

Таблица – Результаты микрорентгеноспектрального анализа МКО фракции (–0,4...+0,315) мм

Спектр	Химический состав, %		
	<i>O</i>	<i>Al</i>	<i>Si</i>
Спектр 1	2,0	–	98,0
Спектр 2	3,0	–	97,0
Спектр 3	6,9	0,7	92,4

Образование таких сферических медных частиц на поверхности МКО можно объяснить, по нашему мнению, следующим образом. Тончайшие чешуйки «шагреновой кожи», присутствующие на поверхности исходного сырья (МКО) [2] в процессе спекания расплавляются, в отличие от основного металла волокон, и в результате стремления минимизировать поверхностную энергию под действием вязкого течения приобретают сферическую форму.

#### Список использованных источников

1. Способ изготовления длинномерного трубчатого фильтрующего элемента из дискретных металлических волокон: пат. ВУ 21507 / А.Ф. Ильющенко, В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский. – Оpubл. 30.12.2017.
2. Корнеева, В.К. Особенности морфологии поверхности медных кабельных отходов, полученных механической переработкой / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, Л.Н. Дьячкова // Порошковая металлургия : респ. межвед. сб. науч. трудов. – Минск, 2018. – Вып. 41. – С. 124–130.

УДК 621.113

## МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ ПРИСАДОК В СМАЗОЧНЫХ МАСЛАХ

*Студент – Рыхлик А.Н., 34 тс, 4 курс, ФТС*

*Научные*

*руководители – Капцевич В.М., д.т.н., профессор;*

*Корнеева В.К., к.т.н.*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Проведен анализ присадок, вводимых в базовые масла, для придания им вязкостных, смазывающих, антикоррозионных, антиокислительных и моющих свойств.

**Ключевые слова:** смазочные материалы, моторное масло, присадки, вязкостные, смазывающие, антикоррозионные, антиокислительные, моющие присадки.

Возможности технического совершенствования двигателя зависят от функциональных свойств моторного масла. Современные смазочные материалы способны длительное время выдерживать высокие механические и термические нагрузки, защищать от износа, коррозии и образования отложений, нарушающих нормальную работу агрегата и обеспечивать снижение потерь энергии.

Качество смазочного масла может быть усовершенствовано введением в него присадок. Масло, улучшенное присадками, называется компаундированным или легированным маслом (*blended oil, compounded oil, formulated oil*).

Присадки (*additives*) – синтетические химические соединения, вводимые в базовое масло для улучшения свойств в периоды эксплуатации и хранения. Практически все товарные масла выпускаются с присадками, их число достигает до 8 различных соединений, а общее массовое содержание – до 25 %. Некоторые присадки влияют на физические свойства базовых масел, другие оказывают химический эффект.

Присадки могут выполнять следующие функции:

- придавать маслу новые свойства (образование на трущихся поверхностях деталей хемосорбционной сульфидной или фосфидной пленки, предотвращающей износ);
- улучшать имеющиеся свойства масла (уменьшать вязкостно-температурную зависимость, понижать температуру застывания);
- замедлять или останавливать нежелательные процессы, происходящие при эксплуатации масла, (замедлять окисление, образование шлама, коррозию металла).

На практике присадки классифицируются по функциональному действию. Рассмотрим классификацию и действие присадок по назначению (определяющему свойству) [1, 2].

**Вязкостные присадки** применяются для улучшения вязкостно-температурных характеристик. В иностранной литературе они называются *улучшающими индекс вязкости* или *модификаторами индекса вязкости* (*viscosity index improvers, viscosity index modifiers – VIM*). К вязкостным присадкам относят и депрессанты температуры застывания. Их действие основано на подавлении гелеобразования при низкой температуре возникающего в результате кристаллизации парафина.

*Модификаторы вязкости* (*viscosity modifiers – VM*) повышают текучесть масел при низкой температуре и стабилизируют вязкость при высокой. Это достигают введением полимерных загустителей. При низкой температуре, когда масло вязкое, молекулы полимера находятся в «скрученном» виде и незначительно влияют на вязкость. С повышением температуры они «раскручиваются» и повышают вязкость жидкости. Таким образом подавляется зависимость вязкости масла от температуры и повышается индекс вязкости.

В качестве модификаторов вязкости применяют полиизобутилен, полиметанакрилаты, сополимеры этилена, пропилена, бутилена, гидрированный сополимер стирола и бутадиена, гидрированный полиизопрен и др. Загущающие полимеры выпускают в виде растворов в стандартном базовом масле и поставляют на рынок маркированными как концентраты в соответствии с их загущающим эффектом.

*Депрессанты (depressants)* подавляют срастание кристаллов парафина и снижают температуру их кристаллизации. При понижении температуры из углеводородного масла начинают выпадать парафиновые кристаллы в виде игл и пластин с образованием пространственной кристаллической решетки, что приводит к потере текучести масла (желатинизации). Низкотемпературную текучесть улучшают глубокой депарафинизацией и добавлением депрессантов. Масла депарафинируют лишь частично до температуры застывания порядка  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а дальнейшее понижение температуры застывания еще на  $20\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{C}$  достигается введением депрессорных присадок. В качестве депрессорных присадок применяют алкилнафталины, алкилфенолы и другие полимерные продукты в концентрации  $0,05\text{--}1,0\%$ .

*Присадки, улучшающие смазывающие свойства.* Действие этих присадок обусловлено образованием на трущихся металлических поверхностях различных по химическому составу защитных пленок. Присадки, улучшающие смазывающие свойства по принципу действия делят на противоизносные и противозадирные для экстремальных условий (EP присадки);

*Противоизносные присадки (anti-wear additives)* увеличивают липкость и улучшают смазываемость. При нормальном смазывании, полярные группы молекул масла образуют на поверхностях трения адсорбированные пленки. При граничном смазывании, сила трения и износ зависят от стойкости этих пленок и силы взаимодействия молекул масла с поверхностью металла, т.е. от липкости масла.

Противоизносными свойствами обладают жирные спирты, амиды, сложные эфиры, соединения фосфора, которые образуют химическую связь с поверхностью металла. Чем сильнее связь, тем требуется меньшая величина вязкости масла для снижения износа и потерь энергии на трение.

К противоизносным присадкам относятся также *модификаторы трения (friction modifiers)* – присадки, регулирующие фрикционные свойства (коэффициент трения смазываемых поверхностей). В качестве присадок *понижающих трение (friction reducers)* применяются соединения, в молекуле которых имеется сильная полярная группа, обеспечивающая хорошее прилипание и длинная линейная цепочка, обеспечивающая хорошее скольжение, а в качестве *повышающих трение (friction enhancers)* – соединения, в молекуле которых имеется сильная полярная группа, обеспечивающая хорошее прилипание и короткая линейная часть, при определенных условиях обеспечивающая хорошее сцепление (детергенты и сульфиды).

*Противозадирные присадки, EP присадки (extreme pressure additives)* предотвращают поверхности трения от задира при высоких давлениях. Сваривание и заедание деталей предотвращают соединениями серы, фосфора, которые в местах наивысшего трения и высоких температур разлагаются с выделением соответствующих активных элементов, реагирующих с металлом и образующих сульфидную, фосфидную, твердую хемосорбционную пленку. Такая пленка более стойкая, чем адсорбционная, и лучше защищает поверхности трения от износа в условиях высоких нагрузок и температур.

Твердые противозадирные присадки (дисульфид молибдена, политетрафторэтилена) имеют коллоидную структуру и на поверхности трущихся деталей образуют прочные противозадирные пленки с высокой критической рабочей температурой. Трение снижают также за счет легкого скольжения слоистой графитной присадки.

*Антикоррозионные присадки* нейтрализуют кислоты, образующиеся при окислении углеводородов, образуют защитную адсорбционную или хемосорбционную пленку, препятствующую реакции кислот с поверхностью металла, связывают влагу, вызывающую коррозию. К антикоррозионным присадкам относятся ингибиторы коррозии и присадки против ржавления.

*Ингибиторы коррозии (corrosion inhibitors)* защищают поверхность деталей из цветных металлов от коррозии и коррозионного износа, вызываемых органическими кислотами. Механизм защиты – образования защитной пленки и нейтрализация кислот. Для этих целей применяют диалкилдитиофосфат цинка, соединения серы и фосфора. *Присадки против ржавления (antirust additives)* защищают стальные или чугунные детали от ржавления. Механизм защиты – образование сильно адсорбированной защитной пленки, предохраняющей поверхность металла от непосредственного контакта с водным раствором кислоты. Для этой цели применяются аминсукцинаты и сульфонаты щелочных металлов, обладающие сильными поверхностно-активными свойствами.

*Антиокислительные присадки (antioxidants)*, называемые *ингибиторами окисления (oxidation inhibitors)*, подавляют окисление масла в начальной его стадии путем взаимодействия с первичными продуктами реакции окисления – перекисями и обрывают цепные реакции окисления. Антиокислительные присадки, снижающие образование кислот, являются одновременно антикоррозионными присадками.

Каталитическое действие ионов металлов на окисление масла подавляют деактиваторами металлов – органические соединения, связывающие ионы металлов в неактивные комплексы. В качестве антиокислителей применяют фенолы и амины, а в качестве деактиваторов металлов – органические соединения серы и фосфора.

*Моющие присадки* предотвращают агломерацию (слипание) нерастворимых продуктов окисления и их отложение на деталях. По механизму действия их делят на детергенты и дисперсанты.

*Детергенты (detergents)* – поверхностно-активные вещества (масло-растворимые алкилбензолсульфонаты, фосфаты и др.), защищающие поверхность деталей двигателя от прилипания и скопления на них продуктов окисления. Некоторые сульфонаты имеют щелочные свойства и нейтрализуют кислые продукты окисления. В состав щелочных присадок могут входить диспергированные окиси, гидроокиси и карбонаты металлов.

*Дисперсанты (dispersants)* подавляют агломерацию и слипание продуктов окисления и осаждение смолистых веществ на поверхности деталей. В качестве дисперсантов применяют полимеры с полярными группами, которые поддерживают коллоидные частицы продуктов окисления и загрязнений во взвешенном состоянии.

К **дополнительным присадкам** относят эмульгаторы, противопенные присадки и присадки для обкатки и восстановления.

*Эмульгаторы (emulsifiers)* понижают поверхностную энергию жидкостей, вследствие чего вода в масле образует стойкую эмульсию и не выделяется в отдельный слой. Эмульгаторами служат детергенты.

*Противопенные присадки (antifoam additives)* снижают пенообразование. В составе противопенных присадок обычно содержатся силиконовые масла – полиалкилсилоксаны и некоторые другие полимеры. Силиконовые масла разрушают стенки крупных пузырей, а полимеры уменьшают количество мелких пузырей.

*Присадки для обкатки (running-in additives)* и *восстановления двигателя (restoring additives)*. Для обкатки применяются специальные масла с химически активными присадками обкатки, при воздействии которых увеличивается износ выступов (находящихся под наибольшей нагрузкой) на поверхностях трения. Выступы выравниваются и прирабатываются. Масла для обкатки применяются в течении относительно короткого срока, и только до приработки поверхностей. Восстановительные присадки – это суспензии порошка мягких металлов (меди и олова) в масле. Такие присадки не только уменьшают износ поверхностей трения, но и в некоторых случаях металлизуют их, восстанавливая прежние размеры.

Следует отметить, что большинство современных присадок являются многофункциональными, т.е. обладают несколькими полезными свойствами, например, моющие присадки одновременно являются и антикоррозионными. Соотношение действия комплексных свойств регулируется химической структурой присадки.

#### **Список использованных источников**

1. Балтенас, Р. Моторные масла / Р. Балтенас [и др.]. – Москва – Санкт-Петербург: Альфа-Лаб, 2000. – 272 с.
2. Сафонов, Л.С. Химмотология горюче-смазочных материалов / Л.С. Сафонов, А.И. Ушаков, В.В. Гришин. – Санкт-Петербург: НПИКЦ, 2007. – 488 с.