

**Ключевые слова:**

смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), водосмешиваемые СОЖ, вспениваемость, смазывающая способность

ЛАБОРАТОРНЫЙ АНАЛИЗ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

Александр КЛЕПИКОВ

Представлен обзор стандартного набора тестов водосмешиваемых СОЖ направления применительно к металлообработке. Отдельное внимание уделено тестам на вспениваемость и тесту на смазывающую способность.

В одной из предыдущих статей (журнал «СТАНКОИНСТРУМЕНТ», 2020, № 1) были рассмотрены вопросы мониторинга смазочно-охлаждающих жидкостей в условиях предприятия, то есть в случаях, когда не требуется привлечение заводской или независимой лаборатории. Однако, если речь идет о снабжающей весь цех или участок централизованной системе емкостью в десятки тонн, максимум эффекта от использования продукта не достигим без эпизодического или регулярного лабораторного анализа. Значительно более длительная эффективная работа одной и той же СОЖ в централизованных системах, в отличие от индивидуальных, в том числе обусловлена более тщательным мониторингом ее состояния, включая анализ в лаборатории. Такой подход вполне оправдан, поскольку мы говорим не только о стоимости самой жидкости, составляющей 1–2% от общих затрат на производство, но и о стоимости останки всего цеха или участка в случае усугубления вовремя невыявленной проблемы или для более частой плановой замены.

Лабораторный анализ может потребоваться и для индивидуальных систем, когда необходимо понять причины, например, появления следов коррозии на оборудовании, потери эмульсией механической стабильности, или в иных случаях, когда «что-то пошло не так». Еще одна причина привлечь заводскую или стороннюю лабораторию к анализу СОЖ в индивидуальных системах – более точное определение срока эффективной работы жидкости для последующей корректировки графика работ.

Независимых лабораторий, способных качественно сделать анализ водосмешиваемых СОЖ, у нас в стране пока крайне мало. Компании Castrol

Россия удалось наладить этот процесс совместно с МИЦ ГСМ, давно и широко известным в области анализа автомобильных и промышленных смазочных материалов.

В результате сотрудничества появился стандартный набор тестов (КИТ СОЖ), а также отработано несколько дополнительных тестов для определенных случаев. В данной статье представлен общий обзор этого направления применительно к металлообработке.

Отметим, что в отрасли используются десятки методов анализа водосмешиваемых СОЖ, которые можно разделить на несколько категорий:

- отраслевые методы из области анализа масел и пластичных смазок, используемые «как есть» или адаптированные. Примерами могут служить определение кинематической вязкости и относительной плотности концентрата водосмешиваемой СОЖ или масляной рабочей жидкости, тест на четырехшариковой машине трения (ЧШМ), температура вспышки и др.;
- стандартные или адаптированные методы анализа автомобильных антифризов, например элементный анализ на атомно-эмиссионном спектрометре или ионная хроматография;
- методы, разработанные крупнейшими потребителями или объединениями потребителей СОЖ. Здесь можно привести в пример тесты CNOMO (Committee De Normalisation De La Machine Outiels – объединение французских автопроизводителей) на эмульгируемость и циркуляционный тест на вспениваемость;
- методы, разработанные производителями СОЖ и применимые только к СОЖ.



Рис. 1. Однородная смесь «недружественных» веществ

Причем в последней категории у крупнейших представителей отрасли могут быть свои наработки. Более того, условия проведения и предельные значения для результатов могут варьироваться даже у одного производителя от продукта к продукту. Это, в том числе, касается таких специфических тестов, как стабильность концентрата (в некоторых источниках – стабильность при хранении) и стабильность эмульсии. Напомним, что водосмешиваемая смазочно-охлаждающая жидкость с минеральным маслом в составе, строго говоря, представляет собой смесь веществ, не смешивающихся друг с другом (рис. 1). Это, собственно, масло и вода. Кроме того, в готовом продукте содержатся как водорастворимые, так и маслорастворимые присадки. Доля воды в концентрате может достигать десятков процентов от общего объема.

При этом, глядя на концентрат, мы видим однородную жидкость благодаря соединениям, временно обеспечивающим ее механическую стабильность. Добиться такой стабильности непросто, именно поэтому на время и условия хранения водосмешиваемых СОЖ существуют более жесткие ограничения по сравнению с масляными.

Возвращаясь к тесту на стабильность концентрата, уточним, что в нем могут различаться как температуры, так и время их воздействия на образцы разных продуктов даже одного производителя.

Это же касается теста на стабильность эмульсии (рис. 2). Он также прост, как описанный выше, и заключается в визуальной оценке образца через определенное время после приготовления и отстаивания эмульсии с водой с различным – чаще всего повышенным – содержанием солей жесткости. Если описанный ранее тест касался только процесса хра-



Рис. 2. Тест на стабильность эмульсии успешно пройден

нения, то этот уже ближе к реальным условиям работы продукта. Как упоминалось в одной из предыдущих статей, в процессе работы в эмульсии происходит накопление солей, поступающих вместе с водой при пополнении системы.

Разумеется, описанными выше методами определения столь важных характеристик компания Castrol Россия не ограничивается. Формат обзорной статьи позволяет затронуть лишь самые распространенные и относительно легко выполнимые методы анализа.

ТЕСТЫ НА ВСПЕНИВАЕМОСТЬ

В отрасли используется несколько общепринятых методов тестирования на вспениваемость (в различных источниках используются термины «тесты на пенообразование», «стойкость к пенообразованию» и пр.) смазочно-охлаждающих жидкостей. Как и в большинстве лабораторных тестов, их суть заключается в имитировании условий реального процесса обработки металла, а разработка каждого следующего из них еще раз показывает, насколько разнообразными могут быть как технологические процессы, так и рецептуры рабочих жидкостей для них.

На интенсивность образования пены непосредственно в станке влияет ряд факторов:

- жесткость воды – чем меньше в воде солей жесткости, тем выше вероятность образования пены;
- состав концентрата – в основном имеются в виду количество и свойства поверхностно-активных веществ (ПАВ);
- операция обработки и скорость резания – очевидно, что на высокоскоростных режимах вероятность вспенивания выше;

- конструкция и расположение возвратного желоба;
- давление жидкости и расход;
- температура жидкости.

На сегодняшний день можно выделить четыре распространенных теста, оценивающих это, довольно вредное для технологического процесса, явление.

«Бутылочный» тест – самый простой и наименее затратный (рис. 3). В градуированную емкость наливается определенный объем эмульсии, приготовленной с водой строго определенной жесткости. Емкость вручную встряхивается с заданными количеством и общим временем циклов, после чего оценивается объем пены и время ее оседания. Переменные в этом тесте – так же, как подход к оценке результатов, – устанавливаются каждым производителем и для каждого продукта отдельно.

Тест с аэрацией (ASTM D892), широко известный в анализе масел. Заключается в прокачивании воздуха через жидкость с определенной скоростью в течение определенного времени. После чего измеряется объем образовавшейся пены сразу после воздействия и через 10 мин. Этот метод разработан для масел и, строго говоря, мало подходит для водосмешиваемых СОЖ, однако вполне применим для масляных.

Метод № D655212, разработанный SNOMO. Градуированный цилиндр наполняется эмульсией, после чего жидкость прокачивается через боковое отверстие цилиндра центробежным насосом и возвращается обратно в емкость с высоты 390 мм над уровнем жидкости. Объем пены регистрируется сразу после остановки насоса и через определенное время.

Тест на установке SITA foam tester (рис. 4). Заключается в крайне интенсивном механическом

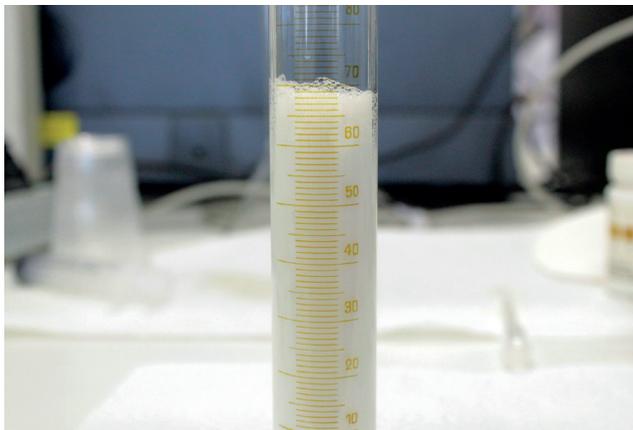


Рис. 3. Бутылочный тест: образец через секунду после встряхивания



Рис. 4. Установки SITA Foam tester

перемешивании жидкости с автоматической регистрацией высоты пены и времени ее оседания как в процессе циклов перемешиваний разной интенсивности, так и после остановки модуля перемешивания. Кроме прочего, позволяет отследить структуру и размеры пузырьков пены.

ТЕСТЫ НА СМАЗЫВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

Из-за сложности и комплексности условий реального процесса резания металла ни один лабораторный метод не способен смоделировать требования к СОЖ в части смазывающей способности для всех возможных технологических процессов. Именно поэтому при создании композиций СОЖ крупные производители используют, как правило, несколько тестов для качественного прогнозирования этой важнейшей характеристики будущего продукта. Если говорить о продуктах Castrol, то мы считаем проведение только стендовых испытаний СОЖ недостаточным.



Рис. 5. Технологический центр Castrol в г. Менхенгладбах (Германия)

В технологическом центре Castrol, который работает неподалеку от Дюссельдорфа (рис. 5), жидкости проходят дополнительные испытания в реальных станках.

Все существующие методы оценки смазывающей способности СОЖ можно разделить на три группы. Первая группа воспроизводит процессы трения, скольжения и качения. Эти тесты широко используются при производстве и мониторинге масел и консистентных смазок.

Вторая группа ближе к рассматриваемой теме – входящие в нее тесты либо имитируют процессы резания на специально сконструированных стендах, либо проводятся непосредственно в станках на различных операциях со строго заданными параметрами режимов резания.

Наконец, в третьей группе тестов имитируются процессы обработки металла давлением.

Методы первой группы используются при создании и мониторинге СОЖ нечасто, поскольку процесс резания металла значительно шире по совокупности физических и химических явлений, чем процессы, для которых они разрабатывались. Тем не менее, перечислим их:

- тесты на четырехшариковой машине трения (ASTM D4172 и ASTM D2783);
- тесты на машине Фалекса со штифтом и V-образными блоками (ASTM D3233 и ASTM D2670), а также на паре «блок-кольцо» (ASTM D2714 и D2782);
- тест для определения коэффициента трения на фрикционном маятнике (Soda-Pendulum) и др.

Вторая группа методов наиболее интересна в рамках данной статьи, поэтому остановимся на них подробнее. Итак, если не учитывать испытания в реальных станках, то отрасль располагает на сегодняшний день одним отработанным методом, максимально приближенным к реальным условиям работы жидкости, насколько это возможно реализовать в условиях лаборатории. Это измерение крутящего момента при нарезании резьбы (Tapping Torque Test) (рис. 6). В этом тесте значения крутящего момента измеряются в процессе нарезания резьбы в предварительно просверленном отверстии в образце, который может быть изготовлен из различных металлов в зависимости от цели испытаний. Затем вычисляется среднее значение крутящего момента за пять прогонов.

Результаты испытаний могут быть выражены либо в виде непосредственно значения крутящего момента, либо как отношение среднего значения крутящего момента эталонной жидкости к крутящему моменту для испытательной жидкости. Один и тот же метчик используется как для эталонной



Рис. 6. Установка для измерения крутящего момента при нарезании резьбы

жидкости, так и для тестируемой. Этот метод хорошо подходит для предварительной оценки смазывающей способности СОЖ.

Третья группа методов оценки смазывающей способности имеет отношение к другому способу обработки металла – обработке давлением, поэтому в рамках данной статьи не рассматривается.

Выше мы рассмотрели лишь некоторые методы тестирования смазочно-охлаждающих жидкостей, используемые, в основном, при их создании или сравнении. Можно сказать, слегка приоткрыли дверь в самую таинственную комнату производителя этих сложных и комплексных участниц технологического процесса. В следующей статье мы перейдем в цех к потребителю и постараемся доступно и интересно рассказать о том, как заводская или независимая лаборатория может помочь предприятию получить максимум от работающего в станках продукта.

КЛЕПИКОВ Александр –
технический консультант по маслам для промышленных предприятий компании Castrol Россия