

СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЯХ»

УДК 631.3.02

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПРИЗНАКИ РАБОТЫ СЕРПЕНТИНОВЫХ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ТРИБОСОСТАВОВ И СВОЙСТВА ГМТ-ПОКРЫТИЙ

Студент – Сеньковец А.А., маг 19 тс, ФТС

Научные

*руководители – Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент;
Дунаев А.В., д.т.н., ведущий научный
сотрудник*

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

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Изложен анализ путей повышения ресурса и работоспособности изношенных агрегатов машин серпентиновыми ремонтно-восстановительными трибосоставами.

Ключевые слова: геомодификатор, серпентин, поверхность трения, покрытие, обработка, минерал, твердость, выделение.

Геомодификаторы существенно изменяют условия трения, а присадки лишь улучшают его характеристики. Геомодификаторы создают условия, близкие к «безызносности», что особенно актуально для дорогостоящих узлов и агрегатов, дают инструмент в извечной борьбе с трением и износом, уносящими ежегодно 10–15% ВВП человечества.

Качественные и физико-химические признаки работы ГМТ таковы:

- работают только на поверхностях трения и при закреплении ГМТ-покрытия взаимодействуют с поверхностями деталей только на 10–100 атомных слоев;
- работают, в основном, на деталях из железоуглеродных сплавов, но есть данные Пустового И.Ф. о ГМТ-покрытиях на цветных сплавах;
- обычно нейтральны к присадкам и к смазкам [1], что обеспечивает возможность их применения в любых узлах, агрегатах, но требуется оптимальная гранулометрия и концентрация трибосостава;
- эффективность РВС-обработки зависит от материала деталей, химического, фазового и фракционного состава порошка ГМТ;
- факторы процесса – высокие контактные давление и температура, в холодном масле процесс идет не интенсивно, а в сопряжениях,

обеспеченных гидродинамическим смазыванием, процесс не наблюдается [1]; поэтому ГМТ-покрытие образуется, в первую очередь, в зоне ударных нагрузок, а после их выравнивания наращивание покрытия замедляется;

- считается, что частицы серпентина (если они крупные или их много), во-первых, очищают поверхности трения, отчего могут загрязняться маслофильтры и может падать давление масла в ДВС; оптимальный размер частиц ГМТ должен быть больше минимальной толщины пленки смазки и больше суммарной шероховатости сопряженных поверхностей; для ЦПГ и КШМ ДВС – это 5–10 мкм, до 25 мкм, для силовых передач, где более вязкое масло – до 50 мкм; наноразмерные же частицы ГМТ коагулируются, отфильтровываются и без подготовки бесполезны;

- антифрикционное ГМТ-покрытие, толщиной по Телуху Д.Н. до 20–30 мкм, по Подчуфарову С.Н. до 70 и 120 мкм, обеспечивает коэффициент трения обычно 0,04, в отдельных условиях 0,027, незначительно увеличивает микротвердость подложки, ускоряет приработку сопряжений, снижает их коррозионный износ;

- ГМТ повышают износостойкость сопряжений и ресурс агрегатов в 2–3 раза; пробеги легковых автомобилей после РВС-обработки достигают 550–870 тыс. км и даже более 1 млн. км;

- поверхность покрытия на поршневых кольцах, толкателях ГРМ имеет сопротивление 10–300 Ом/см, высокую чистоту (14-го класса, Ra = 0,03–0,05 мкм) и высокую твердость, в тонком слое прозрачно (под ней видны следы мехобработки), цвета покрытия – желто-золотистый, золотисто-сиреневый, светло-серый;

- покрытие разрушается от действия электричества (в контакте электродами тестера коричневые кратеры растут на всю поверхность детали);

- покрытие 2 %-ным раствором азотной кислоты не травится;

- электросопротивление между поверхностями деталей при обработке Лизардитами в масле растет от начальных 0,5–5 Ом до 250–400 кОм;

- по результатам рентгеновской растровой микроскопии (Самscan-4DV) само покрытие резко отличается от подложки, пористо, хотя по Китайским исследованиям между покрытием и подложкой нет четкой границы;

- по Оже-спектрометрии (установка «РНІ-660») и спектральному анализу (микроанализатор LINK) [2, 3] в слое до 40 Å от подложки регистрируются пики Mg, Si, Fe и углерода, но выше 150 Å их концентрации быстро снижаются, а углерода увеличивается до 100%;

- по исследованиям Любимова Д.Н. подложку ГМТ-покрытия составляет сталагмитовая по форме пространственная, по-видимому, минеральная структура, на которой происходит полимеризация компонентов смазки [4];

- по некоторым данным первичное ГМТ-покрытие легко снимается; требуется остановка обработки для упрочнения покрытия и усиления его адгезии к металлу [1]; возможно, что поэтому и в НПИФ «Энион-Балтика» после кратковременной обработки сливают масло вместе с ГМТ, что, по-видимому, предотвращает истирание первоначального покрытия обилием (2–3 %) трибосостава и удаляет загрязнения из зоны поршневых колец; Подчуфаровым С.Н. для упрочнения и закрепления покрытия предложено останавливать ДВС на сутки – двое, обеспечив перепад температур к поверхностям трения и усилив к ним миграцию атомарного водорода; однако в НПИФ «Энион-Балтика» отмечено положительное влияние эксплуатации машин и оборудования сразу после удаления масла с ГМТ и ввода масла без него, а в большинстве случаев длительный простой машин после обработки пионеры РВС не планируют;

- считается, что твердость частиц ГМТ, модифицируемых в трении, должна быть не ниже микротвердости поверхностей трения, т.к. соответствующая их твердость является условием абразивной приработки и последующего формирования покрытия; минералы же с твердостью более 2,5 по Моосу вызывают абразивное изнашивание; в МИИТ показано, что мягкие абразивы в ГМТ необходимы, их оптимум до 4 %: без абразивов РВС-процесс может не идти, с малым количеством ГМТ процесс не интенсивен, а если жесткого абразива больше 4 %, то будет идти не наращивание покрытия, а износ поверхностей трения;

- серпентины после дробления в трении и тем самым активации, имея не скомпенсированные связи, вместе с ювенильными поверхностями трения при минимальной концентрации (0,01–0,4%), но благодаря высокой энергоплотности [5], могут действовать как катализаторы и обуславливать конденсацию некоторых компонентов трибосреды с образованием ГМТ-покрытия;

- слои частиц серпентина могут плотно ложиться на поверхность металлов за счет высокой их спайности и сил межкристаллитного взаимодействия с металлами;

- некоторые минералы могут обладать пьезоэлектрическими свойствами и вызывать электрические явления; в зонах дробления частиц может формироваться трибоплазма, способствующая ГМТ-процессу;

- высокую эффективность даже самого тонкого РВС-покрытия в увеличении пневмоплотности, повышении компрессии в ЦПГ, снижении трения, улучшении работы ДВС можно, по к.т.н. Шабанову А.Ю., объяснить закрытием рисок и царапин на поверхностях гильз цилиндров и поршневых колец, а по д.т.н. Ветчинкину Н.В. – также и маслофильностью покрытий, обеспечивающей полужидкостное (смешанное) трение;

- добавление по Павлову О.Г. в порошок серпентинов кузнечной сажи интенсифицирует образование ГМТ-покрытия;

- добавление по Подчуфарову С.Н. в порошок серпентинов магния или его маслорастворимых соединений также ускоряет РВС-процесс;

- эффект обработки проявляется через час, но продолжает наращаться в эксплуатации после смены и даже после удаления масла, а непонятный в этом случае рост толщины покрытия возможен благодаря адсорбции им компонентов трибосреды вследствие уникальных свойств атомов углерода [6];

- параметры низкого трения сохраняются до износа покрытия;

- трибопокрытия сохраняются в ДВС до 3-х лет; после РВС-ремонта ДВС отечественных автомобилей работали без аварийного износа ЦПГ и КШМ до 870 тыс. км [7], а раллийное авто марки Шкода у Подчуфарова С.Н. – более 1,254 млн. км и в целом более 1,98 млн. км [1];

- РВС-процесс интенсивнее идет на поработавших маслах и целесообразен за 50-100 мото-ч, за 500 км пробега до смены масла [1];

- по данным Ладикова В.В. [8] РВС-процесс не идет при силиконовых маслах, хотя в «Энион-Балтике» утверждают, что состав НИОД работает со всеми маслами;

- в начале обработки температура ДВС и расход топлива могут повышаться, но в конце они становятся меньше исходных на 5–8 % [1];

- после обработки, раскоксовывания и очистки деталей ЦПГ компрессия может увеличиться/уменьшиться, но после наращивания ГМТ-покрытия, закрытия им рисков на гильзах, кольцах она увеличивается [8];

- в трибообработке из-за очистки ЦПГ, вывода загрязнений в маслофильтры давление масла в ДВС может снизиться, но после смены фильтров и образования ГМТ-покрытий оно, в сравнении с исходным, значительно возрастает;

- при интенсивной обработке ДВС работают неустойчиво, через 5–15 мин. от ввода серпентинов до получаса из выпускной трубы прогретого до нормы ДВС может идти выделение серого дыма и пара, капель и брызг воды до 1,5 л, с грязными хлопьями; незначительное паро- и водовыделение, идущее и несколько дней после обработки – не редкость, что подтверждают многие практики РВС-ремонта [8]; возможно, что в выпускном тракте ДВС происходит разложение водомасляного шлама.

Повышенное паро- и водовыделение в РВС-обработке заметили с 1998 г., что подтверждают многие практики и ученые. Раскрытие их причин поможет уточнить ход РВС-процессов, а имеющиеся пока трактовки могут быть ошибочными, т.к. они опираются на закономерности работы ДВС, по которым повышенного (до 1,5 л за короткое время) водовыделения быть не может.

Такое повышенное паро- и водовыделение характеризуется следующим:

- оно при любой, даже очень жаркой погоде у прогретого мотора, замеченное впервые как побочное, но с 2000 г. его стали считать характерным признаком РВС-процесса, чего нет при обычном пуске ДВС;

- вода выделяется с 10-й по 35-ю мин от ввода составов, когда температура охлаждающей жидкости ДВС, как правило, снижается на 5–7 °С, но может повыситься до 90 °С, а после обработки снижается немного ниже исходной [9];

- сезонной зависимости водовыделения нет, оно может не прекращаться и после РВС-обработки несколько дней [9], а некоторые ГМТ–обработанные ДВС парят постоянно и имеют пониженный расход бензина. Так полностью обработанный автомобиль «НИВА» ВА3-2131М (Железницкий А.И.) парит постоянно, а расход бензина АИ-92 при скорости 80–90 км/ч не более 8,0, а зимой – 8,5 л/100 км при паспортных данных 12 л/100 км бензина АИ-95;

- водовыделение тем интенсивнее, чем интенсивнее идет наращивание покрытия;

- вода при первой обработке выделяется чаще всего, обычно воды 50–100 мл, она может скрадываться в нейтрализаторе ОГ; как минимум идет «парок» [9];

- особенно много воды выделяется при обработке ДВС, долго работавших с минеральными маслами [8];

- объем водовыделения пропорционален длительности эксплуатации и рабочему объему ДВС [1]; на дизеле КамАЗ-740 было выделение до 1,5 л воды; при перегазовке вода брызжет из выпускной трубы или вылетает струей [1], как это видно в киноролике д.т.н. Шарифуллина С.Н.;

- у бензинового ДВС водовыделение интенсивнее, чем у дизеля [1].

Считается, что РВС-пионеры преувеличивают водовыделение, т.к. мотор на холостом ходу несколько остывает и идет обычная конденсация паров воды. Но за 30 лет РВС-пионерами и их последователями именно необычное водовыделение, именно как факт хода трибопроцесса, подтверждается и в холод и в жару до 40°С. Выявление причины такого водовыделения поможет понять физику РВС-процессов, а пока оно не понятно.

Были нарекания на неэффективность некоторых ГМТ, изготавливаемых по примитивным технологиям. Предполагалось, что можно создать искусственные серпентины, но ГМТ-пионеры (Зуев В.В., Пустовой И.Ф., Телух Д.Н.) отрицают возможность создания состоящего из чередующихся силикатных и бруситовых слоев и уникального по триботехническим свойствам ГМТ. О неудачных попытках такого синтеза было известно 20–25 лет назад.

Трибосоставы создают покрытия различной природы и толщины, с различной долговечностью, имеют различную стоимость. Но имеются и

составы органической и неорганической природы, которые не желательны по малой толщине и малой стойкости пленок на поверхностях трения, срыву и забиванию ими маслоканалов ДВС с их аварией, дающие побочные негативные эффекты из-за образования ими в ДВС вредных веществ и отложений, а потому и ограниченные к применению в Европе и США. Естественно, что предпочтительны составы экологически чистые, недорогие, простые в применении, эффективно модифицирующие поверхности трения и/или наращающие заметные покрытия в короткий период.

К практичным для АПК, недорогим, простым в применении, экологически безвредным, создающим ремонтно-восстановительные покрытия, заслужившими с 1991 г. одобрение по комплексу показателей и распространенными в РФ, Японии, Финляндии, ФРГ, Китае, на Украине, в других странах можно отнести немногие составы на основе минералов группы серпентина, углеродные нанокластеры Карат-М, а также нановолокна «GRAF-SB».

Однако не все составы работают эффективно, каждая их партия требует эксплуатационной проверки. Так некоторым ГМТ присуще то, что для образования ими заметного покрытия требуется не менее недели, а при больших износах сопряжений обработку мало концентрированными составами необходимо повторять до 3-х раз. Но требуется и ограничение доз порошка, т.к. чрезмерная доза может создать толстое покрытие, нарушить сопряжение, например в ЦПГ, привести к перегреву и аварии ДВС. Кроме того, эти составы вызывают раскоксовывание и очистку деталей ЦПГ, освобождение их обломков, образование заметного количества загрязнений масла, засорение его фильтров и при отсутствии должного внимания происходит опасное падение давления в системе смазки ДВС. В 90-е гг. в начальном периоде применения больших доз ГМТ имело место «кладбище аварийно отремонтированных моторов», но после резкого уменьшения доз это было устранено. Так, например, состав РВД от ООО «Триггер» вводят в масло в концентрации 0,01%.

Список использованных источников

1. Дунаев, А.В., Нетрадиционная триботехника для повышения ресурса автотракторной техники. Итоги 25-летнего развития / А.В. Дунаев, Е.М. Филиппова. – М.: ГОСНИТИ, 2017. – 252 с.
2. Yuansheng, J. and Shenghua, L. Superlubricity of in situ generated protective layer on worn metal surfaces in presence of Mg₆[Si₄O₁₀](OH)₈/Superlubricity. Edited by Ali Erdemir Argonne National Laboratory. – Argonne, USA and Jean-Michel Martin Ecole Centrale de Lyon, Lyon, France. Elsevier B.V., 2007. – P. 445–469.
3. Nagashima So and Moon Myoung-Woon. Diamond-Like Carbon Coatings with Special Wettability for Automotive Applications. In Book «Coating Technology for

Vehicle Applications». Sung Chul Cha • Ali Erdemir Editors. Springer International Publishing, Switzerland. 2015. Pp. 191–202.

4. Любимов, Д.Н. Применение эффекта поля для снижения фрикционных потерь маши / Д.Н. Любимов, К.Н. Долгополов, Н.К. Вершинин, А.В. Дунаев. – Тракторы и сельхозмашины. 2014. – № 10. – С. 40–43.

5. Зуев, В.В. Конституция, свойства минералов и строение земли (энергетические аспекты). С.-Пб: Наука. – 2005. – 400 с.

6. Канарев, Ф.М. Теоретические основы физхимии нанотехнологий. 2-е издание. – Краснодар: 2008. – 675 с.

7. Пустовой, И.Ф. 14-летний опыт Питерской РВС-технологии. М.: Труды ГОСНИТИ, 2011. – Т. 107, ч. 2. – С. 38–40.

8. Ладиков, В.В. и др. Безразборные технологии увеличения эксплуатационного ресурса автотранспортной техники. – VISSO, М., 2004. С. 55.

9. Дунаев, А.В. Механизмы образования триботехнических покрытий при использовании геомодификаторов трения / А.В. Дунаев, И.Ф. Пустовой, В.Г. Рыжов. – Труды ГОСНИТИ, М.: 2017. Т. 129. – С. 29–39.

УДК 631.3.02

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ МАШИН ПРИМЕНЕНИЕМ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ТРИБОСОСТАВОВ

Студент – Сеньковец А.А., маг 19 тс, ФТС

Научные

руководители – Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент;

Дунаев А.В., д.т.н., ведущий научный

сотрудник

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

г. Минск, Республика Беларусь;

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Изложены этапы исследования и разработки ремонтно-восстановительных трибосоставов, развитие минеральной триботехнологии, способствующей повышению ресурса агрегатов машин.

Ключевые слова: материал, смазка, масло, покрытие, обработка, минерал, износ, испытание, технология.

История создания и применения инновационных трибосоставов.

Традиционные смазочные материалы, достигнув высочайшего совершенства, исчерпали свои возможности в повышении качеств, а рост энергонапряженности узлов и агрегатов машин требует более высокой, порой экстремальной их работоспособности. Кроме того, возможности