

6. ANALEX_RPD – Rotary Particle Depositor / #FG-K19026-KW / Parker [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://ph.parker.com/us/en/analex-rpd-rotary-particle-depositor/fg-k19026-kw>. – Date of access: 15.08.2021.

7. Bichromatic Ferrographic Microscope / MicroscopeWorld [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://www.microscopeworld.com/p-958-bichromatic-ferrographic-microscope.aspx>. – Date of access: 15.08.2021.

8. Ferroscope – Wear Debris Analysis (Ferrography) / Trico [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://www.tricocorp.com/product/ferroscope/>. – Date of access: 15.08.2021.

9. SpectroT2FM Q500 Analytical Ferrography Laboratory / SciMED™ [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://www.scimed.co.uk/product/spectrot2fm-q500-analytical-ferrography-laboratory/>. – Date of access: 15.08.2021.

УДК 631.3-6

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В МОТОРНОМ МАСЛЕ СОГЛАСНО ASTM 7684

*Студент – Спиридович П.М., змаг 21 тс, 1 курс, ФТС
Научные*

*руководители – Капцевич В.М., д.т.н., профессор;
Корнеева В.К., к.т.н., доцент*

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

Аннотация. Показана возможность использования оптической микроскопии для анализа размеров, формы, количества и природы продуктов износа, содержащихся в моторном масле.

Ключевые слова: моторное масло, продукты износа, оптическая микроскопия.

Одним из важнейших элементов конструкции двигателя является работающее моторное масло [1], от качества которого во многом зависит надежность работы всех трущихся сопряжений двигателя. Кроме того, моторное масло является источником информации как о своем состоянии, так и о состоянии механизмов и узлов сельскохозяйственных машин.

Стандарт ASTM 7684 [2] разработан для анализа твердых частиц загрязнений различной природы в моторных и других маслах, извлекаемых путем (рисунок 1):

– аналитической феррографии с линейной системой осаждения (рисунок 1, а);

- аналитической феррографии с вращающейся системой осаждения (рисунок 1, б);
- мембранной фильтрации (патч-тестирование) (рисунок 1, в);
- анализа твердых частиц, осаждаемых на масляном фильтре двигателя (рисунок 1, з);
- анализа ферромагнитных частиц, осаждаемых на магнитной пробке (рисунок 1, д) или магнитном шупе (рисунок 1, е).

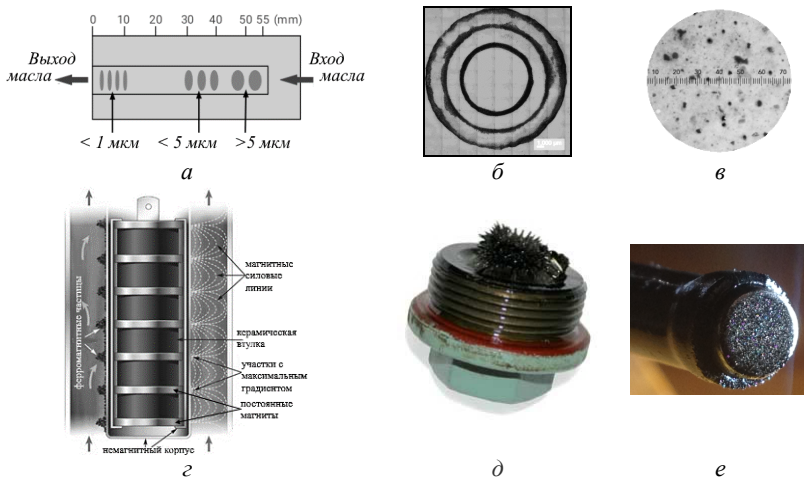


Рисунок 1 – Частицы загрязнений, извлекаемых из моторного масла различными методами: а – аналитическая феррография с линейной системой осаждения; б – аналитическая феррография с вращающейся системой осаждения; в – мембранная фильтрация (патч-тестирование); з – анализ твердых частиц, осаждаемых на масляном фильтре двигателя; д – анализа ферромагнитных частиц, осаждаемых на магнитной пробке; е – анализ ферромагнитных частиц, осаждаемых на магнитном шупе

Оптическая микроскопия позволяет выделить следующие группы частиц износа, различающиеся по форме и размерам и характеризующие конкретный вид изнашивания: гладкие пластины размером 5–15 мкм и толщиной до 1 мкм, образующиеся в результате нормального изнашивания при скольжении в результате отслаивания; спирали шириной 2–5 мкм и длиной 25–100 мкм, возникающие при абразивном изнашивании (микрорезании) деталей; сферы диаметром 1–10 мкм, образующиеся в трещинах подшипников или зубчатых зацеплениях в результате усталостного изнашивания; пластины размером до 200 мкм и толщиной до 3 мкм с параллельными царапинами на поверхности, являющиеся результатом сильного изнашивания при заедании (задиры) в условиях скольжения; плоские

частицы хлопьевидной формы размером 20–50 мкм, появляющиеся в результате усталостного выкрашивания подшипников качения; крупные частицы износа неправильной геометрической формы с соотношением длины (ширины) к толщине от 4:1 до 10:1, образующиеся в зубчатых передачах в результате усталостного износа.

Для определения химического состава частиц износа необходимо произвести нагрев феррограммы ($t = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 2\text{ мин}$). Оптическая микроскопия позволяет выделить следующие группы частиц по химическому составу:

- частицы алюминия и хрома – до и после термообработки феррограммы представляют собой частицы ярко-белого цвета, которые случайным образом осаждаются на поверхности феррограммы; при этом более крупные частицы собираются на цепочках ферромагнитных частиц;

- частицы меди – до и после термообработки обычно представляют собой частицы ярко-желтого цвета, однако после термообработки их поверхность может стать зеленоватой; такие частицы произвольно размещаются на поверхности феррограммы, при чем более крупные частицы будут находиться на входе, а мелкие – на выходе;

- частицы баббита – перед термообработкой выглядят серыми, иногда с пятнами, а после термообработки пятна приобретают синий или красный оттенок (после термообработки эти частицы уменьшаются в размерах); такие частицы, как и частицы меди, располагаются на предметном стекле случайным образом, а не в цепочках с ферромагнитными частицами;

- частицы оксида кремния – не меняют внешний вид после термообработки и представляют собой белые кристаллы, которые легко идентифицируются под действием проходящего света; такие частицы располагаются на предметном стекле случайным образом и обычно попадают в окружение цепочек ферромагнитных частиц.

Ферромагнитные частицы разделяют на пять категорий: высоколегированные стали, низколегированные стали, темные оксиды железа, чугун и красные оксиды железа. Крупные частицы оседают на входе феррограммы и часто слипаются друг с другом. Эти частицы идентифицируются на микроскопе в отраженном свете, т.к. проходящий свет полностью блокируется частицами.

Частицы высоколегированной стали находятся на предметном стекле в виде цепочек и имеют серо-белый цвет как до, так и после термообработки. В отличие от белых цветных металлов частицы высоколегированных сталей образуют цепочки.

Частицы низколегированной стали также находятся в цепочках и выглядят серо-белыми до термообработки. После термообработки такие частицы становятся синими, а также могут приобретать розовый и красный цвет.

Частицы темных оксидов железа осаждаются цепочками и имеют цвет от темно-серого до черного как до, так и после термообработки. Оттенок темноты указывает на степень окисления.

Частицы чугуна выглядят серыми до термообработки и соломенно-желтыми после термообработки. Они объединены в цепочки среди других ферромагнитных частиц.

Частицы красных оксидов (ржавчины) хорошо идентифицируются в поляризованном свете. Такие частицы располагаются в цепочках с другими частицами или случайным образом осаждаются на поверхности предметного стекла. Большое количество мелких частиц красных оксидов на выходе феррограммы обычно считается признаком коррозионного износа.

Таким образом, оптическая микроскопия позволяет проводить анализ размеров, формы, количества и природы продуктов износа, содержащихся в моторном масле, что в конечном итоге позволяет получать своевременную информацию о техническом состоянии механизма и при необходимости провести своевременный ремонт и замену отдельных деталей, тем самым предотвращая выход механизма из строя.

Список использованных источников

1. Резников, В.Д. Надежность моторного масла как элемента конструкции двигателя / В.Д. Резников // Химия и технология топлив и масел. – 1981. – №8. – С. 24–27.
2. Standard Guide for Microscopic Characterization of Particles from In-Service Lubricants: ASTM D7684-11 (2016). – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016. – 9 p.

УДК 631.3-6

ОСОБЕННОСТИ РАСТЕКАНИЯ КАПЛИ МОТОРНОГО МАСЛА НА ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ БУМАГЕ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ МОЮЩЕ-ДИСПЕРГИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МЕТОДОМ КАПЕЛЬНОЙ ПРОБЫ

*Студенты – Спиридович П.М., маг 21 тс, 1 курс, ФТС;
Зыков Н.Д., 24 мо, 3 курс, ФТС*

*Научные
руководители – Капцевич В.М., д.т.н., профессор;
Корнеева В.К., к.т.н., доцент*

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

Аннотация. Рассмотрен процесс растекания капли работающего моторного масла и образования масляного пятна на хроматографической бумаге: фильтровальной бумаге «синяя лента» и офисной бумаге