

Специальное приложение журнала "Изобретатель"
НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Добавки к моторным маслам (обзор)
Additives to motor butter (review)

Ивашко В.С., Сай А.С., Абдельхаиг С.
Ivashko V., Sai A., Abdelkhaig S.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация. В статье приведены составы и основные торговые марки ремонтно-восстанавливающих добавок к автомобильным маслам, используемые в настоящее время.

The Abstract. In article are brought compositions and the main trademarks repair-restoring additives to car butter, used at present.

Введение. Современные высокооборотные, работающие при высоких нагрузках и температурах двигатели, предъявляют к смазочным материалам все более высокие требования, с которыми последние не справляются. Благодаря чему на рынке автохимии с каждым годом появляются новые виды «антифрикционных препаратов». Основное их назначение – снизить потери на трение и повысить ресурс ДВС и трансмиссии.

Основная часть. В настоящее время существуют методы и средства для безразборного восстановления трущихся соединений. Препараты для реализации данного эффекта делятся на классы[2]:

- порошковые: слоистые модификаторы трения - графит, дисульфид молибдена, моликот, молиприз, фриктол, OIL-



ADDITIV Liqui Moly; геомодификаторы (фуллерены);
- металлолакирующие: ремитализанты;
- химические соединения, PTFE (политетрафторэтилен);
- кондиционеры металла;

- слоистые модификаторы трения - графит, дисульфид молибдена и др.

Механизм смазочного действия графита, дисульфида молибдена и других материалов подобной структуры основан на том, что атомы элемента расположены в параллельных слоях, отстоящих один от другого на расстоянии в несколько раз большем, чем в каждом слое, то и связи между атомами в слоях значительно прочнее, чем между слоями.

При работе слоистый модификатор заполняет микронеровности поверхностей трения. Их необходимо вводить при каждой замене масла, т.к. при работе двигателя на чистом масле происходит интенсивное вымывание из микронеровностей частиц препарата и вынос их из зоны трения.

Эффективность добавок дисульфида молибдена и графита зависит от размера частиц. Слишком мелкие частицы полностью «проваливаются» во впадины микрорельефа и оказываются неэффективными, позволяя трущимся поверхностям контактировать по своим выступам. Более крупные частицы эффективнее, однако в растворе они менее стабильны, склонны к образованию осадка. В трансмиссионных маслах, менее склонных к высокотемпературному окислению, выпадение присадок в осадок будет менее заметна. Кроме того, здесь осадок не вызовет засорения фильтра, как это может произойти в двигателе.

Влияние размера частиц также определяет различную эффективность присадок на разных поверхностях. Дисульфид молибдена используется как антифрикционная добавка к маслу в температурном диапазоне от -50 до $+500^{\circ}\text{C}$, при температуре свыше $+538^{\circ}\text{C}$ он переходит в триоксид молибдена, являющийся абразивом.

Экспериментально в середине 80-х годов были обнаружены антифрикционные свойства горных пород. В последние годы появилось ряд препаратов, имеющих в своем составе минералы природного происхождения с дисперсностью 5-10 мкм (серпентинные структуры), в которые входят шунгит, офит, фаялит и т.д. (серпентин $\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$), являющегося формой целого ряда минеральных руд класса оливинов, конечными фазами которого являются форстерит (Mg_2SiO_4) и фаялит (Fe_2SiO_4), а также в незначительных количествах кремнезема (SiO_2) и доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, которые получили название геомодификаторы [2].

В процессе приработки поверхности деталей нагреваются до $900-1200^{\circ}\text{C}$ и происходит замещение атомов магния из минералов на атомы железа, из которых состо-

ят детали. Чтобы геомодификатор начал работать в паре трения, должно произойти его разрушение. При разрушении продукты его распада внедряются в поверхность на глубину 1 – 3 мкм и образуют природные «зеркала скольжения». Геомодификаторы дают положительный эффект только на высокотвердых стальных поверхностях и при больших нагрузках, если же твердость материалов различна, то частицы минералов внедряются в мягкую поверхность и начинают изнашивать более твердую.

Оксиды мягких металлов - это порошки, состоящие из высокодисперсных 1 мкм и ультрадисперсных 1-10 мкм частиц Cu, Zn, Sn, Ni, Pb, Ag, Cr и комбинации этих элементов. Имея малую дисперсность, порошки оседают в «ловушках» коленчатого вала, а со временем перекрывают калиброванные отверстия, а также забивают масляные фильтры.

Но существуют сверхтонкие порошки металлов с дисперсностью 80-100 нм. Они обладают рядом преимуществ перед ультрадисперсными и высокодисперсными порошками. При дисперсности до 100 нм материал теряет свои абразивные свойства. Размер частиц полностью исключает фильтрацию их из состава масла системой очистки. Образовавшаяся суспензия не выпадает в осадок при потере вязкости масла.

Химические соединения. Действие препаратов данной группы основано на взаимодействии их поверхностно – активных компонентов, например, соединений на основе фторкарбоната кварца, а также смол ряда хвойных деревьев или других ПАВ с поверхностями трения. При использовании кондиционера металла наблюдается пластифицирование поверхностей трения и формирование на них тончайшего слоя, по свойствам близкого к «серво-витной» пленке, характерной для эффекта безизносности.

Это обусловлено избирательным растворением ПАВ-кондиционера легирующих элементов конструкционного материала детали и образованием структуры, состоящей из чистого железа с включенными в него остаточными фазами углерода в алмазоподобном виде. Растворенные легирующие элементы и железоорганические соединения кондиционера - металла осуществляют определенную подпитку разрушаемых при трении контактирующих поверхностей, создавая замкнутый трибологический цикл на поверхности износа, восстановление пленки (осаждение активных элементов кондиционера). Ионизированные молекулы, проникая внутрь металлической поверхности, изменяют ее структурный состав и антифрикционные свойства. Контактные участки покрываются достаточно устойчивыми полимерными и полиэфирными структурами, что позволяет существенно снизить в подвижных соединениях потери на трение и интенсивность изнашивания, в том числе при пуске, разгоне, в режимах перегрузок и т.д.

К данной группе относится и ПТФЭ – политетрафторэтилен, более известный под торговой маркой «Тефлон». С течением времени пленка, образованная в узлах трения, насыщается продуктами износа, и покрытие превращается в абразив на тефлоновой подложке. Кроме того, может образовываться оксид углерода или газ фосген.

Металлоплакирующие присадки (ремитализанты) – это класс присадок, который базируется на исследованиях



[4] Д. Н. Гаркунова и И.В. Крагельского) и реализуют, при определенных условиях, восстановительный эффект.

Современное моторное масло уже содержит обширный пакет присадок, состоящий из многочисленных, специфических добавочных компонентов, которые призваны удовлетворять потребности двигателя. По крайней мере, несколько из этих присадок являются синергетическими. В процессе взаимодействия этих добавок получается эффект, которого невозможно было бы достичь, используя каждую из присадок в отдельности. Изменения или добавления к этой формуле могут нарушить равновесие и испортить защитный эффект, который достигается с помощью специальной формулы.

Ряд компаний, производящих моторные масла, сами производят отдельные виды дополнительных «антифрикционных препаратов».

Известные в настоящее время средства для восстановления трущихся соединений ДВС и других узлов автомобильной техники по компонентному составу, физико-химическим процессам их взаимодействия с трущимися поверхностями, свойствам получаемых покрытий, а также механизму функционирования в процессе дальнейшей эксплуатации можно разделить на три основные группы [1,2]:

- металлоплакирующие композиции (МКФ -18, МКФ-18НТ, Валена, СУРМ, СУРМ-В, СУРАД, ГРЕТЕРИН, ТРИБОСИП, КТМЦС, Стимул-1, Супермет, НИКА, STP (XER2), ДФ-1, REPOWER, LUBRIFILM metal, и др.);

- полимеризующиеся вещества («Форум», «Аспект-модификатор», ANTIFRICTION PTFE, Энергия-3000-PTFE (политетрафторэтилен) - фторопласт 4, «Тефлон» - SLIDER 2000 PTFE, SLIK-50, SR3 и др.;

- металлокерамические материалы (Ceramic Engine Protector, ХАДО, «Живой металл», «Трибо», РВС/RVS, Реагент-2000, Форсан, ХЕРАМИКС, Супротек, АВ; оксиды мягких металлов – РиМЕТ, REMETALL, METAL-5, REPOWER, LUBRIFILM metal, и др.).

Условно к восстановителям, в основном по критерию повышения технико-экономических показателей, следует отнести продукты еще двух дополнительных групп:

- кондиционеры металла и другие поверхностно-активные вещества (ПАВ) (Micro X2, SUPER DURA LUBE, ER, Fenom, SMT-2, Energy release и другие;

- слоистые добавки-модификаторы (ПАФ-14, М- 5 5 PLUS, Motor Protect — Iiqui Moly, Дисмол и другие.

В состав металлоплакирующих присадок входят Cu - медь, Zn - цинк, Ni - никель, Sn - олово, Ag - серебро, CuSn - бронза, Cu Zn латунь. Для реализации избирательного переноса необходимо наличие активной смазочной среды, обеспечивающей протекание физико-химических процессов, «самоорганизующихся» с образованием защитной пленки, содержащей металл, вводимой присадки. Металлы и сплавы с дисперсностью 100 нм находятся в специальном жидком составе – органическом комплексообразователе.

Все присадки различаются по условиям и способам применения (введения в трущиеся соединения). Одни составы добавляют к маслам, топливу или пластичным смазкам: это МКФ-18У, SLIDER 2000 PTFE, SUPER DURA LUBE, LUBRIFILM metal. Другие вводят через карбю-

раторы и впускные коллекторы в виде аэрозолей и присадок к топливно-воздушным смесям. К ним относятся SLIDER 2000 PTFE treatment team, REPOWER, «Старт», «М-ПУЛЬС 2000» и др. Третьи подают непосредственно в зону трения, например, в цилиндропоршневую группу: «Живой металл», МАК, СУРМ-В и др.

Избирательный процесс возникает в результате протекания на поверхности трения химических и физических процессов, приводящих к образованию самоорганизующихся систем автокомпенсации износа и снижению силы трения за счет образования защитной пленки (сервоитной). Она представляет собой вещество, образованное в процессе трения.

На начальной стадии трения основную роль играют три эффекта: избирательное растворение металлоплакирующей присадки, адсорбционное понижение прочности (эффект Ребиндера) и различие в скорости диффузии компонентов в деформированном объеме сплава (эффект Киркендала). Эти три эффекта и приводят к образованию тонкой пленки на трущихся поверхностях.

Lubriform metal одним из первых препаратов западной автохимии был официально сертифицирован НАМИ (Научный автомобильный институт г. Москва). Состав: медно-свинцово-серебряный порошковый композит.

Lubriform metal представляет собой тонкодисперсный порошок, состоящий из частиц свинца, внедренных в кристаллическую матрицу из медно-серебряного сплава. Применяется в виде добавки к моторному маслу для создания в зоне высоких удельных нагрузок металлической композиционной пленки.

К настоящему времени известно более 20 российских и несколько зарубежных препаратов металлоплакирующего действия. Наиболее распространены из них составы типа LUBRIFILM metal, РиМет, МКФ, СУРАД и др. Теперь некоторые российские производители называют свои разработки этой группы на западный манер — реметаллизантами поверхности или просто реметаллизантами, как принято в США и на Западе. Близким к LUBRIFILM metal по составу и технологическим свойствам является реметаллизант РиМет, разработанный Институтом металлургии Уральского отделения РАН. В рекламных проспектах фирмы «ВМП» (г. Екатеринбург) указывается, что реметаллизант РиМет состоит из ультрадисперсных порошков (размером частиц до 0,1 мкм) сплава меди, олова и серебра в базовой нейтральной основе. Частицы сплава из-за своих малых размеров свободно проходят через фильтр, не выпадают в осадок и активно вступают в реакцию с металлическими поверхностями, нормализуя их кристаллическую решетку. Отмечается, что моторное масло SAE 10W-40 с 2,5 % массы реметаллизанта РиМет после 15 суток выдержки не расслаивается на фракции, оставаясь полностью непрозрачным от равномерно распределенных по всему объему частиц металла.

Фирма ВМП АВТО выпустила несколько собственных металлоплакирующих составов, таких как «Ресурс», препарат комплексного металлоплакирующего и кондиционирующего действия Remetall [3].

Исследования, проведенные в России и Германии, выявили высокую эффективность применения металлоплаки-

рующих присадок (МПП) типа МКФ-18. Получены хорошие результаты при обкатке и эксплуатации автомобилей «Фиат» и «Трибонт». Налажен серийный выпуск присадок типа МКФ-18: в НПО «Кристалл» (г. Екатеринбург) — МКФ-18у и ее модификации («Стимул-1», «Ника», «Урал»); в ПТЦ «Рем-Авто» (г. Моск-ва) совместно с Елецким РТП - МКФ-18Е (торговая марка «Велап»), в г. Новокуйбышевске - МКФ-18Х.

В г. Санкт-Петербурге НПО «Пигмент» производит МПП типа КТЦМС, СУРМ, СУРАД и их модификации. Данные составы применяются для различных целей: в качестве присадок к смазочным материалам при обкатке и эксплуатации ДВС, различного технологического оборудования, к масляным смазочно-охлаждающим технологическим средам и т. п.

Композиции типа СУРАД СУРМ содержат маслорастворимые комплексы соединений меди, олова, алюминия, железа и образуют на поверхности металлическую пленку, которая способна в 10-100 раз уменьшить потери на трение, а температуру в зоне трения снизить на 50-100 °С. Такие покрытия могут длительно работать при больших давлениях (до 100 МПа).

Испытания в инженерно-техническом центре ВАЗа (ИТЦ ВАЗ) присадки ТРИБОСИП показали уменьшение диаметра (прирост рабочей поверхности на цилиндрах блока), увеличение диаметра стержня клапана (прирост рабочей поверхности), увеличение средней величины компрессии после испытаний. Износ рабочих поверхностей блока цилиндров, коренных шеек коленчатого вала, обработанных двигателями в 1,5 - 2 раза меньше, чем у необработанного двигателя. Износ шатунных шеек коленчатого вала практически одинаков.

Для улучшения восстанавливающей способности металлоплакирующих присадок стали вводить определенное количество органических соединений. Известна смазочная композиция, содержащая олеиновую кислоту, олеат одновалентной меди и минеральное масло [5], также смазочная композиция, содержащая кальциевые мыла жирных кислот, графит, кристаллогидрат хлорида двухвалентной меди и минеральное масло. В обзоре [6] рассмотрены металлоплакирующие присадки к смазочным композициям, реализующие в процессе работы металлоплакирование трущихся поверхностей. Они содержат в своем составе смесь жирных кислот, соли или порошки пластичных металлов, глицерин и ряд других компонентов.

В дальнейшем в используемых смазочных композициях расширился спектр вводимых материалов. Например, предложена металлоплакирующая присадка к смазочным маслам, содержащая олеат меди, глицерат меди, глицерин и олеиновую кислоту [7]. В смазочную композицию, предназначенную для добавления в смазку тяжело нагруженных пар трения, имеющих большой процент износа, предложено вводить олеиновую кислоту, глицерин, стеариновую кислоту, пудру бронзовую, нефтяной парафин, сульфат меди, минеральное масло и дисульфид молибдена.

В результате, по заявлению авторов, достигается улучшение условий избирательного переноса при работе в тяжело нагруженных парах трения и за счет этого улучше-

ние противоизносных и противозадирочных свойств с одновременным устранением или значительным уменьшением шума и вибрации при работе машин и механизмов. В патенте [8] авторы дополнительно предлагают ввести ультрадисперсные порошки меди, олова, никеля. Авторы [9] считают, что недостатком присадок является недостаточная их эффективность в образовании металлоплакирующих пленок, что создает трудности по плакированию металлами трущихся с малыми давлениями соединений, а также недостаточные противозадирные свойства образующихся пленок при работе в паре с алюминиевыми антифрикционными сплавами. Поэтому, с целью повышения противозадирных свойств защитных металлоплакирующих пленок на стальных поверхностях, работающих в паре трения с алюминиевыми антифрикционными сплавами, в присадку дополнительно предлагается включить олеат алюминия и оксалат алюминия, а также оксалиновую кислоту.

Процесс плакирования трущихся соединений медью и оловом осуществляется в результате их восстановления из солей и осаждения в присутствии олеиновой кислоты и поверхностно-активных веществ, содержащихся в смазочной композиции. При ее применении в составе смазочной композиции на поверхностях трения образуется композиционная медно-алюминиевая защитная пленка с высокими противозадирными и противоизносными свойствами.

Проведенные исследования ряда отечественных и зарубежных моторных масел методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа подтверждают, что высокие триботехнические свойства зарубежных моторных масел могут быть обусловлены наличием в их составе комплексов пластичных металлов. В моторных маслах, выпускаемых ведущими зарубежными фирмами, в отличие от российских, концентрация ионов цинка в 1,5...2 раза выше при повышенном содержании свинца. В то же время следует отметить, что за исключением моторного масла Nավoline Formula 3 («S.A. Техасо») в них не зарегистрировано повышенного содержания меди, что говорит о недостаточной изученности за рубежом влияния меди на триботехнические параметры транспортных средств.

В продаже встречается еще одна разработка на основе пластичных металлов восстановитель двигателя REPOWER, состоящий из 60% частиц меди сферической формы диаметром 1,0-8,2 мкм и 40 % таких же частиц свинца диаметром около 1,0-2,7 мкм. REPOWER позволяет восстановить качество рабочих поверхностей двигателя, заполняя дефекты, возникшие в результате нормального износа, помогает снизить удельный расход топлива, а также восстановить мощность и рабочие характеристики двигателя. Применяется в виде добавки к смазочным материалам и наиболее эффективен после пробега автомобиля свыше 120 тыс. км. Недостатком композиции является рост окисляемости масла на 11%.

На основе данного восстановителя научно-производственная фирма «ВИРА» (Россия) разработала и запатентовала смазочную композицию «Ресурс-дизель», которая может быть применена в бензиновых и дизельных двигателях внутреннего сгорания для повышения их моторесурса. Композиция содержит минеральное масло, порош-

кообразный металлический наполнитель и стабилизатор. В качестве наполнителя применяются порошок никеля или сплава никеля с фосфором.

В Московском Государственном агроинженерном университете разработана новая металлоплакирующая смазочная композиция — «ЭРФОЛГ», а также способ и препарат для восстановления трущихся соединений «ИМ-ПУЛЬС 2000». «ЭРФОЛГ» относится к большой группе МПП, созданных на базе присадки МКФ-18, и является результатом дальнейшего совершенствования присадок МКФ-18У, МКФ-18Е, «Велат», «Стимул-1», «Ника», «Урал» и др. [3], которые содержат соли плакирующего металла (олеат и глицерат меди), органическую жирную (олеиновую) кислоту, поверхностно-активные (глицерин) и некоторые другие вещества. Содержание металла в присадке составляет не менее 4% массы. В качестве плакирующих металлов в других присадках могут выступать олово, цинк, свинец, серебро и теоретически даже золото и палладий, а в качестве органических кислот – стеариновая, шавелевая и др.

По данным исследований [10] предлагается классифицировать ремонтно-восстановительные препараты по группам:

- **кондиционеры металла**, вступают в реакцию с металлом контртел, внедряются в металл на межмолекулярном уровне и заполняют собой микротрещины, предотвращая их развитие («ER», «Micro-X2», «Феном»);

- **препараты, выполняющие суперфинишную обработку трущихся пар**, в результате чего уменьшается шероховатость поверхностей контртел («Трибо», «AG», «Хадон»);

- **препараты, восстанавливают изношенные поверхности образованием различного рода пленок и покрытий на трущихся поверхностях** – медных, тефлоновых, органометаллокерамических и др. («РиМЕТ», «Аспект-Модификатор», «Форум», «ЛубриФилм», «Капсулы мощности»).

Для выбора применяемых РВС, следует учитывать степень износа ДВС, которую определяют спектральным методом по количеству железа в моторном масле.

В работе [11] авторы получили циклическую зависимость интенсивности процесса износа «восстановление трения пары» коленчатый вал – вкладыш от весовой доли РВС в % в зависимости от концентрации РВС (нейтральный комплекс жирных кислот, наноконцентрация меди, железа, никеля и некоторых других компонентов) в моторном масле М-8-В (SAE 15W/30). Получена формула затухающей величины износа или прироста веса образца от концентрации РВС $I=2,3 \exp [-0,7x] \sin (3,05x - 4,8)$.

Концентрация в 1 % добавки в моторном масле приводит к восстановлению детали. При использовании препарата РиМЕТ в моторном масле М16В2 в лабораторных условиях элементы медь и свинец осаждаются на поверхности трения и реализуют эффект безызносности [12].

Заключение. На основе анализа РВС к автомобильным маслам, используемых в настоящее время, можно заключить следующее:

- в начале эксплуатации применять препараты не рекомендуется;
- после небольшой выработки следует применять кон-

диционеры металла;

- при увеличении выработки - применять оптимизаторы шероховатостей поверхностей;

- на последнем этапе - применять ремонтно-восстановительные составы;

- необходимо учитывать весь комплекс изначально присутствующих в моторных маслах присадок и их функциональную совместимость с РВС;

- эффективность действия РВС может во многом зависеть от периодического обновления моторного масла в процессе эксплуатации путем его доливки, как показали исследования, количество доливаемого масла для грузовых автомобилей составляет в среднем 2,5...3,0 л в месяц;

- при большом износе применять РВС не имеет смысла, а необходимо применить традиционный метод ремонта.

Концентрация РВС в качестве добавок в моторное масло оказывает значительное влияние на процесс изнашивания. Для качественных моторных масел, по нашему мнению, добавка не должна содержать сложный состав, так как он может существенно повлиять на физико-химические характеристики масла.

Список использованных источников

1. Балабанов В.И. Безразборное восстановление трущихся соединений автомобиля. Методы и средства. — М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003.— 61 с.

2. [a href=http://otherreferats.allbest.ru/manufacture/d00046867.html](http://otherreferats.allbest.ru/manufacture/d00046867.html)

3. Гаркунов Д.Н. Износ и безызносность. - М.: Машиностроение, 2001.-616с.

4. www.a-vital.ru/prisadki-i-dobavki-k-motornym-maslam.html.

5. Авторское свидетельство СССР 836076, опубл. 07.06.1981.

6. Кужаров А.С., Онишук Н.Ю. Свойства и применение металлоплакирующих смазок. Тематический обзор. - М.: ЦНИИТЭИ, 1985.-60 с.

7. Патент РФ 2162482 С1 Смазочная композиция, опубл. 27.01.2001, бюл.№ 3.

8. Патент РФ. 2432386 С2 . Металлоплакирующая восстанавливающая добавка к пластичным материалам, опубл. 27.10.2011, –бюл.№17.

9. Патент РФ 2439133 С1. Ремонтно-восстановительная присадка к смазочным материалам, опубл. 14.01.2012, бюл. №1.

10. Ломухин В.Б. Трибологические основы безразборного ремонта элементов судовых энергетических установок. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук. Новосибирск – 2010.

11. Balabanov V., Ishshenko S. Restoration of pairs friction of the engine during continuous operation. Mechanics, ISSN 1312-3823. Transport issue 2, 2009.

12. Ломухин В.Б., Виноградов А.Б., Лаптева И.В., Сургин В.В. Ремонтно-восстановительные составы и возможность их классификации. Известия ВУЗов. Строительство. 2011,-с. 54-58.