6.3. Трибологические свойства ПСМ с порошкообразными присадками гетероциклической природы.....	180
6.3.1. Исследование на трибометре ТАУ-1.....	180
6.3.2. Исследование на машине трения СМЦ-2.....	182
7. Триботехнические свойства гетероциклических присадок при сверлении и нарезании резьбы метчиками	185
7.1. Сверление в среде водных систем, содержащих производные фталоцианина.....	185
7.2. Сверление с применением масляных суспензий.....	188
7.2.1. Влияние режимов обработки на смазочную эффективность масляных суспензий при сверлении.....	188
7.3. Определение работы резания при сверлении в среде ПСМ...	194
7.3.1. Сверление углеродистой стали.....	194
7.3.2. Сверление нержавеющей стали.....	198
7.3.3. Сопоставление результатов по влиянию гетероциклических присадок к ПСМ в процессах трения и сверления.....	200
7.3.4. Интенсивность изнашивания инструмента при сверлении с использованием водных составов исследуемых Гц-присадок.....	203
7.3.5. Стойкость режущего инструмента при использовании масляных композиций с гетероциклическими присадками.....	206
7.3.6. Стойкость режущего инструмента при использовании ПСМ с гетероциклическими присадками...	208

7.4. Влияние присадок к СОТС на операции резьбонарезания...	209
7.4.1. Особенности процесса нарезания резьбы метчиками..	209
7.4.2. Работы резания при резьбонарезании с использованием водных СОТС.....	210
7.4.3. Стойкость метчиков.....	211
7.4.4. Влияние режимов обработки на трибологическую эффективность масляных суспензий при резьбонарезании..	212
7.4.5. Применение ПСМ с присадками при резьбонарезании...	214
8. Заключение.....	216
<i>Литература.....</i>	<i>218</i>