

УДК 621.4-2

В.Г. Некрасов, М.К. Куанышев, А.К. Каукаров, А.Т. Мухтаров*Актюбинский государственный университет им. К. Жубанова**263, ул. братьев Жубановых, Актюбе, Казахстан, 030000**E-mail: Zubanov@samgau.kz***РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО КПД ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Рассматриваются методы повышения механического КПД ДВС, включающие применение кривошипно-кулисного механизма преобразования движения, медных и меднографитовых подшипников скольжения, а также уплотнения поршня в цилиндре при помощи меднографитовых компрессионных колец. Приводятся данные исследования медных подшипников скольжения.

В современных условиях повышению эффективности двигателей внутреннего сгорания уделяется большое внимание. Для большинства поршневых двигателей механический КПД составляет 75...80 %. Реально механические потери при конструировании новых моделей двигателей можно существенно снизить за счет применения ряда технических решений. Рассмотрим ряд технических решений, которые могут существенно повлиять на повышение механического КПД поршневого двигателя.

Недостатком повсеместно используемого кривошипно-шатунного механизма является преобразование поступательного движения поршня во вращательное движение вала при действии нормальных сил на поршень, движущийся в нагретой гильзе цилиндра. Это приводит к повышенным потерям на трение, а также появлению эллиптического износа гильзы цилиндра. Предлагались различные другие конструкции механизмов преобразования движения [1]. Такие механизмы, как правило, имели большую сложность, в них было больше кинематических узлов.

Целью статьи является исследование эффективности применения медных и меднографитовых подшипников скольжения поршневых двигателей с целью повышения механического КПД.

Одновальный кривошипно-кулисный механизм имеет столько же кинематических пар, сколько и традиционный кривошипно-шатунный механизм [2]. В нем вместо двух вращающихся кинематических узлов и одного скользящего применено два скользящих и один вращающийся узел. Причем, вращающийся узел представляет собой традиционный кривошипный подшипник вращения, при этом используется стандартный коленчатый вал. Преимуществом кривошипно-кулисного механизма является то, что в нем все боковые силы воспринимаются кулисой, размещенной в смазываемом картере, а скользящим кинематическим парам при конструировании можно придавать размеры, уменьшающие удельные нагрузки на фрикционный контакт. Габариты двигателя вдоль оси цилиндра при этом сокращаются.

Кривошипно-кулисный механизм преобразования движения имеет связь кулисы с поршнем при помощи линейно движущегося штока. Это позволяет отделить горячий картер от холодного масляного картера. Но такая конструкция требует особого решения снижения потерь на трение в подвижном узле уплотнения поршня в цилиндре. Решением является применение сухого уплотнения поршня при помощи колец из твердого антифрикционного материала – меднографита [3]. Меднографитовые изделия производятся по технологии порошковой металлургии, условия работы таких колец близки к условиям работы щеток электрических машин, для которых меднографитовый материал применяется уже не одно десятилетие. Меднографитовые кольца создают герметичный подвижной контакт, постоянно прирабатывающийся в процессе эксплуатации двигателя.

Узлы скольжения и вращения в кривошипно-кулисном механизме целесообразно применять с использованием медных или даже меднографитовых вкладышей, с предварительным омеднением стальных или чугунных шеек вала и линейных направляющих. Это позволяет существенно снизить сопротивление трению за счет свойств медных фрикционных контактов, вплоть до возбуждения атомарного переноса, позволяющего резко снизить потери на трение, обеспечив практически безызносный режим работы таких подшипников [4].

Отмеченные технические решения имеют теоретическое обоснование. Применение их в комплексе позволит уменьшить механические потери в двигателе, повысив его эффективность. Кроме этого, имеются другие сопутствующие положительные эффекты, как исключение угара масла и снижения им своего качества, больший ресурс механизмов двигателя, уменьшение затрат на ремонт.

Изложенные технические решения включены в программу научных исследований совершенствования ДВС в Актюбинском государственном университете. В настоящее время выполнены исследования по применению меди для подшипников скольжения. Полученные результаты рассматриваются ниже.

Проведенные теоретические исследования применения различных материалов в качестве опорных поверхностей подшипников скольжения показали, что медь в этом плане обладает исключительными

свойствами. Медь в чистом виде обладает существенно большим показателем термической устойчивости, чем все применявшиеся для этих целей материалы (баббит, алюминиево-оловянный сплав, бронза и др.). Другие свойства меди, как твердость, пластичность, наличие пленки окисла по твердости мало отличающейся от твердости основного металла, технологичности обработки (возможность прокатки, штамповки) также показывают целесообразность использования меди для выполнения опорных поверхностей подшипников скольжения. Этот результат позволяет сделать вывод, что подшипники с медными вкладышами дают возможность существенно повысить качество подшипников скольжения.

Для подтверждения этого вывода для подшипников скольжения кинематических механизмов ДВС было проведено экспериментальное определение интенсивности изнашивания подшипников на машине трения. Методика эксперимента подбиралась таким образом, чтобы испытание проводились в близких к реальным условиям эксплуатации подшипника в механизме ДВС, но при этом в ускоренном режиме. Для этого использовался корпус стандартного подшипник шатуна при диаметре шейки вала 50 мм и шириной 25 мм. Удельное значение радиальной нагрузки принято равным 250 кг/см^2 , что близко по величине, возникающей в реальных условиях в ДВС. При этом работа подшипника на машине трения в течение 214 ч эквивалентна работе подшипника в реальном двигателе при импульсной нагрузке в течение 1500 мотор-часов.

Первая серия опытов на машине трения проводилась со стандартными алюминиево-оловянными вкладышами. В этой серии опытов было подтверждено, что процесс изнашивания подшипника происходит по классической зависимости. За время 8...10 ч происходит приработка фрикционного контакта, после чего наступает стабильный режим изнашивания с интенсивностью $0,000074 \text{ см}^3/\text{ч}$. После работы подшипника под нагрузкой в течение 230 ч интенсивность изнашивания резко возрастает, процесс переходит в режим ускоренного изнашивания. Переход с режима стабильной работы на режим ускоренного изнашивания произошел при потере массы вкладыша 0,08 г, при которой радиальный зазор в подшипнике достиг предельной допустимой величины 0,15 мм. Отметим, что именно величина зазора в подшипнике определяет его ресурс, так как увеличению зазора сверх допустимой техническими условиями величины нарушается режим образования масляного клина, обеспечивающего жидкостное трение.

Другая серия опытов проводилась в тех же условиях, но с медными вкладышами. Обработка результатов опытов показала, что изнашивание происходит с интенсивностью $0,000015 \text{ см}^3/\text{ч}$, т.е. в 4,9 раза менее интенсивно, чем для алюминиевого вкладыша. При этом режим интенсивного изнашивания достигнут не был.

Сравнительные данные работы опытного и стандартного подшипника проводилось по относительной величине зазора, принимая за 100 % условия, которые создаются после приработки подшипника. Результаты эксперимента наглядно показали, что у подшипника с медными вкладышами увеличение максимального зазора происходит с существенно меньшей скоростью. Расчет по данным эксперимента показывает, что предельный максимальный зазор в подшипнике на машине трения может быть достигнут только после примерно 2 тыс. ч работы подшипника под нагрузкой, или в условиях работы в реальном ДВС через 14 000 ч.

Были оценены экономические показатели замены алюминиевых вкладышей на медные. Стоимость рядного четырехцилиндрового двигателя за счет применения комплекта медных вкладышей увеличивается только на 2...3 %. Но увеличение межремонтного периода почти в десять раз за счет уменьшения затрат на ремонт снижает эксплуатационные расходы на ремонт в расчете на 1 час эксплуатации с 0,22 долл./ч до 0,025 долл./ч или более чем в восемь раз.

Кроме рассмотренного основного мероприятия по повышению качества подшипников скольжения, заключающегося в выполнении вкладышей из меди, рассматривались также другие методы повышения качества. В частности, было исследовано внедрение графита в поверхность скольжения. Графит, имея чешуйчатую структуру кристаллов, создает на поверхности твердого материала микрослой кристаллов графита и выполняет функции твердой смазки, исключая схватывание металлических поверхностей. В опытах с подшипниками с внедрением графита в медные вкладыши получено, что графит проявляется только в экстремальных режимах, когда радиальная нагрузка превышает расчетные нагрузки на подшипник. В связи с этим перспективно применение порошковой металлургии для выполнения меднографитовых вкладышей.

Другой метод повышения качества подшипников заключается в предварительном меднении шейки вала, снижающей силу трения и уменьшающей изнашивание. Предварительное меднение шейки вала привело к снижению интенсивности изнашивания на 40 % по отношению к варианту с медным вкладышем и стальным валом. Следовательно, предварительное меднение шейки вала положительно сказывается на качестве подшипника.

На основании полученных результатов разработан предварительный регламент линии по мелкосерийному производству медных вкладышей для ремонтных предприятий, специализирующихся на ремонте двигателей внутреннего сгорания.

В проведенных исследованиях доказано, что применение меди для изготовления опорных поверхностей подшипников скольжения существенно, практически на порядок, повышает качество подшипников, снижая интенсивность их изнашивания и увеличивая ресурс работы.

Казахстан является одним из крупнейших производителей меди. Поэтому организация производства медных вкладышей из отечественной меди позволит республике не только обеспечить свой транспортный сектор качественной продукцией, но и выйти на международный рынок с высококачественной и конкурентоспособной продукцией двигателестроения, производимой на предприятиях республики из отечественного сырья.

Дальнейшие исследования следует проводить по применению порошковой металлургии для выполнения меднографитовых вкладышей и повышения надежности и механического КПД двигателя.

Библиографический список

1. Мищенко Н.И. Нетрадиционные малоразмерные двигатели внутреннего сгорания. В 2т. внутреннего сгорания / Н.И. Мищенко. — Донецк: Лебедь, 1998. — 228 с.
2. Некрасов В.Г. Механизм преобразования движения поршневого двигателя / В.Г. Некрасов // Вестник машиностроения. — 2005. — № 8. — С. 83 – 86.
3. Каукаров А.К. Цилиндро-поршневая группа двигателя внутреннего сгорания / А.К. Каукаров, В.Г. Некрасов // Вестник Кыргызского отделения международной академии энергетики им. А. Эйнштейна. — Бишкек, 2006. — № 2. — С. 69 – 77.
4. Коровчинский М.В. Теоретические основы работы подшипников скольжения / М.В. Коровчинский. — М.: Машиностроение, 1959. — 186 с.

Поступила в редакцию 13.11.2007 г.