

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

УДК 621.891+621.357.9

**И. В. МОЗГОВОЙ
Н. Г. МАКАРЕНКО
Е. В. ДОРОВСКИХ
М. В. КУРИННОЙ**

Омский государственный
технический университет

100 военное представительство МО РФ

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОХИМИКОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПАР

Статья посвящена актуальной проблеме — увеличению срока службы агрегатов (топливные насосы высокого давления) дизельных двигателей, в том числе бронетанковой техники. Представлены технологическая модель и технологический процесс электрохимикомеханической обработки плунжерных пар. Для восстановления плунжерных пар авторами был реализован способ электрохимикомеханической обработки. Как показывают проведенные испытания, этот способ приводит к увеличению ресурса топливной аппаратуры на 15–20 % и может получить широкое распространение в ремонтном производстве.

Ключевые слова: технология электрохимикомеханической обработки, топливный насос, плунжерная пара.

Сложность топливной аппаратуры предъявляет высокие требования к ее изготовлению, ремонту и обслуживанию в процессе эксплуатации. Прежде всего, это обусловлено наличием в ее конструкции прецизионных элементов, изготовленных с высокой точностью. Увеличение долговечности прецизион-

ных деталей за счет применения новых износостойких материалов нереально, так как эти детали в настоящее время и так изготавливают из достаточно дорогостоящих и дефицитных сталей (ШХ15; ХВГ; 18Х2Н4ВА; Р18; 25Х5МА). Представляется возможным применение различных восстанавливающих тех-



Рис. 1. Технологическая модель ЭХМО прецизионных деталей

нологий для восстановления ресурса изношенных плунжерных пар, а также технологий по нанесению поверхностного слоя с заданными свойствами на вновь изготовленные плунжерные пары.

В настоящее время при восстановлении плунжерных пар используются различные способы, каждый из которых имеет как преимущества, так и существенные недостатки, приводящие к высокой стоимости и не всегда хорошему качеству восстановленных плунжерных пар.

Авторами было предложено использовать для восстановления плунжерных пар метод электрохимико-механической обработки (ЭХМО) [1]. Суть данного метода заключается в безразборном восстановлении втулки и плунжера одновременно, что исключает последующие подбор и доводку.

На вход ТНВД подаются ионы металла, направленные на восстановление изнашивающихся частей. Скорость осаждения ионов металла на трущиеся поверхности прецизионных пар зависит от многих факторов: силы тока, свойств жидкости, материала анода и деталей, температуры в зоне трения, давления создаваемого плунжерной парой и т.д. Данный метод был успешно опробован на экспериментальной установке и запатентован [2].

Обобщив данные, полученные нами при исследовании процесса электрохимико-механической обра-

ботки образцов, изготовленных из сталей, применяемых для изготовления плунжерных пар, учитывая результаты исследований влияния режимов на свойства осадочного поверхностного слоя, была разработана технологическая модель электрохимико-механической обработки прецизионных деталей, представленная на рис. 1.

Условно процесс обработки разделен на три основные части, каждая из которых оказывает существенное влияние на окончательный результат электрохимико-механической обработки.

Подготовка деталей подлежащих электрохимико-механической обработке, как правило, включает в себя операции по промывке, контролю рабочих поверхностей, обезжириванию.

От качества проведения контрольной операции напрямую зависит шероховатость, однородность восстановительного слоя. Обезжиривание же влияет на сцепляемость осаждаемого слоя с основным металлом и на протекание процесса электрохимико-механической обработки в целом.

Реализация процессов электрохимико-механической обработки включает в себя операции по монтажу деталей, прошедших подготовку, в установку, собственно сам процесс электрохимико-механической обработки, промывку и демонтаж из установки.



Рис. 2. Маршрутная схема технологического процесса восстановления плунжерных пар топливного насоса высокого давления

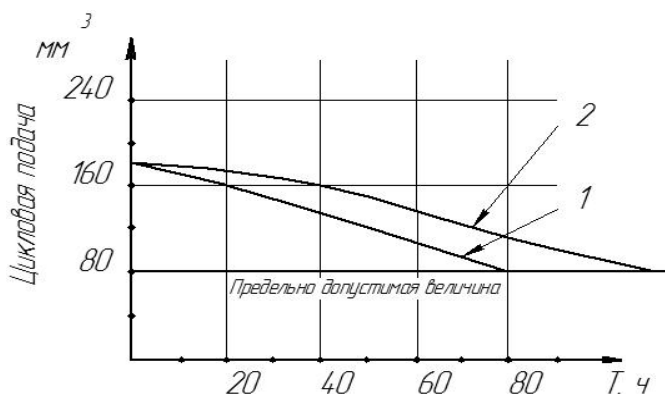


Рис. 3. Изменение цикловой подачи топлива при $n=100 \text{ мин}^{-1}$.
1 — серийных плунжерных пар, 2 — прошедших электрохимикомеханическую обработку

При проведении электрохимикомеханической обработки необходимо принимать во внимание воздействие факторов влияющих на процесс. Они могут быть управляемыми и не управляемыми.

Завершающей стадией обработки является контроль результатов. Он включает в себя такие операции, как промывка, контроль, консервация (при положительных результатах контроля).

На основании разработанной технологической модели был разработан технологический процесс электрохимикомеханической обработки плунжерных пар топливного насоса высокого давления НК-10.

Требования безопасности при проведении работ должны соответствовать ОСТ 190366-85 ССБТ «Производство металлических и не металлических неорганических покрытий и травление металлов. Требования безопасности».

Технологический процесс электрохимикомеханической обработки соответствует нормам экологической безопасности, предъявляемым к гальваническому производству.

Схема технологического процесса восстановления плунжерных пар топливного насоса НК-10 представлена на рис. 2.

Точное соблюдение технологии восстановления позволяет полностью восстановить геометрические размеры прецизионных деталей топливных насосов высокого давления.

Для определения качества восстановления и определения ресурса были проведены ускоренные стендовые и эксплуатационные испытания.

Ускоренные испытания насосов проводили по комплексной методике ЦНИТА, которая соответствовала требованиям отраслевого стандарта ОСТ 23.1.364-81 на стенде по проверке и регулировке топливной аппаратуры ДД10-04К. Время испытаний — 140 ч.

В полость низкого давления топливо подавалось из бака подкачивающим насосом. Топливо марки «ДЛ» (ГОСТ 4749-73) в баке загрязнялось абразивом по ГОСТ 2138-74 с удельной концентрацией 2 г на литр.

Испытания производятся путем воспроизведения частоты вращения приводного вала топливного насоса высокого давления (ТНВД), температуры и давления топлива, измерения указанных параметров, а также цикловой подачи, расхода топлива, подаваемого на объект испытания, углов начала нагнетания (впрыскивания) топлива, разворота муфты опережения впрыскивания, отклонений углов начала нагнетания (впрыскивания).

Изменение цикловой подачи топлива при пусковых оборотах представлено на рис. 3, из которого видно, что цикловая подача серийных плунжерных пар (1) за 80 часов ускоренных испытаний сравнялась с предельно допустимой величиной цикловой подачи. Что является выбраковочным признаком при диагностировании плунжерных пар. Плунжерные пары прошедшие электрохимикомеханическую обработку сохраняли работоспособность 130 часов, что говорит о повышении ресурса в 1,6 раза.

Гидроплотность плунжерных пар при проведении испытаний снизилась и составила для серийных 10 с, а для восстановленных 13 с. Гидроплотность плунжерных пар и серийных и восстановленных электрохимикомеханическим способом на начало испытаний составляла 18–19 с.

Эксплуатационные испытания проводились на двух объектах бронетехники в режиме рядовой эксплуатации, было испытано два топливных насоса или 24 плунжерных пары.

В результате испытаний было установлено:

— объекты бронетехники за время испытаний прошли по 1000 км и имели наработку порядка 100 моточасов;

— выход из строя объектов по вине топливной аппаратуры не зафиксирован;

— цикловая подача серийных плунжерных пар снизилась на 12–18 %, а прошедших электрохимико-механическую обработку на 7–10 %;

— осмотр рабочих поверхностей плунжерных пар прошедших эксплуатационные испытания показал наличие не значительных следов износа в зонах характерных для плунжерных пар. Причем износ плунжерных пар, прошедших ЭХМО меньше чем у серийных.

В результате проделанной работы, проведенных исследований:

1. Подтвердилось гипотетическое предположение о возможности использования электрохимикомеханической обработки для восстановления плунжерных пар топливных насосов высокого давления.

2. Разработанная технологическая модель является достоверной и может служить основой для создания технологических процессов восстановления прецизионных пар способом электрохимикомеханической обработки.

3. Точное соблюдение требований, изложенных в технологическом процессе, и соблюдение последовательности операций позволяет восстановить геометрические размеры и технические характеристики изношенных плунжерных пар до состояния новых серийных.

4. В результате проведенных ускоренных стендовых и эксплуатационных испытаний было установлено, что ресурс восстановленных плунжерных пар увеличен на 15–20 % по сравнению с серийными за счет повышения твердости и износостойкости поверхностного слоя.

Библиографический список

1. Макаренко, Н. Г. Электрохимическое упрочнение и восстановление деталей трибосистем / Н. Г. Макаренко // Омский научный вестник. — Омск, 2004. — 250 с.

2. Пат. 2277704 Российская Федерация, МПК G01N 3/56. Способ и устройство восстановления плунжерной пары топливного насоса / Макаренко Н. Г., Головаш А. Н., Косаренко Р. И., Доровских Е. В., Макаренко А. Н. Заявитель и патентообладатель ООО Опытно-механический завод Центра «Транспорт». — № 2005100892 ; заявл. 17.01.2005 ; опубл. 10.06.2006, Бюл. № 16. — 11 с.

МОЗГОВОЙ Иван Васильевич, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Химическая технология органических веществ» Омского государственного технического университета (ОмГТУ).

МАКАРЕНКО Николай Григорьевич, кандидат технических наук, доцент (Россия), докторант кафедры «Химическая технология органических веществ» ОмГТУ.

ДОРОВСКИХ Евгений Викторович, аспирант кафедры «Химическая технология органических веществ» ОмГТУ.

КУРИННОЙ Максим Валерьевич, начальник 100 военного представительства МО РФ.

Адрес для переписки: dorovskih2004@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.11.2011 г.

© И. В. Мозговой, Н. Г. Макаренко, Е. В. Доровских, М. В. Куринной

УДК 544:534.8:678

**И. В. МОЗГОВОЙ
Е. В. МИРОНОВА
Е. И. МОЗГОВОЙ**

Омский государственный
технический университет

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ТЕХНОЛОГИИ РЕЗИН

Физико-химическое воздействие ультразвука на соединение сырых и вулканизованных резин позволяет улучшить качество соединения за счет улучшения физико-химических свойств соединительного элемента — резинового клея.

Ключевые слова: резиновый клей, ультразвуковая обработка, диффузионные процессы, вязкость резинового клея, молекулярная масса резиновой смеси.

Соединение сырых и вулканизованных резин в основном применяется в шинной промышленности, а также в шиноремонтном обслуживании. Тенденция развития шиноремонта началась ещё в XX веке у нас в стране и за рубежом и существует эта тенденция по сей день. Вследствие того, что он устраняет несоответствие между долговечностью каркаса и быстрым износом протектора покрышки [1], продляя срок службы последней и, в конечном итоге, позволяет снизить расходы на сырье, топливо и энергию.

При этом ощутимую выгоду от ремонта можно получить лишь в том случае, когда пробег шин значителен и соизмерим с пробегом новых.

К ремонту шин приводит низкая прочность соединения, полученного между новым протектором и отшерохованной поверхностью покрышки, так как основным дефектом выхода покрышек из эксплуатации является отслоение вновь наложенного протектора [2]. Отслоение вновь наложенного протектора происходит из-за того, что соединительный эле-

мент протектора с покрывкой — резиновый клей — имеет немного повышенную вязкость, которая препятствует полной диффузии на границе раздела фаз сырая резина-вулканизат, и вследствие этого прочность соединения не столь высока.

Поэтому перед нами стояла задача улучшить физико-химические свойства резинового клея — понизить вязкость для того, чтобы повысить прочность соединяемых деталей.

Решение поставленной задачи достигалось ультразвуковой обработкой резинового клея перед его нанесением на поверхность соединяемых деталей. Ультразвуковая обработка раствора клея способствовала протеканию физико-химических процессов, в результате которых изменялись не только вязкость, но и молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение, полидисперсность и другие характеристики каучука, входящего в состав клея.

Возможность химического превращения молекул под действием ультразвука отмечалось рядом исследователей [3–5]. Наряду с этим, в настоящее время имеется большое количество работ наших и зарубежных авторов [6, 7–11], посвященных вопросам увеличения прочности клеевого соединения под действием ультразвука. Однако увеличение прочности соединений под действием ультразвука объясняли физическими явлениями, протекающими в адгезиве (резиновый клей) при его озвучивании (нагревом адгезива [7]; увеличением подвижности макромолекул и их сегментов; ускорением процессов диффузии, а также уплотнением молекул полимера, вызванного большими локальными давлениями и разряжениями от ультразвуковых колебаний [9], дегазацией и улучшением структуры клеевого шва [8], удалением влаги и максимальной ориентацией активных центров молекул адгезива и субстрата [10] и др.) без учета химического воздействия ультразвука и присутствующих при этом веществ на макромолекулы полимера.

Полагая, что повышение прочности соединений под действием ультразвука происходит только благодаря физическим эффектам, возникающим при этом, ряд авторов [6, 8] необоснованно отказываются от схемы предварительного воздействия ультразвуковыми колебаниями на адгезив перед нанесением его на соединение детали, с использованием пост-эффекта, хотя она является наиболее рациональной в технологическом отношении [9], так как непосредственное получение соединения происходит на имеющемся оборудовании без значительного изменения технологии.

Нами были получены предварительные экспериментальные данные, согласно которым ультразвуковая обработка резинового клея под избыточным давлением воздуха повышает прочность соединения сырых и вулканизированных резин, и тем больше, чем больше степень деструктурирующего действия ультразвука на каучук [3]. Этот экспериментальный факт нельзя объяснить физическим явлением ультразвука на раствор клея, так как существует давно сложившееся мнение химиков [12, 13], что с понижением молекулярной массы связующего прочность крепления выполненная этим связующим падает.

Понять причины повышения прочности соединения сырой и вулканизированной резины с позиций существующих представлений о воздействии ультразвука на растворы полимера не представлялось возможным. Поэтому в работе был сделан физико-химический подход к проблеме влияния ультразвука на адгезив, согласно которому физическое воздей-

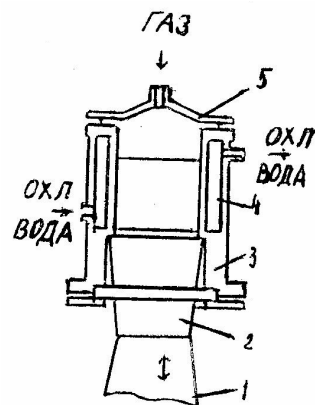


Рис. 1. Ультразвуковая ванна для обработки жидкостных сред:

- 1 — преобразователь магнитострикционного типа, 2 — концентратор-волновод, 3 — рабочая камера, 4 — водоохлаждаемая рубашка, 5 — крышка

ствие ультразвука, включающее в себя деструкцию каучука и, как следствие, снижение вязкости и энергии поверхностного натяжения адгезива, дегазацию раствора, диспергирование ингредиентов в нем и т.д., рассматривается наряду с химическим, в результате которого меняется структура макромолекул и их химическая активность при следующих реакциях.

Для изучения воздействия ультразвука на растворы натурального каучука и резиновой смеси на основе натурального каучука их подвергали ультразвуковой обработке в ванне, показанной на рис. 1.

Изменение вязкости η в зависимости от времени ультразвуковой обработки τ_y и избыточного давления газовой среды над поверхностью обрабатываемого клея P показано на рис. 2 и 3.

Из приведенных графиков видно, что с увеличением времени ультразвуковой обработки вязкость резинового клея падает, причем $d\eta/d\tau_y$ имеет наибольшее значение в начальный момент обработки, затем снижается и стремится к нулю при большом времени воздействия ультразвука (более 15–20 мин). При этом для каждого P существует своя установившаяся вязкость $\eta_{min'}$, которая с увеличением τ_y более 15–20 мин изменяется незначительно.

Наиболее эффективным с точки зрения снижения вязкости клея является избыточное давление воздуха в ультразвуковой рабочей камере, равное 0,25–0,35 МПа так при этом достигалась наименьшая вязкость раствора при равных прочих условиях обработки (время обработки τ_y , интенсивность ультразвука и др.). По-видимому, это давление соответствует наибольшей степени кавитирующего воздействия ультразвука при данной исходной вязкости резинового клея. При снижении или увеличении давления в камере наблюдается уменьшение скорости снижения вязкости и даже возможно увеличение вязкости в процессе обработки клея в условиях вакуума (кривая 1, рис. 2).

При ультразвуковой обработке резинового клея в различных газовых средах было установлено, что при данном постоянном давлении в ультразвуковой рабочей камере вязкость клея после обработки зависит от рода среды, с помощью которой создается давление в камере (рис. 4). Наибольшее снижение вязкости наблюдалось при обработке в среде кислорода и наименьшее — в среде инертного газа, аргона. Эти исследования показали, что ультразвуково-

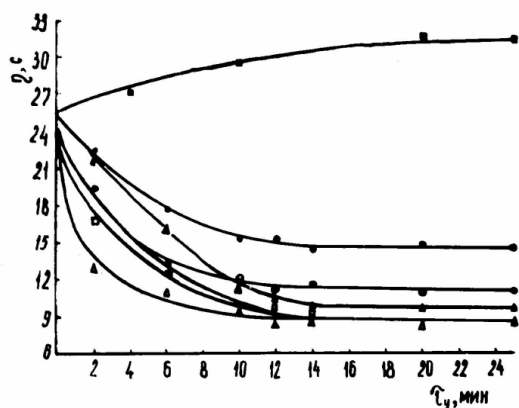


Рис. 2. Зависимость вязкости клея η от времени ультразвуковой обработки τ_y при различных значениях избыточного давления P в ультразвуковой рабочей камере: 1 — 10^{-1} мм Hg; 2 — 0; 3 — 0,1 МПа; 4 — 0,55 МПа; 5 — 0,45 МПа

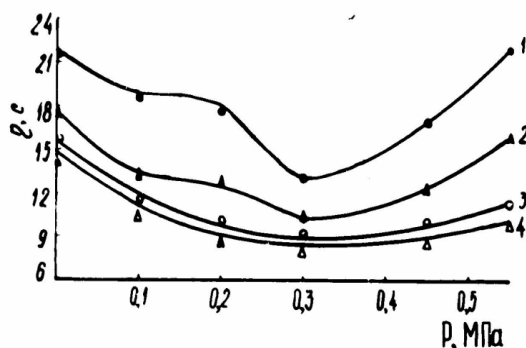


Рис. 3. Зависимость вязкости клея η от избыточного давления P в ультразвуковой рабочей камере при различных значениях продолжительности ультразвуковой обработки τ_y : 1 — 2 мин; 2 — 6 мин; 3 — 10 мин; 4 — 20 мин

вое воздействие на растворы клеев носят не чисто физический характер, но и связан с химическими превращениями каучука, деструкцией и его взаимодействием при обработке с низкомолекулярными продуктами, в частности, с молекулами растворенного в клее газа.

Известно, что наиболее легко происходит такое взаимодействие с молекулами кислорода, поэтому в кислородной среде уменьшается вероятность рекомбинации микрорадикалов, находящихся в озвученном растворе, и достигается при этом наибольший эффект деструкции.

Таким образом, при озвучивании клея протекают физические и химические процессы, которые имеют взаимосвязь, при этом наибольшая степень ультразвукового воздействия на раствор наблюдается при давлении в рабочей камере 0,25–0,35 МПа, создаваемом кислородом.

Заключение

В результате изучения физико-химического воздействия ультразвука на растворы натурального каучука и резинового клея было установлено:

1. Физическое воздействие ультразвука на растворы натурального каучука и резинового клея на основе натурального каучука заключается в диспергирующем действии ультразвука на ингредиенты клеевой резиновой смеси и деструкции макромоле-

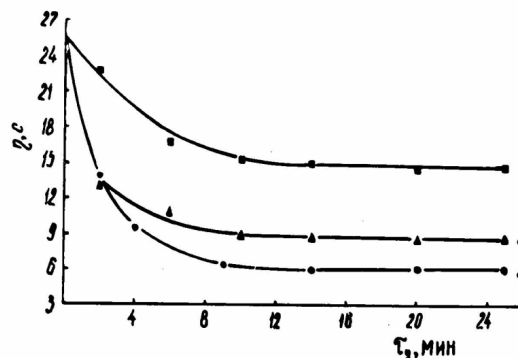


Рис. 4. Зависимость вязкости клея η от времени ультразвуковой обработки τ_y при избыточном давлении в ультразвуковой рабочей камере 0,3 МПа, создаваемом: 1 — аргонем; 2 — воздухом; 3 — кислородом

кул каучука, в результате которых снижается вязкость растворов.

2. Степень снижения вязкости зависит от рода среды, которой создают давление в ультразвуковой камере и от избыточного давления среды. При ультразвуковой обработке резинового клея под давлением кислорода 0,25–0,35 МПа скорость и степень снижения вязкости наибольшая.

Библиографический список

1. Вострокротов, Е. Г. Восстановительный ремонт шин / Е. Г. Вострокротов [и др.]. — М. : Химия, 1974. — 392 с.
2. Шевченко, Ю. Г. Особенности крепления резиновых смесей к вулканизированной подложке / Ю. Г. Шевченко, Г. Е. Олейник // Производство шин, РТИ и АТИ. — М. : ЦНИИТЗнефтехим, 1980. — № 10. — С. 3–5.
3. Берлин, А. А. О механо-химических процессах при действии ультразвука на растворы полистирола / А. А. Берлин, Б. С. Эльцефор // Химическая наука и промышленность. — 1957. — № 5. — С. 667–668.
4. Die von Grafpolymeren Poliacetylamid und Acrylnitril unter dem Einfluss von Ultraschallwellen / A. Henglein // Die Makromolekulare Chemie, 1954. — vol. 14. №22–3. s. 128 — 145.
5. Ultrasunetele in Chemie / Vasilescu // Progresele Stiintei. — 1970. — n. 6. №3. p. 104 — 110.
6. Тростянская, Е. Б. Сварка пластмасс / Е. Б. Тростянская, Г. В. Комаров, В. А. Шишкин. — М. : Машиностроение, 1967. — 252 с.
7. Ultra Adhesives for Ultrasonic Bonding / R. L. Hauser // Adhesives Age, 1969. — 12. 3. p. 26 — 28.
8. Трофимов, Н. Н. Применение ультразвуковых колебаний высокой интенсивности в технологии переработки полимерных материалов / Н. Н. Трофимов, С. И. Пугачёв // Технология судостроения. — 1976. — № 6. — С. 48–51.
9. Негматов, С. С. Технология получения полимерных покрытий / С. С. Негматов. — Ташкент : Узбекистан, 1975. — 232 с.
10. Хейфец, И. А. Исследование влияния ультразвука на прочность клеевых соединений / И. А. Хейфец // Актуальные вопросы развития высокой печати : тез. док. Республиканской науч.-техн. конф. — Львов, 1974. — С. 194–196.
11. Беневолеский, И. Е. Влияние ультразвука на растворы холоднотвердеющих пластмасс / И. Е. Беневолеский // Динамические эффекты мощного ультразвука : межвуз. сб. науч. ст. — Ижевск, 1977. — С. 29–34.
12. Chemical application for Ultrasonic Waves of the society of cosmetic / E. Jeager // Chemists Journal, 1957 — № 8, № 3. p. 139–156.

13. Кардашов, Д. А. Синтетические клеи / Д. А. Кардашов. — М. : Химия, 1976. — 504 с.

МОЗГОВОЙ Иван Васильевич, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Нефтехимические технологии и оборудование».

МИРОНОВА Екатерина Владимировна, аспирантка той же кафедры.

МОЗГОВОЙ Евгений Иванович, инженер той же кафедры.

Адрес для переписки: mkv_1985@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.11.2011 г.

© И. В. Мозговой, Е. В. Миронова, Е. И. Мозговой

УДК 665.76

**И. А. ЗОРИН
С. В. КОРНЕЕВ
К. В. ФИНАГИН**

Омский государственный
технический университет

ВЛИЯНИЕ ОКИСЛЕНИЯ БАЗОВЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ НА ИХ ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рассмотрены особенности изменения физико-химических свойств и трибологических характеристик базовых минеральных моторных масел в процессе их окисления.

Ключевые слова: базовые минеральные моторные масла, вязкость, кислотное число, трибологические характеристики.

Современный двигатель внутреннего сгорания (ДВС) представляет собой сложный механизм, работоспособность которого зависит от четкого функционирования его различных систем и, в первую очередь, системы смазки. Основное назначение системы смазки — своевременный подвод чистого моторного масла к трущимся деталям двигателя для уменьшения трения и износа этих деталей за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки. В процессе эксплуатации двигателей происходит не только уменьшение количества масла, но и ухудшение его первоначальных свойств.

В двигателях количество моторного масла уменьшается, главным образом, за счет его утара из-за негерметичности камеры сгорания. Сокращение потерь масла снижает его расход, следовательно, и эксплуатационные затраты и улучшает экологические характеристики работы ДВС.

При штатном функционировании ДВС масло стареет постепенно. Его работоспособность в этом случае обычно оценивают по предельным (браковочным) значениям групп единичных показателей качества. Практически опыт и результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что в любые группы единичных показателей входит вязкость, как наиболее информативный показатель.

С одной стороны, вязкость является базовой характеристикой моторного масла, а с другой — его обобщающим параметром. Она во многом зависит от степени загрязнения масла нерастворимыми продуктами и топливом, а также от его диспергирующе-стабилизирующих свойств (ДСС). Разжижающее действие топлива и загущающее действие загрязнений проявляется непосредственно, действие беззольных дисперсантов — косвенно [1].

Изменение свойств масел при работе происходит под действием двух причин:

— загрязнения масла попадающими в него металлическими частицами, пылью, водой, нагаром, топливом;

— образованием в масле продуктов окисления.

Правильное решение вопросов рационального и экономного использования моторных масел непосредственно связано с характером и глубиной изменения его первоначальных свойств, оказывающих влияние на работу двигателя. Зная закономерности поведения и изменения эксплуатационных свойств моторного масла в двигателях, можно более объективно обосновывать требования к повышению качества выпускаемых, а также и к разработке новых унифицированных сортов моторных масел и композиций присадок к ним. Кроме того, владея закономерностями поведения моторного масла, можно предвидеть характер развития процессов «старения» масла, изменять их в нужном направлении и даже управлять этими процессами, чтобы тем самым сохранять первоначальные качества масла и обеспечивать наиболее качественную смазку деталей двигателя. Независимо от различий в агрегатном состоянии (жидкие — масла и твердообразные — пластичные смазки) общими их функциями являются, во-первых, уменьшение трения между трущимися поверхностями и обеспечение минимальных энергетических потерь, а во-вторых, снижение износа, предотвращение задира и заедания поверхностей узлов трения. Таким образом, целью нашей работы является изучение физико-химических показателей базовых минеральных моторных масел в процессе их эксплуатации [2].

Одними из определяющих показателей, характеризующих качество смазывания деталей двигателя внутреннего сгорания, является вязкость и общая кислотность моторного масла (кислотное число). Величина вязкости масла зависит от его химического

Таблица 1

Основные физико-химические показатели базовых минеральных моторных масел

Вид масла	Кинематическая вязкость		Кислотное число (мг КОН/г)
	при T = 40°C, сСт	при T = 100 °C, сСт	
Компонент масла 3-го погона	24,17	4,51	0,308
Компонент масла 3-го погона (окисл.)	24,93	5,12	0,506
Компонент масла 4-го погона 2-го вида	52,97	6,57	0,346
Компонент масла 4-го погона 2-го вида (окисл.)	55,70	6,74	0,572
Остаточный компонент масла 1-й ступени	597,23	27,48	0,432
Остаточный компонент масла 1-й ступени (окисл.)	637,48	30,20	0,603

Таблица 2

Трибологические характеристики минеральных базовых масел

Вид масла	Индекс задира	Критическая нагрузка, кгс	Нагрузка сваривания, кгс	Диаметр пятна износа, мм
Компонент масла 3-го погона	23,84	53	126	0,76
Компонент масла 3-го погона (окисл.)	31,77	67	133	0,79
Компонент масла 4-го погона 2-го вида	34,87	71	150	0,70
Компонент масла 4-го погона 2-го вида (окисл.)	37,18	75	160	0,74
Остаточный компонент масла 1-й ступени	32,77	80	160	0,81
Остаточный компонент масла 1-й ступени (окисл.)	35,84	84	168	0,86

состава, температуры, давления, скорости сдвига и т.д. Кислотное число характеризует содержание слабых кислот в моторном масле. Кислоты образуются на начальной стадии окисления углеводородов и являются причиной образования смол, которые увеличивают вязкость масла, а на нагретых поверхностях образуют различные отложения, которые приводят к повышенному износу двигателя [3].

С одной стороны, вязкость является базовой характеристикой моторного масла, а с другой — его обобщающим параметром. Она во многом зависит от степени загрязнения масла нерастворимыми продуктами и топливом, а также от его диспергирующе-стабилизирующих свойств (ДСС) [4]. Изменение свойств масел при работе происходит под действием двух причин:

— загрязнения масла попадающими в него металлическими частицами, пылью, водой, нагаром, топливом;

— образованием в масле продуктов окисления.

Ввиду этого нами были выбраны три образца базовых минеральных масел (маловязкий, средневязкий и высоковязкий), которые окислили кислородом воздуха при температуре 95 ± 5 °C. Окисление проводили в течение 60 минут. После проведения испытаний были определены кинематическая вязкость данных образцов и кислотное число в соответствии с ГОСТ 5985-79. Полученные данные представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1 для всех образцов, подвергавшихся окислению, характерно изменение их основных физико-химических показателей, а именно увеличение кинематической вязкости и кислотного числа исследуемых базовых минеральных масел, однако существенное изменение показателя кинематической вязкости характерно для высоковязкого образца — остаточного компонента масла 1-й ступени. Кислотное число также увеличилось для всех образцов, что свидетельствует об интенсивном окислении базового минерального моторного масла. В результате термоокислительных процессов на пер-

вом этапе окисления (так называемым индукционным периодом) в образцах базовых минеральных масел образуются кислые продукты (органические кислоты, оксикислоты и гидроперекиси). Продукты окисления масел являются причиной образования смол, на нагретых поверхностях образуют различные отложения, которые приводят к повышенному износу двигателя, заклиниванию колец, толкателей. Продукты окисления способствуют коррозии деталей и разрушению резиновых уплотнений. Кислоты ухудшают диспергирующие и моющие свойства масел за счет ускорения срабатываемости щелочных моющих присадок. Ускоряют окисление масла частицы металлов и загрязнений неорганического происхождения, которые накапливаются в масле в результате изнашивания деталей двигателя, недостаточной очистки всасываемого воздуха, нейтрализации присадками минеральных кислот, а также металлоорганические соединения меди, железа и других металлов, образующиеся в результате коррозии деталей двигателя или взаимодействия частиц изношенного металла с органическими кислотами. Все эти вещества являются катализаторами окисления [5]. Таким образом, контроль основных физико-химических параметров моторного масла необходим для правильной и долговременной эксплуатации техники.

На следующем этапе нашей работы мы использовали четырехшариковую машину трения (ЧМТ-1) для определения трибологических характеристик окисленных ранее образцов базовых минеральных моторных масел и чистых образцов базовых масел.

Машина ЧМТ-1 обеспечивает воспроизведение нормированных воздействий на испытательные образцы, находящиеся в испытуемом смазочном материале, в соответствии с требованиями действующей нормативно-технической документации на смазочные материалы, для последующего определения величины износа испытательных образцов.

В качестве испытательных образцов используются шарики ($12,70 \pm 0,01$) — 10 по ГОСТу 3722-81

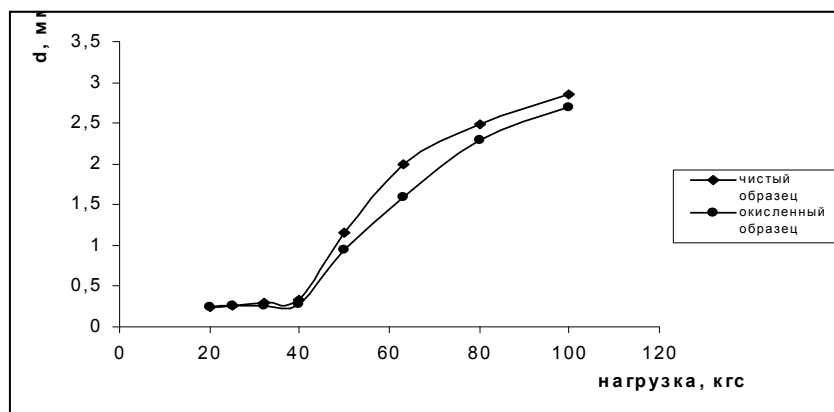


Рис. 1. Зависимость среднего диаметра пятен износа от нагрузки для компонента масла 3-го погона

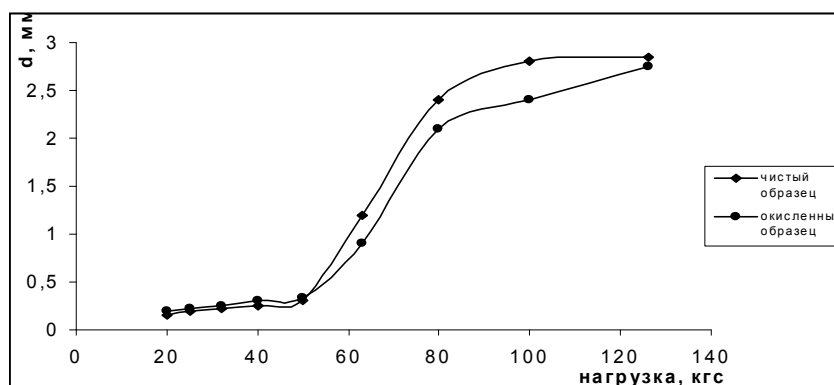


Рис. 2. Зависимость среднего диаметра пятен износа от нагрузки для компонента масла 4-го погона 2-го вида

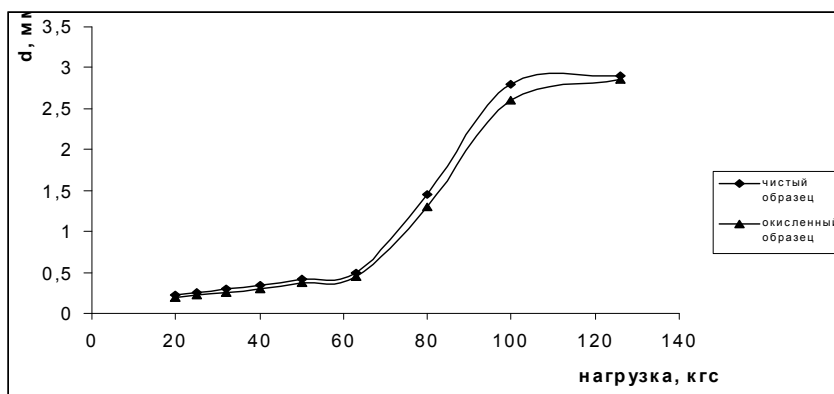


Рис. 3. Зависимость среднего диаметра пятен износа от нагрузки для остаточного компонента масла 1-й степени

из стали ШХ-15 по ГОСТу 801-78, которые образуют пирамидку из четырех шариков, контактирующих между собой. Три нижних шарика закреплены неподвижно в узле трения машины, в котором размещается испытуемый смазочный материал. Верхний шарик, закрепленный в шпинделе машины, прижимается к нижним шарикам с заданным усилием (осевой нагрузкой) и вращается с фиксированной скоростью. Машина ЧМТ-1 обеспечивает создание осевых нагрузок в узле трения в диапазоне от 59 до 9800 Н (от 6 до 1000 кгс). Длительность испытаний 10 секунд или 60 минут в зависимости от выбранного режима.

Величина износа испытательных образцов определяется путем измерения диаметров износа каждого

из трех нижних шариков с помощью микроскопа с отсчетной шкалой. Требуемое значение осевых нагрузок создается рычажной системой путем установки гиредержателя с необходимым набором гирь в положение, определяемое индексом на рычаге.

Для каждого образца взяты нами базовых масел были измерены следующие трибологические характеристики: индекс задира, критическая нагрузка, нагрузка сваривания и диаметр пятна износа при нагрузке 20 кгс (табл. 2); и построены зависимости среднего диаметра пятен износа от нагрузки (рис. 1–3).

Из полученных зависимостей видно, что при увеличении нагрузки в соответствии с нагрузочным рядом диаметр пятен износа чистых образцов больше по своему значению по сравнению с окисленными

образцами, причем четкое различие видно лишь при приближении к критической нагрузке и далее до нагрузки сваривания. В области начальных нагрузок (до критической нагрузки) четкого различия в полученных значениях диаметра пятен износа выделить сложно, можно сказать, что в этой области как чистые образцы так и окисленные ведут себя примерно одинаково. Таким образом, окисленные образцы за счет присутствия в своем составе кислых продуктов, за счет которых увеличивается вязкость и кислотные числа взятых образцов базовых минеральных моторных масел обладают наибольшей стойкостью к воздействию нагрузок. Это подтверждается и определенными другими трибологическими характеристиками базовых минеральных моторных масел (табл. 2).

Таким образом, окисленные образцы за счет присутствия в своем составе кислых продуктов, за счет которых увеличивается вязкость и кислотные числа взятых образцов базовых минеральных моторных масел обладают наибольшей стойкостью к воздействию нагрузок. Это подтверждается и определенными другими трибологическими характеристиками базовых минеральных моторных масел (табл. 2).

Из полученных трибологических характеристик базовых минеральных моторных масел видно, что для каждого базового масла данные параметры увеличиваются для окисленных образцов по сравнению с чистыми базовыми маслами. Однако видно, что наибольшее увеличение индекса задира и критической нагрузки характерно для маловязкого образца — компонента масла 3 погона — за счет того, что в составе этого масла содержатся легкие углеводороды, склонные к окислению. Также для этих образцов как для окисленного, так и для чистого базового масла момент нагрузки сваривания наступает значительно раньше, чем для других образцов. Что касается средневязкого и высоковязкого образцов, здесь также наблюдается увеличение всех трибологических параметров у окисленных образцов, по сравнению с чистыми базовыми маслами.

На основе полученных данных можно сделать следующие выводы: отработанные окисленные масла после удаления механических примесей и воды можно использовать в качестве смазочных материалов в системах смазки, где не предъявляются жесткие требования к качеству используемых масел, например, в редукторах различного назначения, подшипниках скольжения и т.п.

Библиографический список

1. Скиндер, Н. И., Портативный комплект средств для экспресс-диагностики работающего моторного масла / Н. И. Скиндер, Ю. А. Гурьянов // Химия и технология топлив и масел. — 2001. — № 1. — С. 38–40.
2. Фукс, И. Г., Основы химмотологии. Химмотология в нефтегазовом деле / И. Г. Фукс, Т. Н. Спиркин, Т. Н. Шабалина — М. : ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. — 280 с.
3. Сафонов, А. С. Химмотология горюче-смазочных материалов / А. С. Сафонов, А. И. Ушаков, В. В. Гришин — СПб. : НПКИЦ, 2007. — 488 с.
4. Корнеев, С. В. О работоспособности моторных масел / С. В. Корнеев // Двигателестроение. — 2004. — № 4. — С. 36–38.
5. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа / С. А. Ахметов. — Уфа : Гилем, 2002. — 672 с.

ЗОРИН Илья Анатольевич, учебный мастер, аспирант кафедры «Нефтехимические технологии и оборудование».

КОРНЕЕВ Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Нефтехимические технологии и оборудование».

ФИНАГИН Константин Владимирович, аспирант кафедры «Нефтехимические технологии и оборудование».

Адрес для переписки: elajjah2010@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.11.2011 г.

© И. А. Зорин, С. В. Корнеев, К. В. Финагин