

ФТОРОПЛАСТОВЫЕ ПОКРЫТИЯ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДВС

А.Н. Клишин, А.Г. Кесарийский

Введение

За последние десятилетия двигатели внутреннего сгорания в основной своей массе обрели достаточно стабильный конструктивный облик. Дальнейшее их совершенствование направлено по пути активного и пассивного информационного насыщения деталей и систем ДВС. Оптимизация узлов, сборок, деталей на основе расчетно-экспериментальных исследований с применением математического моделирования и интегральных методов анализа напряженно-деформированного состояния позволяют реализовать конструкции с высоким уровнем весового совершенства и надежности. Использование микропроцессорных систем в управлении работой двигателя стало нормой современной конструкции. Такой подход обеспечивает неуклонный рост эксплуатационных характеристик ДВС.

В то же время существенным ресурсом повышения потребительских качеств двигателей внутреннего сгорания является их совершенствование на стадии эксплуатации. Это может быть достигнуто не только путем дорогостоящей замены морально устаревших деталей и систем ДВС, но и сравнительно простым и доступным изменением условий работы деталей и узлов традиционной конструкции. Такие изменения могут быть реализованы, например, применением новых технологий сборки деталей, либо созданием специальных покрытий на подверженных активному износу поверхностях деталей. Последнее особенно актуально в условиях использования альтернативных топлив и топлив с кислородосодержащими добавками.

Проблемы применения добавок содержащих кислород

Кислородосодержащие топлива и кислородосодержащие добавки к традиционным углеводородным топливам обладают целым рядом достоинств обеспечивающих повышение экологических характеристик двигателя. Эта тема освещается не только в специальной литературе, но активно обсуждается и в популярных общественных изданиях [1]. Учитывая тенденцию расширения применения в энергетике возобновляемых источников энергии, можно предположить, что доля ки-

слородосодержащих добавок к топливу будет постоянно увеличиваться. Более 20 лет в США ведутся работы по использованию биоэтанола. Значительный опыт использования двигателей работающих на топливе с добавками этилового спирта накоплен в Бразилии и других странах. Однако эксплуатация двигателей на топливах со значительным процентом кислородосодержащих добавок показала, что наряду с неоспоримыми достоинствами применение таких компонентов сопряжено с уменьшением ресурса ряда элементов двигателя. Особенно эта проблема актуальна для прецизионных плунжерных пар топливной аппаратуры, подвергающихся агрессивному воздействию кислорода вводимого в состав топлива с кислородосодержащими добавками. Решение этой проблемы путем применения агрегатов, выполненных из специальных материалов приводит к столь значительным затратам на модернизацию ДВС, что в ряде случаев становится экономически неоправданной дальнейшая эксплуатация таких двигателей. Особенно актуальна эта проблема для стран, испытывающих дефицит углеводородных топлив и эксплуатирующих (в силу экономических причин) двигатели, разработанные и изготовленные более 10 – 15 лет назад.

Фторопластовые покрытия деталей

В технике уже давно широко используется политетрафторэтилен – термостойкий термопласт, обладающий высокой химической стойкостью и антифрикционными свойствами. Этот материал применяется для изготовления подшипников, уплотнений, антикоррозионных покрытий, сухих смазок. В двигателестроении фторопласт успешно используется в качестве добавок-суспензий, которые прибавляются к моторным маслам для обеспечения высококачественной смазки подвижных соединений ДВС. В Англии, например, под торговой маркой SLIDER производится суспензия, которая содержит частицы PTFE (фторопласт-4 или Poly Tetra Fluorine Ethylene – PTFE, “Teflon”) размером от 1,0 до 5,0 мкм.

Высокая химическая инертность фторопласта и прекрасные трибологические характеристики поверхностей покрытых фторопла-

стом позволили предположить, что его применение в прецизионных кинематических парах может быть чрезвычайно эффективным. В то же время оказалось, что существует проблема формирования фторопластовых покрытий для таких деталей ДВС, если применить традиционные технологии или использовать фторопластовые суспензии, например, SLIDER, с размером частиц PTFE более 1,0 мкм. Прежде всего это объясняется тем, что при нагревании фторопласта-4 свыше 327°C происходит сублимация без образования промежуточной жидкой фазы, а применение пленочных покрытий в силу высокой инертности фторопласта-4 не обеспечивает их надежной адгезионной связи с поверхностью детали. Такие покрытия легко повреждаются и малоэффективны для использования в подвижных кинематических парах, например, деталях плунжеров, применяемых в топливной аппаратуре ДВС.

Малым частным предприятием "Clean-service" были инициированы работы по исследованию процессов нанесения фторопластовых покрытий на различные детали ДВС. На основании проведенных исследований было установлено, в отличие от мелкодисперсного фторопласта-4 с размерами частиц от 1,0 до 5,0 мкм, применяемого в моторных маслах, фторопласт с меньшими размерами частиц не только обеспечивает снижение трения, но и позволяет формировать надежные покрытия. Разработанный ультрадисперсный полимер SUPERLINE, фторопласт-4 со структурной формулой $(-CF_2 - CF_2 -)_n$, где $n < 10000$, а размер фторопластовых частиц в среднем составляет от 0,1 до 0,6 мкм обладает рядом новых технологических характеристик. Из всех известных в мировой практике фторопластосодержащих антифрикционных материалов только такая тонкодисперсная структура позволяет применить качественно новые технологии по созданию полимерных микропленок на поверхностях трения, надежно защищающих металлические поверхности от локального перегрева и износа, агрессивного воздействия компонентов топлива и коррозии.

Проникающая способность субмикронных частиц фторопласта-4 в микрорельеф конструкционных материалов узлов трения столь высока, что позволяет использовать свойство «псевдотекучести» фторопласта, когда частицы запрессовываются в микропо-

ры, микротрещины, микронеровности, зоны выкрашивания и образуют долговечное покрытие.

Ультрадисперсная структура фторопласта обеспечивает возможность формирования на поверхности трения защитных полимерных слоев толщиной не более 1-2 микрона. Столь тонкие пленки практически не изменяют конструктивные размеры детали, находясь в пределах поля допуска детали по чертежу, а зачастую размеры покрытия соизмеримы с шероховатостью поверхности.

Применительно к плунжерным парам топливной аппаратуры ДВС использование фторопластовых покрытий обеспечивает возможность применения кислородосодержащих топлив и добавок без замены агрегатов или сложной доработки элементов конструкции. Полимерная структура ультрадисперсного фторопласта-4, запрессованная в микрорельеф деталей эффективно блокирует агрессивное воздействие кислорода даже в условиях высоких давлений и скоростей жидкого топлива, реализуемых в плунжерном насосе.

Процесс формирования покрытий на плунжерных парах топливной аппаратуры ДВС не требует специального оборудования и может быть реализован в топливных агрегатах в отдельных случаях даже без их демонтажа. Ультрадисперсный фторопласт-4 в виде суспензии наиболее дешевое и простое средство доставки ультрадисперсных частиц в зону трения, где и происходит образование фторопластовых покрытий на плунжерных парах топливной аппаратуры.

Помимо возможности использования стандартной топливной аппаратуры для работы ДВС на кислородосодержащих топливах, фторопластовые покрытия также позволяют существенно снизить скорость механического износа деталей на 30-40 % за счет уменьшения общих механических потерь на трение до 66 %, что выгодно отличает такие покрытия от традиционных добавок, снижающих трение в кинематических парах [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ярмакович В. Двигатель требует спирта? http://volgapolitinfo.ru/news_priv/13974.
2. Fujita K., Yohida A //Wear. – 1984. – Vol. 95. – P. 271-286.