

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 621.892

СМАЗКИ С ГИБРИДНОЙ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗОЙ – НОВЫЙ КЛАСС ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ЖОРНИК В. И., ИВАХНИК А. В.

*(Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси;
г. Минск, Республика Беларусь)*

Смазочные материалы (СМ) по агрегатному состоянию делятся на четыре основных типа: жидкие (масла), пластичные (консистентные), твердые и газообразные. Выбор агрегатного состояния СМ зависит от условий функционирования и конструкции узла трения (скорость, нагрузка и температурный режим в зоне трибоконтакта, требования к герметизации и условиям обслуживания узла трения и др.). Пластичные смазочные материалы (ПСМ) широко применяются в узлах трения различной техники. Основными компонентами пластичных смазок являются дисперсионная среда (масло), доля которой в массе ПСМ составляет 75–90 %, и дисперсная фаза (загуститель), содержание которой соответствует 5–20 масс.%. Кроме них в состав пластичных смазок могут входить различные функциональные добавки (до 5 масс.%) в виде нерастворимых в масле наполнителей (микро- и нанодисперсные частицы органической и неорганической природы) и маслорастворимых присадок (различные химические соединения). Целевой спектр применения наполнителей и присадок весьма широк. При этом основной задачей введения наполнителей является повышение антифрикционных, противоизносных и противозадирных свойств. Наиболее распространенными наполнителями являются дисульфид молибдена, графит, полимеры, мягкие металлы, а также различные комбинации с их присутствием в виде частиц микроразмерного диапазона [1, 2]. В последнее время большую актуальность приобрели работы по применению в смазочных материалах нанодисперсных наполнителей, обладающих благодаря своим размерным параметрам уникальными физико-химическими характеристиками, несвойственными для традиционных наполнителей [3, 4]. Однако введение нанодисперсных частиц в состав пластичной смазки сопряжено со значительными технологическими сложностями из-за высокой вязкости смазки. К тому же формируемая смазочная композиция имеет низкую агрегативную стабильность вследствие того, что нанодисперсные частицы наполнителя, оставаясь в дисперсионной среде (в масле) и имея высокую поверхностную энергию, быстро агрегируются в крупные образования, теряя при этом свои положительные качества.

Целью работы являлось повышение технологичности введения нанодисперсных наполнителей в состав пластичного смазочного материала и улучшение качества пластичной смазки.

Как известно, пластичные смазочные материалы по своему строению являются коллоидными системами, состоящими из дисперсионной среды (ДС), дисперсной фазы (ДФ) и функциональных добавок. Природа и строение ДФ во многом определяют функциональные свойства ПСМ. Традиционно определяют четыре семейства ПСМ по типу природы их ДФ: простые мыльные; комплексные мыльные; органические; неорганические. Пластичные смазки можно рассматривать как высокоструктурированные тиксотропные дисперсии, образованные трехмерным структурным каркасом дисперсной фазы, частицы (элементы) которой в одном или двух измерениях имеют коллоидные и в третьем – макроскопические размеры, а в ячейках структурного каркаса за счет различных физических связей удерживается дисперсионная среда – смазочное масло. Процесс структурообразования олеогелей ПСМ многоступенчат и зависит от множества условий образования зародышей кристаллов (ассоциатов и мицелл), их роста (агрегация мицелл и образование надмицеллярных структур – волокон) и, наконец, от условий формирования трехмерного структурного каркаса, придающего смазке пластичность и другие характерные для нее свойства [4, 5].

Наиболее распространенными (около 80 % из всего объема) ПСМ являются смазки, содержащие мыльные загустители (соли высших карбоновых кислот). На формировании дисперсных частиц мыльного загустителя и образовании его пространственной структуры значительно сказываются тип и концентрация мыла, природа дисперсионной среды, наличие поверхностно-активных веществ (ПАВ), их концентрация и природа, температура кристаллизации мыла и скорость охлаждения расплава, интенсивность перемешивания, гомогенизация и другие условия процесса синтеза ПСМ. Рост кристаллов, их агрегирование, сцепление и образование волокон происходят через ультратончайшие сольватные слои ПАВ при их наличии или прослойки дисперсионной среды, прочно связанные с поверхностью дисперсных частиц. В зависимости от множества вышеперечисленных факторов мыльный загуститель в смазках может существовать в различных внешних модификациях, разной степени дисперсности и анизометричности.

Одним из перспективных направлений в технологиях пластичных смазок является комбинирование роли и назначения основных компонентов пластичных смазок. Так, развиваются технологии, в которых загустители играют функции присадок, например, при получении комплексных сульфонат кальциевых смазок карбонат кальция, диспергированный в сульфонате кальция, действует одновременно как загуститель, ингибитор коррозии и противозадирный агент [4]. ПСМ на одном типе загустителя, можно сгруппировать как смазки, имеющие одинарную дисперсную

фазу (ОДФ). Однако во многом повышение эксплуатационных свойств ПСМ с ОДФ достигло своего предела, связанного с природой загустителя. Возникает дефицит традиционных компонентов ОДФ, например, соединений лития. При этом перспективными являются работы по созданию ПСМ с гибридной дисперсной фазой (ГДФ), представляющей собой либо сочетание различных солей (например, литиевой и кальциевой) одной и той же карбоновой кислоты, либо комбинацию ДФ различного семейства, например, мыла и высокодисперсных неорганических (или органических) частиц. ГДФ придает смазкам новые уникальные сочетания функциональных свойств, недостижимых для смазок с ОДФ.

Как правило, операция модифицирования пластичной смазки нанодисперсным наполнителем ранее сводилась к простому его подмешиванию в имеющуюся пластичную смазку, при проведении которого сложно было обеспечить как нанодисперсность вводимого наполнителя, так и равномерность его распределения по всему объему смазки. При таких условиях оказалось вполне логичным изменить последовательность операций, первоначально вводя и диспергируя агрегаты микро- или наночастиц наполнителя в жидкой дисперсионной среде (масле), а затем уже формируя дисперсную фазу, включая в нее и частицы наполнителя, при этом стабилизируя их мыльным компонентом. В результате, формируется дисперсная фаза пластичной смазки, состоящая из двух элементов различного вида (мыльного компонента – соли высших карбоновых кислот и немыльного компонента – ультрадисперсные частицы органической или неорганической природы). Таким образом, смазки с гибридной дисперсной фазой, по сути, можно считать пластичными смазочными материалами нового класса, отличного от смазок с простой мыльной, комплексной мыльной, органической или неорганической дисперсной фазой.

При этом в случае модифицирования пластичной смазки нанодисперсными частицами наполнителя возможна реализация процесса по двум технологическим схемам: а) использование при приготовлении смазки предварительно подготовленных наночастиц наполнителя; б) использование наночастиц, синтезированных непосредственно в процессе приготовления смазки. Примером реализации первого варианта может являться синтез гибридной дисперсной фазы комплексной литиевой смазки ИТМОЛ-150Н (рисунок 1, а), содержащей в качестве немыльного компонента предварительно подготовленные наночастицы алмазно-графитовой шихты, введенные в реактор на начальной стадии синтеза смазки. Наночастицы кальцита, являющиеся зародышами дисперсной фазы, в частности, комплексной сульфонат кальциевой смазки ИТМОЛ Su200 (рисунок 1, б, в), синтезируются непосредственно в реакторе в одном технологическом цикле на начальной стадии получения пластичной смазки с гибридной дисперсной фазой по второй технологической схеме.

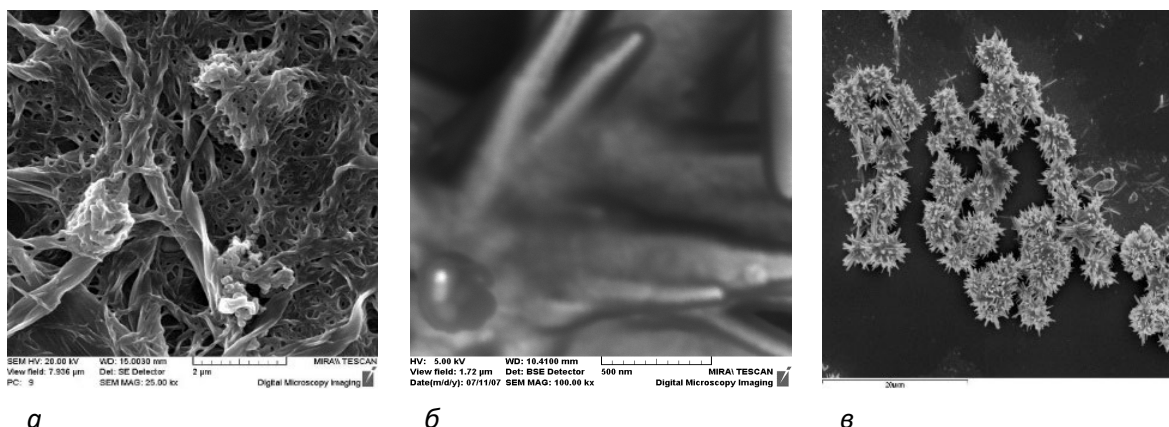


Рисунок 1. – Гибридная дисперсная фаза комплексной литиевой смазки ИТМОЛ-150Н (а) и комплексной сульфат кальцевой смазки ИТМОЛ Su200 (б, в)

Введение ультрадисперсных частиц наполнителя в структуру мыльных компонентов обеспечивает формирование более разветвленного и упрочненного пространственного каркаса дисперсной фазы с застabilизированными частицами наполнителя, что обуславливает повышение реологических и трибологических свойств пластичных смазок. Смазки с ГДФ характеризуются повышенным уровнем термической стойкости и нагрузочной способности, улучшенной коллоидной стабильностью. Они рекомендуются для смазывания высокотемпературных и тяжело нагруженных узлов трения, в том числе транспортной техники. В частности, пластичная смазка ИТМОЛ-150Н используется на ОАО «Белкард» для закладки в игольчатые подшипники карданных валов различного типоразмера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Манг, Т. Смазки. Производство, применение, свойства. Справочник / Т. Манг, У. Дрезель. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2010. – 944 с.
2. Рудник, Л. Р. Присадки к смазочным материалам. Свойства и применение / Л. Р. Рудник. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2013. – 928 с.
3. Алисин, В. В. Новый класс смазок на основе устойчивых дисперсий твердых нанопорошков / В. В. Алисин, Б. В. Покидько, Г. А. Симакова // Трение и износ. – 2012. – № 1(33). – С. 5–10.
4. Ивахник, А. В. Пластичные смазочные материалы на основе бинарной дисперсной фазы повышенной нагрузочной способности : дис. ... канд. техн. наук : 05.16.09 / А. В. Ивахник. – Минск, 2014. – 190 л.
5. Мельников, В. Г. Термодинамика мицеллярной системы пластичных смазок / В. Г. Мельников // Мир нефтепродуктов. – 2007. – № 2. – С. 10–16.