

полностью отсутствуют, материал не разрушается, а деформируется. Собранный испытуемый электролизер представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Испытуемый электролизер из материала алюминий АМг3М

Проведенные эксперименты позволили выделить самый оптимальный материал для сборки электролизера, который будет, устанавливается в систему повышения мощности ДВС, а так же снижения токсичности двигателя. Из описанного выше, можно сделать вывод, что композитный материал алюминий АМг3М является приемлемым материалом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электролиз воды. Л.М. Якименко, И.Д. Модылевская, З.А. Ткачек. Изд. – Химия, 1970. – 264с.
2. Тракторы и автомобили/ Под ред. А.В. Богатырева. – М.: КолосС, 2008. – 400с.
3. Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова (11 ноября 2020 г.) / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. – Новосибирск, 2020. – 197 с.

УДК 631.3-6

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА ПРОДУКТАМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ ДВС

В.К. Корнеева, канд. техн. наук, доцент

В.М. Капцевич, д-р техн. наук, проф.

И.В. Закревский, ст. преподаватель

П.М. Спиридович, магистрант

Белорусский государственный аграрный технический университет

Аннотация. Описан метод мембранной фильтрации (*Patch Test*) для контроля загрязненности моторного масла работающего ДВС, заключающийся в осаждении на мембранном фильтре твердых частиц загрязнений различной природы и последующем анализе полученных фильтрограмм. Рассмотрено используемое оборудование и приспособления для реализации метода.

Ключевые слова: моторное масло, ДВС, мембранная фильтрация (*Patch Test*), мембранный фильтр, фильтрограмма

В настоящее время мембранная фильтрация находит применение для проведения исследований в химии, микробиологии, биохимии, медицине, пищевой промышленности. В

зарубежных странах метод мембранной фильтрации, получивший название «патч-тестирование» (*Patch Test*), применяется также для анализа продуктов загрязнений топлив, смазочных материалов и других технических жидкостей. Так, например, фирмой *Filtration Analysis Services Technology Ltd* предлагается портативный комплект *FA-ST* для мониторинга вида и количества загрязнений в гидравлических системах машин и оборудования непосредственно на рабочем месте (рис.1) [1]. Однако, в странах СНГ этот метод до настоящего времени не получил широкого развития и применения.



Рис. 1. Портативный комплект *FA-ST*

Метод *Patch Test* позволяет, во-первых, определить общую загрязненность моторного масла нерастворимыми механическими примесями по изменению массы фильтра [2], во-вторых, используя микроскоп, оценить соответствующий класс чистоты моторного масла, согласно классификации ISO 4406 [3], в-третьих, провести анализ размеров, формы и природы твердых частиц, что позволяет определить источник поступления загрязнений, а анализируя присутствующие металлические частицы оценить характер и причину износа деталей трибосопряжений. Метод *Patch Test* в конечном итоге позволяет своевременно определять неисправности, возникающие в работающем ДВС, и предотвращать выход двигателя из строя.

Целью данной работы является описать метод мембранной фильтрации для контроля загрязненности моторного масла работающего ДВС, используемое оборудование и приспособления для его реализации.

Метод мембранной фильтрации на примере работающего моторного масла заключается в следующем. Проба предварительно разбавленного растворителем исследуемого моторного масла 1, залитая в воронку 3 с фильтродержателем, с помощью вакуумного насоса 5 через мембранный фильтр 4, закрепленный на основании фильтродержателя, пропускается в приемную колбу 6 (рис. 1). Мембранный фильтр с

осажденными на нем частицами загрязнений (филт로그램) сушится, взвешивается и подвергается микроскопическому исследованию.

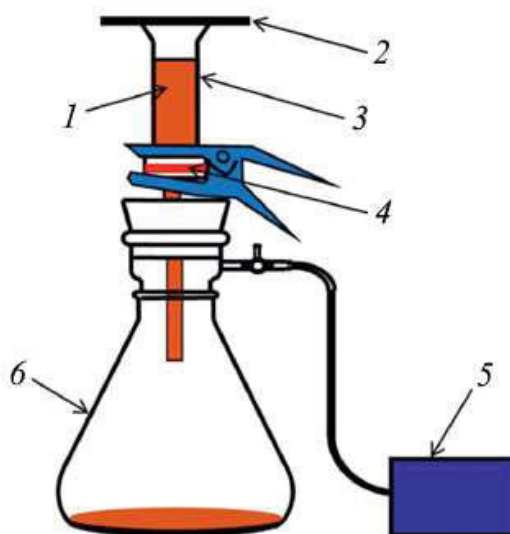


Рис. 1. Схема установки для изготовления филт로그램: 1 – пробка масла; 2 – крышка; 3 – воронка с фильтродержателем и зажимом; 4 – мембранный фильтр; 5 – вакуумный насос; 6 – колба

В качестве разбавителя моторного масла обычно используется петролейный спирт (уайт-спирит) или разбавитель аналогичного типа в соотношении 1:1 [4, 5].

Воронка с фильтродержателем может быть изготовлена в следующих исполнениях (рис. 2) [6]:

– из нержавеющей стали с объемом воронки 50 мл, диаметром фильтродержателя 25 мм с основанием из борросиликатного стекла и зажимом из анодированного алюминия или объемами 100 или 250 мл, диаметром фильтродержателя 47 мм со стальным основанием (рис. 2, а);

– из боросиликатного стекла с объемом воронки 300 мл, диаметром фильтродержателя 47 мм с подложкой для фильтра из фриттованного стекла и зажимом из анодированного алюминия (рис. 2, б);

– из полисульфона с объемом воронки 250 или 500 мл, диаметром фильтродержателя 47 мм с основанием фильтродержателя и подложкой для фильтра из полипропилена (рис. 2, в).



Рис. 2. Типы воронок с фильтродержателями

В качестве приемной колбы, соединяемой с воронкой силиконовой пробкой, используется колба Бунзена объемом 1 или 4 л.



Рис. 3. Колбы Бунзена

Процесс фильтрации осуществляется за счет разницы между атмосферным давлением над фильтруемой разбавленной пробой масла и искусственно создаваемым разрежением (вакуумом) в сосуде приемнике. Вакуумный насос должен обеспечивать разрежение порядка 86,6 кПа (650 мм рт. ст.) [4]. В полевых условиях целесообразно использовать ручной вакуумный насос (рис. 4).



Рис. 4. Вакуумный насос VSPG38

Согласно [2, 4] используют мембранные фильтры (рис. 5), совместимые с пробой масла, а также с применяемыми разбавителями диаметром 47 мм, белого цвета, с нанесенной сеткой [каждый квадрат сетки стороной в $(3,08 \pm 0,05)$ мм и площадью, равной 1/100 площади рабочей зоны фильтрации] (рис. 5, а), с номинальным размером пор 0,8 или 0,45 мкм. Допускается использование мембранных фильтров других диаметров, например, 25 мм. Изготавливаются мембранные фильтры из различных полимерных материалов: ацетата целлюлозы; нитрата целлюлозы; смешанного эфира (ацетат + нитрат) целлюлозы (рис. 5, б); полиэфирсульфона (рис. 5, в); нейлона; политетрафторэтилена и др.

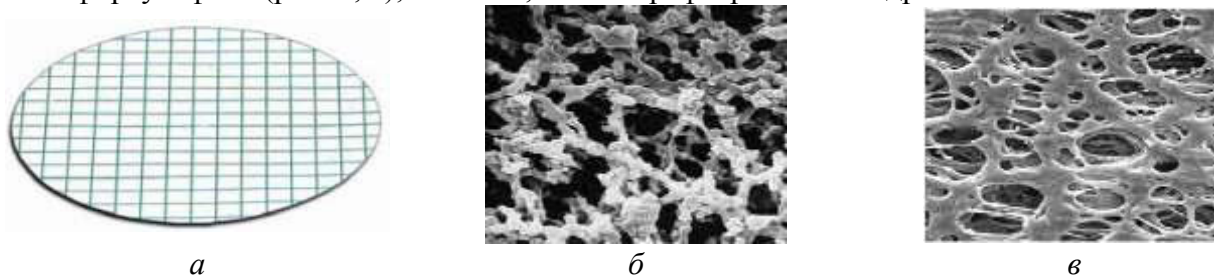


Рис. 5. Мембранный фильтр: а – внешний вид; б – микроструктура фильтра из смешанного эфира целлюлозы; в – микроструктура фильтра из полиэфирсульфона

Для сушки полученных фильтрограмм используют термостат статического типа с естественной циркуляцией, обеспечивающий поддержание температуры (90 ± 5) °С [2] или сушильный шкаф, температуру в котором можно регулировать до (70 ± 2) °С [4].

Для взвешивания высушенных фильтрограмм рекомендуют использовать аналитические весы с одной или двумя чашками, обеспечивающие среднеквадратическое отклонение точности взвешивания не более 0,07 мг [2].

Для проведения микроскопического исследования применяют различные микроскопы (рис. 6), например, для лабораторного анализа – оптические микроскопы с увеличением до $\times 2000$ (рис. 6, а), а для полевых условий – портативные микроскопы с увеличением $\times 50$ – 100 (рис. 6, б).



а



б

Рис. 6. Микроскопы для анализа фильтрограмм: а – инвертированный микроскоп МИ-1 Т с увеличением до $\times 1500$; б – портативный микроскоп *Levenhuk Zeno Cash ZC10* с увеличением $\times 60$ – 100 и возможностью фиксации на смартфоне или планшете для фото- и видеосъемки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Portable Patch Test Kit with Carry Case / Filtration Analysis Services Technology Ltd [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://www.fa-st.co.uk/products/oil-analysis/portable-patch-test-kit/>. – Date of access: 03.10.2021.
2. Standard Test Method for Particulate Contamination in Aviation Fuels by Laboratory Filtration: ASTM D5452-12. – ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States, 2012. – 11 p.
3. Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей: ГОСТ 17216-2001. – Введ. 24.05.2001. – Минск: Межгос. совет по стандарт., метрологии и сертиф., 2001. – 12 с.
4. Чистота промышленная. Определение загрязненности жидкости методом счета частиц с помощью оптического микроскопа: ГОСТ ИСО 4407-2006. – Введ. 24.06.2006. – Москва: Стандартиформ, 2007. – 19 с.
5. Fitch, J.C. The Lubrication Field Test and Inspection Guide / J.C. Fitch // Noria Corporation. – 2000. – 36 p.
6. Лабораторная фильтрация. Мембраны. Фильтродержатели. Аксессуары: проспект. – Москва: Millipore, 2020. – 50 с.