

Формирование развитой культуры безопасности – кропотливый и ответственный процесс. Бесспорно, его успешность зависит от применяемых инструментов, от способа внедрения различных практик и всегда лежит на плечах руководителей всех уровней.

Список используемых источников:

1. XX World Congress for Safety and Health at Work [Электронный ресурс] / Vision Zero. – Режим доступа <https://visionzero.global/ru/node/272>. Дата обращения: 08.04.2021.
2. Final Report 2019 [Электронный ресурс] / International Social Security Association. – Режим доступа: <https://ww1.issa.int/>. Дата обращения: 08.04.2021.
3. Быстров К.А. Росатом снижает травматизм [Электронный ресурс] /К.А. Быстров, Е.В. Шембель // Страна Росатом. – 20 мая 2019 г. – Режим доступа: <https://strana-rosatom.ru/2019/05/20>. Дата обращения: 08.04.2021.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ МЕТАЛЛОВ НА ДЕСТРУКЦИЮ МОТОРНОГО МАСЛА

Т.А. Задорожная, к.т.н., доц., О.Б. Назаренко^а, д.т.н., проф., Н.Н. Соловьев, студ.

Томский политехнический университет

634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-70-17-77 вн. 1916

E-mail: ^аolganaz@tpu.ru

Аннотация: Моторное масло в процессе эксплуатации претерпевает изменения, приводящие к ухудшению его свойств. Одним из способов улучшения свойств моторных масел является введение в них нанодисперсных металлов. Для исследования влияния нанопорошков металлов на процесс деструкции масла при нагревании и его старение в данной работе использовали метод термического анализа. Установлено, что присутствие нанопорошка алюминия в масле привело к снижению деструкции моторного масла, в то время как нанопорошок железа вызвал существенное ускорение деструкции.

Abstract: Motor oil undergoes changes during operation, leading to deterioration in its properties. One of the ways to improve the properties of motor oils is the introduction of nanodispersed metals into them. To study the effect of metal nanopowders on the process of oil destruction upon heating, the method of thermal analysis was used in this work. It was found that the presence of aluminum nanopowder in the oil led to a decrease in the destruction of motor oil, while the iron nanopowder caused a significant acceleration of the destruction.

Ключевые слова: моторное масло, нанопорошки металлов, термический анализ, деструкция

Keyword: motor oil, metal nanopowders, thermal analysis, destruction

При работе в двигателе происходит процесс старения моторного масла, которое претерпевает существенные изменения в своем составе и свойствах. Старение масла вызвано его взаимодействием с газообразными, жидкими и твердыми продуктами загрязнения, таким как продукты неполного сгорания топлива, износа деталей двигателя, атмосферная пыль, охлаждающая жидкость и т. д. Кроме того, масло в условиях эксплуатации подвергается воздействию высоких температур, интенсивно окисляется, испаряется, полимеризуется и коксует. Продукты, образующиеся в результате всех этих процессов, накапливаются в моторном масле и приводят к значительному ухудшению его свойств.

К показателям или диагностическим параметрам, с помощью которых можно оценить степень старения моторного масла и состояние двигателя, относятся температура вспышки и содержание продуктов износа в отработанном масле – железа, меди и других металлов.

Температура вспышки – это показатель, который характеризует наличие в масле легкокипящих фракций, связанный с испаряемостью масла в процессе эксплуатации. Как правило, хорошие масла имеют температуру вспышки более 225 С. Недостаточно качественные масла имеют в своем составе маловязкие фракции, которые быстро испаряются и выгорают, а это приводит к большому расходу масла и ухудшению его низкотемпературных свойств. Снижение температуры вспышки масла под влиянием примесей может с высокой вероятностью привести к пожару.

Содержание продуктов износа в масле. Изнашивание большинства приработанных пар трения в двигателях при нормальной эксплуатации носит линейный характер. При возникновении дефекта в паре трения, связанного с ее усиленным износом, интенсивность изнашивания, а также количественное содержание в масле металлов, характерных для данной пары, резко увеличивается. Элементами-индикаторами, характеризующими состояние деталей двигателей, являются:

- железо, характеризующее износ гильз цилиндров, шеек коленчатого вала, подшипников качения, зубьев шестерен и др.;
- алюминий, наличие которого в масле свидетельствует об износе поршня, антифрикционного слоя подшипников скольжения, попадании пыли из воздуха;
- медь, образующаяся в результате износа и выкрашивания подшипников скольжения;
- другие продукты разложения металлосодержащих присадок.

Ряд исследований посвящен проблеме старения масла в процессе эксплуатации, в том числе показано, что температура вспышки масел снижается при старении. Работы по улучшению эксплуатационных свойств масел направлены на исследование качества моторного масла с целью уменьшения износа деталей машин. Для этого в моторные масла добавляют различные присадки, в том числе нанодисперсные порошки металлов [1]. Применение нанодисперсных порошков дает ряд преимуществ по сравнению с более крупными микронными порошками. Нанопорошки имеют относительно небольшую скорость седиментации в маслах. Кроме того, нанопорошки металлов имеют склонность к спеканию, и при существенно меньших усилиях они образуют сплошные пленки. Ранее проводились исследования влияния нанопорошков металлов на износ деталей, коэффициент трения [2, 3]. Показано, что введение в масло нанопорошков металлов увеличивает значение нагрузки схватывания на различных составах, а также выявлено, что наиболее эффективным является применение нанопорошков меди. Работ по исследованию влияния нанодисперсных металлов на показатели горючести и термическую стойкость моторного масла нет.

Для исследования процессов, происходящих при старении масла, используют различные химические и физические испытания, позволяющие оценить влияние базовых компонентов смазочного материала и присадок. Быструю оценку базовых масел и добавок при сокращении количества дорогостоящих полномасштабных испытаний позволяет провести метод термического анализа [4]. В данной работе представлены результаты применения термогравиметрического анализа (ТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для исследования влияния нанодисперсных металлических добавок в моторное масло. ТГ измерения дают информацию о потерях веса из-за полимеризации, окисления, испарения или образования летучих соединений масла в процессе нагрева. Производные по времени этих измеренных значений важны для изучения скоростей реакции. С помощью ДСК можно определить начало реакции, а также природу и теплоту реакции. Помимо этого, комбинация с масс-спектрометрией или газовой хроматографией может дать дополнительную информацию о происходящих при нагревании реакциях.

В нашем исследовании применялись нанодисперсные порошки меди, алюминия и железа, полученные методом электрического взрыва проводников [5, 6]. Для изготовления суспензий с концентрацией нанодисперсных металлов 3 масс. % использовано моторное масло Total Evolution 700 STI 10W. Для исследования термической стойкости приготовленных образцов использовали совмещенный термоанализатор STA 449 F1 Jupiter в режиме линейного нагрева (10 °С/мин). Термический анализ проводили в атмосфере воздуха в интервале температур 20 – 800 °С. Измерение температуры вспышки будет проводиться согласно методике определения температуры вспышки в открытом тигле (ГОСТ 12.1.004-89).

Результаты термического анализа контрольного образца чистого масла Total Evolution 700 STI 10W и суспензий с нанопорошками меди, алюминия и железа представлены на рис. 1–4, соответственно.

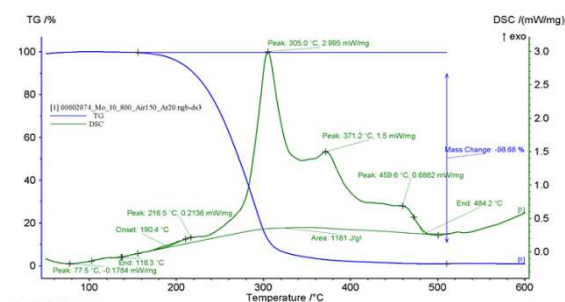


Рис. 1. Термограмма моторного масла Total Evolution 700 STI 10W

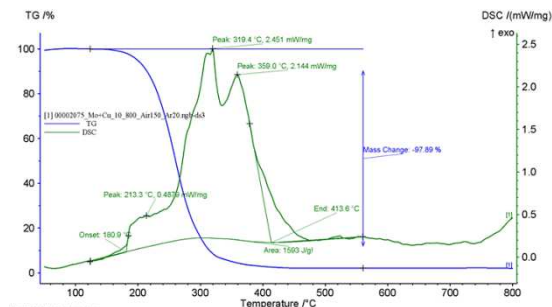


Рис. 2. Термограмма суспензии моторного масла и нанопорошка меди

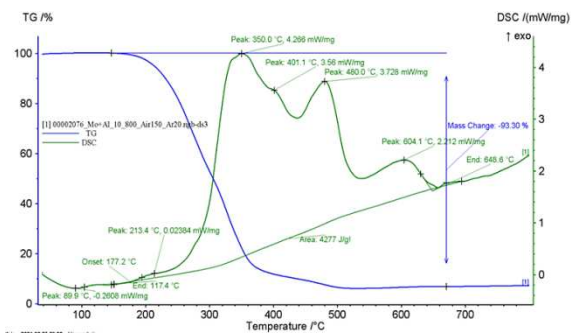


Рис. 3. Термограмма суспензии моторного масла и нанопорошка алюминия

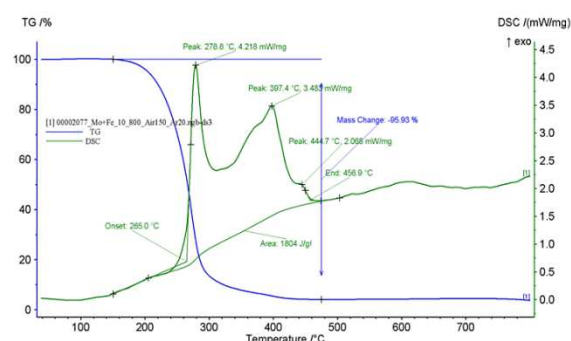


Рис. 4. Термограмма суспензии моторного масла и нанопорошка железа

Согласно данным, полученным с помощью термического анализа, деструкция моторного масла при нагревании в окислительной атмосфере воздуха представляет собой многостадийный процесс с температурой максимума первого теплового эффекта T_{max1} 305, 319, 350 и 279 °С для чистого масла, суспензий масла и нанопорошков меди, алюминия, железа, соответственно. Таким образом, только нанопорошок железа приводит к ускорению деструкции и снижению температуры T_{max1} . Введение нанопорошка алюминия в масло привело к увеличению температуры начала деструкции T_5 на 10 °С по сравнению с чистым маслом, для которого это значение составило 202 °С. За температуру начала деструкции приняли температуру, при которой масса образца уменьшается на 5 %. Введение нанопорошка меди привело к снижению температуры начала деструкции на 4 °С, а нанопорошок железа не оказал никакого влияния на этот параметр. Температура T_{50} , при которой потеря массы составила 50 %, для образца чистого масла равна 272 °С. Введение нанопорошка алюминия привело к увеличению T_{50} на 33 °С, а нанопорошков меди и железа – к снижению на 8 и 4 °С, соответственно. Оценка скорости изменения массы образцов показала, что нанопорошок алюминия привел к замедлению процесса деструкции масла и существенному снижению максимальной скорости при нагревании, которая составила 0,62 %/°С по сравнению с 1,26 %/°С для чистого масла. Нанопорошки меди практически не изменили скорость процесса деструкции (1,24 %/°С), а нанопорошки железа привели к увеличению максимальной скорости деструкции (1,75 %/°С).

Таким образом, в данной работе проведена оценка термической стойкости и параметров термоокислительной деструкции образцов чистого моторного масла и суспензий с нанопорошками меди, алюминия, железа. Можно сделать вывод, что к существенному ускорению деструкции и снижению термической стойкости привело введение в моторное масло нанопорошков железа. Введение же нанопорошков меди не оказало существенного влияния на процесс деструкции, а нанопорошков алюминия привело к замедлению деструкции. В дальнейшей работе будет исследовано влияние нанопорошков металлов на температуру вспышки моторного масла и более детально будут изучены процессы, происходящие при термоокислительной деструкции масла.

Список используемых источников:

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М : Машиностроение, 1989. – 328 с.
2. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Рихерт С.В. Влияние суспензии «моторное масло + смесь нанопорошков меди и никеля» на трибологические свойства пары трения «углеродистая сталь – низколегированная сталь» // Известия ТПУ. – 2004. – Т. 307. – № 3. – С. 77–79.
3. Хитерхеева Н.С., Мошкин Н.И., Самбилов Д.Ж. Нано добавки в моторном масле // Знание. – 2017. – № 4-1(44). – С. 50–58.
4. Bengt O. Haglund, Per Enghag. Characterization of lubricants used in the metalworking industry by thermoanalytical methods // Thermochemica Acta. – 1996. – V. 282/283 – P. 493–499.
5. Ильин А.П., Назаренко О.Б. Проблемы совершенствования электровзрывной технологии получения нанодисперсных порошков // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2008. – Т. 51. – № 7. – С. 61–64.
6. Амелькович Ю.А., Назаренко О.Б., Сечин А.И. Контроль термической устойчивости нанодисперсных металлов // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13 (174). – С. 192–195.