

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ СЕРПЕНТИНОВЫМИ ТРИБОСОСТАВАМИ

А.В. Дунаев., к.т.н.,
ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии

Приводятся данные о механизме образования и структуре антифрикционных покрытий, образованных на поверхностях деталей ДВС, восстановленных при помощи серпентиновых трибосоставов. Отмечается повышенное водообразование и выброс с ОГ воды как фактор, сопровождающий РВС-процесс при восстановлении деталей сильно изношенных ДВС.

Более 30 лет в России, а позже в других промышленных странах Европы и Азии успешно развивается технология безразборного ремонта изношенных сопряжений трения самых различных агрегатов двигателей и технологического оборудования [1]. При этом наиболее широко используются высокодисперсные порошки разновидностей минерала серпентина: антигорит, хризотил, лизардит 1Т. Они описываются общей формулой $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$, но идентифицируются рентгенофазовым анализом различно, библиотека спектров ICDD показывает присутствие до 12 минералов. Однако наши исследования 19 образцов серпентиновых порошков изготовленных в Санкт-Петербурге, Пермской области и в Грузии на дифрактометре XRD 6000 Японской фирмы «Shimadzu» с библиотекой спектров ICDD минерала антигорита не выявили.

К 2010 г. в РФ с использованием технологии безразборного ремонта обработано до миллиона агрегатов, в основном ДВС легковых автомобилей, а также дизелей тепловозов, судов, в том числе разных агрегатов трансмиссии и гидрооборудования. Аналогичные технологии применяются в военной сфере США, странах НАТО. В Японии восстановительный ремонт проводят 30 автотехцентров, аналогично — в Финляндии, а в Китае имеется госпрограмма обслуживания железнодорожного транспорта с применением этой технологии. Минеральные ремонтно-восстановительные составы (РВС) или геомодификаторы трения (ГМТ), кроме 20 фирм России, производят на Украине, в Японии (2 вида: Fe-Do и Автоминерал), в Германии и Швеции. Имеются и другие трибосоставы, в том числе разработанные в США.

ГМТ, а в последние годы наноалмазные трибосоставы, создают на поверхностях трения антифрикционное противоизносное покрытие, изменяющее условия трения и являются эффективным средством снижения трения и износа, заметно повышают ресурс и работоспособность изношенной техники.

Некоторые производители масел подвергают технологию применения трибосоставов обструкции как недомыслие. Но эти составы, работая не с маслом, а с поверхностями трения, постепенно завоевывают доверие владельцев техники и работают как обособленные, так и в составе масел. Некоторые разработчики масел, например ВНИИ НП, уже признают полезность ГМТ. Концерн ХАДО с 2000 г. выпускал масло ХАДО с серпентиновой добавкой и возможно без рекламы это делают и другие зарубежные фирмы. После 10-летних испытаний Харбинская фирма закупила концентрат Красноярского наноалмазного трибосостава КАРАТ-5 на 5 тыс. т моторного масла.

ГМТ создают антифрикционное покрытие толщиной до 15 мкм. При высокой олеофильности даже такое тонкое покрытие существенно уменьшает силы трения, уплотняет сопряжения, снижает расход ГСМ, выброс вредных веществ в ОГ бензиновых и дизельных двигателей, продлевает ресурс моторного масла.

РВС-обработка, как можно предположить, создает на поверхностях трения аморфное углеродное покрытие (рис. 1, 2). Его поверхность содержит до 90 % углерода, электросопротивление в трибосопряжении увеличивается до сотен кОм, на самом покрытии 10–300 Ом/см и оно сгорает от воздействия электрического тока. Эффект РВС-обработки проявляется через час после введения состава и продолжает наращаться в эксплуатации даже после смены масла. Поверхность покрытия высокой чистоты и твердости прозрачно, под ним видны следы механической обработки. Цвета покрытия — желто-золотистый, золотисто-сиреневый, светло-серый.

Согласно рис. 1 на поверхности детали, т. е. в основании РВС-слоя преобладают химэлементы из состава стали, а ближе к поверхности слоя

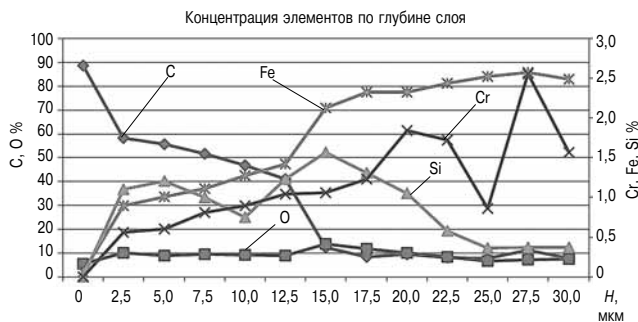


Рис. 1. Элементный состав РВС-слоя по глубине (данные НИТК СУПРОТЕК [2])

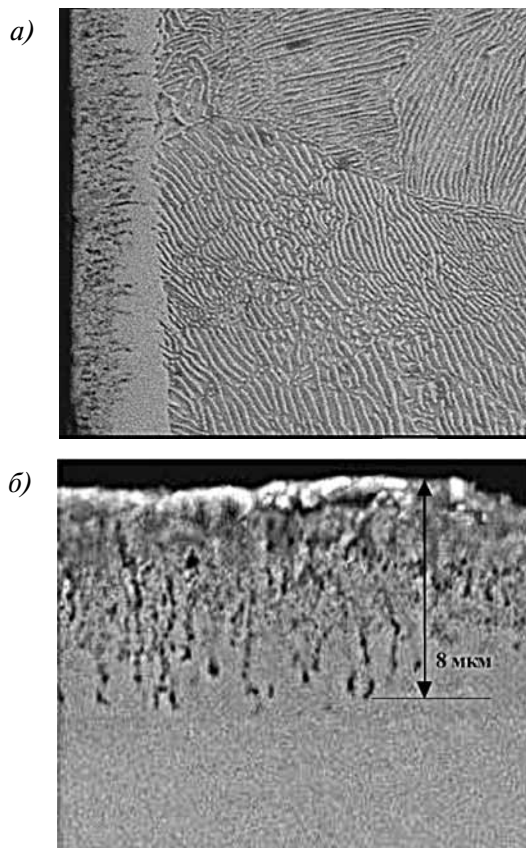


Рис. 2. Шлифы обработанных деталей РВС-составами;

а — гильзы цилиндра китайского тепловозного дизеля, после 150 тыс. км пробега и двукратной обработки АРТ-составами (РВС) (слева виден не металлокерамический слой) б — аналогичный шлиф детали, обработанной РВС от НПО «Руспромремонт»

состав меняется на элементы с преобладанием углерода. В рентгеновском растровом микроскопе «Самscan-4DV» РВС-слой резко отличается от основы, большая его часть пориста, имеются сглаженные участки. В спектре слоя микроанализатора «LINK» наблюдается повышенное содержание Са, Al, поверхность слоя обогащена Si, Са и Mg. РВС-слой обеспечивает повышение износостойкости сопряжений в 1,5–2 раза и снижение коррозионного изнашивания.

Исследования, результаты которых приведены в работе [2], подтверждают наличие пористой структуры РВС-слоя, содержащего цепочки стагмитов, выросших «в областях рядом с границами зерен кристаллов», что обуславливает «ячеистое строение структуры начального участка первого смазочного слоя».

Авторы [2] полагают, что минеральный фундамент РВС-слоя имеет статистически регулярное ячеистое строение со стенками переменной высоты до 1 мкм, крайне высокую адгезию к поверхности. Испытания порошка серпентина в режиме практически сухого трения на ЧШМ-1 [2] показали значение коэффициента трения 0,6–0,8 без схватывания и задира трущихся поверхностей.

Исходя из строения пленки, исследованной ИК-спектрометром Cary-100 (Varian), и величины работы когезии авторы [2] окончательно идентифицируют РВС-покрытие как ячеистый минеральный скелет, прочно удерживающий сорбцией и капиллярными силами слой трибополимера, а «трибополимер перешит избытком радикальных фрагментов и заполнен смазочным материалом».

Авторы [2] утверждают также, что «тонкая прозрачная РВС-пленка, прочно связанная с дорожкой трения, олеофильна, полярнее минерального масла, не смывается растворителями, может быть удалена только механически и в смазочной среде обеспечивает коэффициент трения не более 0,10 (рис. 3).

РВС-процесс с серпентинами интенсивнее идет на поработавших маслах и целесообразен за

Масла и трибопрепараты, испытанные на трибометре TRB-S-DE

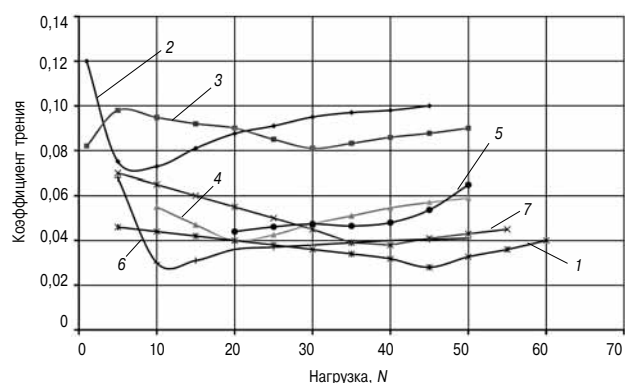


Рис. 3. Коэффициенты трения масла Мобил API SJ/SL SAE 5W-30 (1), масла М-10Г2К (ЗАО Роснефть) (2) и введенных в последнее трибопрепаратов:

3 — профилактического КАМП (ООО «Автостанкопром»); 4 — ремонтно-восстановительных серпентиновых ЦНТ (ООО «ЦНТ»); 5 — МС-20 (ГОСНИТИ и ООО «РИП»); 6 — «Сарановский» (ГНУ ГОСНИТИ и ГНУ ВИЭСХ); 7 — нанодиамазного КАРАТ-5 (ООО «Реал-Дзержинск» и Красноярский НИИ химии и химической технологии)

50–100 моточасов до смены масла. Добавление в ГМТ сажи интенсифицирует процесс. Параметры низкого трения сохраняются и после смены масла до износа покрытия. Факторами интенсификации РВС-процесса являются высокое контактное давление и температура; в холодном масле процесс не интенсивен.

Установлено, что в начальный период РВС-обработки ДВС работает неустойчиво, из выпускной трубы может выделяться серо-грязный дым с паром, каплями и брызгами воды. Причины процесса повышенного водовыделения при РВС-обработке пока в деталях не изучены, хотя этот эффект наблюдается и в холод и в жару до 40 °С. Выявление причин повышенного водовыделения поможет понять физику РВС-процессов.

Известно, что при сгорании 1 кг бензина и дизельного топлива выделяется 1,3–1,35 кг воды, а при РВС-обработке водовыделение может достигнуть 1,5 кг воды/кг топлива.

Одна из возможных причин этого явления следует из представлений д.г.-м.н. В.В. Зуева о том, что «силикатные ММТ являются активными адсорбентами водорода, поэтому их использование в смазках является эффективным способом борьбы с водородным износом металлов в узлах трения» [3].

Подтверждением этой гипотезы являются следующие факторы:

➤ водовыделение отсутствует при использовании металлоплакирующих, органических и химически активных составов;

➤ водовыделение, как признак РВС-процесса, наблюдается при любой, даже очень жаркой погоде, в том числе на прогретом моторе, что отсутствует при обычном пуске ДВС, а после окончания обработки РВС — иногда продолжается несколько дней;

➤ вода интенсивно образуется, как правило, при первой РВС-обработке, при повторной (через неделю или месяц) РВС-обработке водовыделение отсутствует;

➤ вода интенсивно выделяется через 5–10 мин после начала обкатки и продолжается в течение 35–40 минут;

➤ в период активного водовыделения расход топлива снижается на 10–15 %, после него повышается, но остается меньше исходного на 5–8 %;

➤ наиболее интенсивный процесс водовыделения наблюдается у старого, изношенного ДВС;

➤ в бензиновых ДВС водовыделение активнее, чем в дизелях.

Повышенное водовыделение из выпускного тракта ДВС при РВС-обработке несомненно является качественным признаком работы серпентинов при первом их использовании. Интенсивность процесса снижается при наличии в выпускном тракте нейтрализаторов ОГ и турбокомпрессора.

Все же для более точного объяснения причин водовыделения, сопровождающего процесс образования РВС-покрытий необходимо проведение цикла специальных исследований с использованием не только серпентинов, но и других восстанавливающих составов. При этом в процесс испытаний ДВС необходимо учитывать их рабочий объем, объем масла, количество введенного минерала и диагностические параметры ЦПГ до и после обработки, расход топлива, состояние масла по капельной пробе, его расход на угар и другие доступные параметры.

Литература

1. Дунаев А.В., Остриков В.В., Пустовой И.Ф. Исследования ГОСНИТИ, ВНИИТиН и ООО «РИП» в области нетрадиционной триботехники. Труды ГОСНИТИ. Т.110. Ч. 1. — М., 2012. — С. 79–84.
2. Любимов Д.Н., Долгополов К.Н. и др. Структура смазочных слоев, формируемых при трении в присутствии присадок минеральных модификаторов трения // Трение и износ. — 2009. — № 5 (30). — С. 516–521.
3. Зуев В.В. Конституция, свойства минералов и строение земли (энергетические аспекты). — СПб. : Наука, 2005. — 400 с.