

*different, but criteria of appraisal are different. It is offered to analyse the methods to show disadvantages and to find better ones.*

*The key words: milking machine, efficiency of using, the method of appraisal, energetic indexes, rate of using.*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ**

*Е. Е. Миронов, преподаватель кафедры «Организация и технология ремонта машин» ГОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт»*

**Аннотация.** Двигатели внутреннего сгорания должны отвечать высоким требованиям: по сроку службы, мощности, затратам на ремонт и многим другим. Для обеспечения этих требований конструкторы совершенствуют цилиндропоршневую группу, в частности, поршневые кольца, от которых напрямую зависит качественная работа двигателя, и самое важное, необходимость в его преждевременном ремонте.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, цилиндропоршневая группа, гильза, поршень, поршневые кольца, износостойкость, долговечность.

Важность повышения надежности деталей ЦПГ двигателя определяется тем, что именно от состояния узла уплотнения гильза-поршень-кольца зависит срок службы двигателя, а затраты на ремонт, восстановление и замену деталей ЦПГ являются наибольшими по сравнению с за-

тратами на ремонт, восстановление и замену других деталей двигателя.

Несмотря на большое количество работ, посвященных проблеме повышения долговечности деталей ЦПГ ДВС, до сих пор отсутствует комплексный подход к обеспечению характеристик этих деталей, составляющих целостную группу.

Гильза двигателя «мокрого» типа - элемент, совместно с кольцами, обеспечивающий герметичность камеры сгорания, воспринимающий в процессе работы динамические нагрузки со стороны поршневых колец, осуществляющий теплопередачу от поршневых колец к охлаждающей жидкости и, уже при установке, находящийся в напряженно-деформированном состоянии, обусловленном затяжкой шпилек (болтов) головки блока. Элементами, в основном определяющими процессы изнашивания гильзы, являются поршневые кольца. С одной стороны, более твердое и износостойкое покрытие кольца в неблагоприятных условиях смазывания рабочих поверхностей в камере сгорания оказывает на поверхность гильзы крайне неблагоприятное воздействие. С другой стороны, динамические нагрузки, вызываемые перекладкой поршня и передаваемые через кольца на стенку гильзы, вызывают вибрации стенки гильзы, что, в свою очередь, приводит к кавитационному изнашиванию поверхности, омываемой охлаждающей жидкостью. Напряженно-деформированное состояние только усугубляет эти процессы. В ЦПГ реализована, так называемая, положительная обратная связь, когда изменение каких-либо параметров детали или деталей приводит не к компенсации этого изменения параметрами других деталей, а к «раскачиванию» всей системы и более быстрому выходу ее из строя.

Многие специалисты считают, что улучшение эксплуатационных показателей ЦПГ возможно путем внесе-

ния присадок в масло, топливо и воздух положительно влияющих на характеристики двигателя. Но это заблуждение, поскольку дополнительно вносимые присадки, например в масло, нарушают баланс уже имеющихся в нем присадок, а это приводит к ухудшению работы трибосопряжения..

Разрешение сложившейся ситуации связано с созданием наиболее благоприятных условий работы трибосопряжения гильза-кольца-поршень путем гашения динамических нагрузок и создания усовершенствованной конструкции поршневых колец и поршня, а также создания на сопряженных поверхностях защитного слоя с низким коэффициентом трения, что приведет к повышению износостойкости и вибростойкости трибосопряжения, снижению расхода масла и топлива, а также вредных выбросов двигателя без существенного удорожания процесса производства, технического обслуживания и ремонта.

Поршневые кольца предназначены для обеспечения герметичности внутрицилиндрового пространства, т.е. для предотвращения прорыва газов из этого пространства в картер двигателя. Одновременно поршневые кольца отводят в стенки цилиндра большую часть воспринимаемой днищем поршня теплоты и препятствуют проникновению масла из картера двигателя внутрь цилиндров.

### **Конструкции поршневых колец**

В современных быстроходных, отличающихся высокой степенью сжатия двигателях, поршневые кольца применяют трех видов:

- компрессионные поршневые кольца;
- маслосъемные поршневые кольца;
- компрессионно-маслосъемные поршневые кольца (комбинированные).

Компрессионные поршневые кольца работают в очень тяжелых условиях полужидкостного трения с боль-

шой переменной скоростью скольжения подвергаясь воздействию высоких температур, а так же испытывают воздействие значительных сил давления газов, внутренних сил упругости и сил трения. Компрессионные кольца должны предотвращать попадание отработавших газов из камеры сгорания в кривошипную камеру.

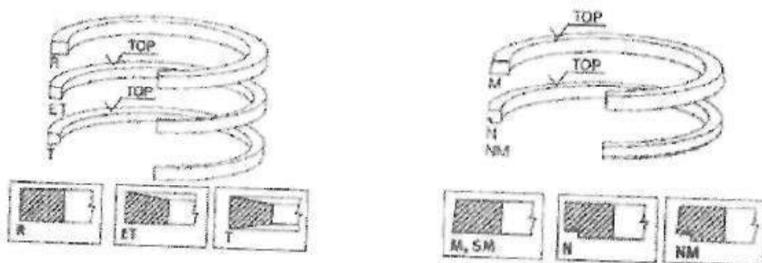


Рис. 1. Виды компрессионных колец ДВС,

**R** - цилиндрическое компрессионное поршневое кольцо; **ET** - полутрапециевидное компрессионное поршневое кольцо; **T** - трапециевидное компрессионное поршневое кольцо 6715; **M** - коническое поршневое компрессионное кольцо; **SM** - коническое поршневое компрессионное кольцо с уменьшенным углом наклона рабочей поверхности; **N** - скребковое компрессионное поршневое кольцо; **NM** - скребковое коническое компрессионное поршневое кольцо

Для обеспечения необходимой герметичности нужны минимальный зазор между поршнем и стенкой цилиндра, наличие в этом зазоре устойчивой масляной пленки и высококачественная обработка поверхности цилиндра и поршня. Компрессионные кольца уплотняют поршень путём создаваемого ими лабиринта и прижатия колец к поверхности цилиндра. Проходя через этот лабиринт, состоящий из торцевых и радиальных зазоров между кольцами и стенками кольцевых канавок, газы постепенно расширя-

ются, вследствие чего их давление и скорость истечения снижаются.

Целью применения маслосъемных колец является максимальное уменьшение расхода масла, при постоянной и достаточной смазке деталей скольжения и одновременно обеспечение минимальной газопроницаемость.

Вследствие насосного действия компрессионных колец, а так же разряжения в цилиндре во время цикла всасывания в камеру поступает масло, где оно частично сгорает. Маслосъемные кольца снимают лишнее масло со стенок цилиндров и предотвращают попадание смазочного масла в камеру сгорания.

Компрессионно-маслосъемные кольца совмещают основную функцию компрессионных и маслосъемных колец, т.е. они предотвращают попадание отработавших газов в кривошипную камеру и снимают лишнее масло со стенки цилиндра.

Чаще всего применяют кольца прямоугольного сечения. На внутренних углах колец делают фаски  $(0,2...0,5) \times 45$  град, во избежание прилегания колец к закругленным углам поршневых канавок, а также для облегчения надевания колец на поршень. У колец большого диаметра на наружной поверхности делают лабиринтные канавки.

Для ускорения приработки колец к стенкам цилиндра наружную поверхность колец выполняют конической, оставляя узкую  $(0,3...0,5\text{мм})$  цилиндрическую ленточку. Этот прием требует индивидуальной обработки колец на конус.

Другой прием придания конусности рабочей поверхности, основан на свойстве асимметричных сечений скручиваться под действием изгибающих сил. На внутренней поверхности колец делают выборки или скосы, смещающие главную ось инерции сечения относительно

направления изгибающих сил. При введении в цилиндр такие кольца скручиваются под действием давления, оказываемого стенками цилиндра, в результате чего наружная поверхность колец приобретает коническую форму.

Конусность различна по окружности колец и максимальна на концах кольца. Трение кромок кольца о стенки цилиндра при ходе поршня вниз, в свою очередь, способствует скручиванию кольца. Благодаря простоте исполнения скручивающиеся кольца получили широкое применение

Кольца трапецевидного сечения применяют в цилиндрах, работающих при высокой температуре (цилиндры ДВС, поршневых компрессоров высокого давления), где имеется опасность закоксовывания колец из-за разложения масла при высоких температурах.

### **Материалы поршневых колец**

Поршневые кольца изготавливают чаще всего из качественного перлитного чугуна, отличающегося износостойкостью и высокими антифрикционными свойствами, обусловленными присутствием в структуре пластинчатого графита.

Чугунные поршневые кольца после обдирки подвергают старению, естественному или искусственному (при 500...550°C).

Кольца, работающие в условиях обильной смазки, изготавливают из пружинной стали, закаленной и подвергнутой среднему отпуску (350...500 °C). Стальные кольца требуют повышенной поверхностной прочности стенок цилиндра.

Иногда поршневые кольца выполняют из ковальной бронзы марок БрАНЖ или БрАМЖц, а в ответственных случаях - из бериллиевой бронзы марки БрБ2.

Конструкторы двигателей предпочитают использовать сталь, нежели чугун в качестве материала для изго-

товления компрессионных поршневых колец в бензиновых и дизельных двигателях. Для этого существуют вполне веские основания:

- в современных двигателях к поршневым кольцам предъявляются более высокие требования, чем это было ранее;

- повысившаяся компрессионная нагрузка и число оборотов, ужесточившиеся нормы по ограничению вредных выхлопов - эти условия создали необходимость применения принципиально нового материала, который должен быть прочней и устойчивей, чем все применявшиеся до этого материалы;

- более надёжное уплотнение, устойчивость к поломке и износу при высоких нагрузках также имеют немаловажное значение. Эти качества наилучшим образом обеспечивает сталь.

Относительно низкая высота стального кольца по оси позволяет размещать его ещё плотнее к корпусу поршня, и таким образом достигается снижение выбросов выхлопных газов. Применение стали также позволяет сократить радиальную толщину колец. Благодаря этому существенно облегчённое стальное кольцо способно лучше уплотнять кольцевую канавку, причём упругость стального кольца по отношению к кольцу из чугуна значительно выше. Стальное кольцо, таким образом, лучше приспособлено к неидеально круглой форме цилиндра и способствует понижению расхода масла.

Компрессионные кольца из стали гарантируют устойчивость к продольной деформации и ограничивают усталость материала, у них меньше износ кромок и меньше износ кольцевых выточек на самом поршне.

Преимущества использования стальных компрессионных колец:

- повышенная упругость;

- повышенный ресурс эксплуатации;
- повышенная жёсткость;
- низкий подъём (высота) колец;
- повышенный предел выносливости.

Кроме того, стальные кольца устойчивей к нагрузкам, их кромки, а также кольцевые выточки на самих поршнях меньше изнашиваются; они позволяют с меньшим интервалом производить техосмотры; эти кольца лучше приспособлены к форме цилиндра, сокращают расход моторного масла, уменьшают просачивание газов, понижают трение.

### **Покрывтия поршневых колец**

Для увеличения износостойкости и срока службы поршневых колец их рабочую поверхность хромируют. Хромированное покрытие отличается очень высокой твердостью (VN 900... 1000), жаростойкостью, низким коэффициентом трения и противозадирными свойствами.

При гальваническом твердом хромировании хром наносят сплошным слоем толщиной 0,15...0,25мм для малых колец и до 0,50 мм для больших колец.

После хромирования тонко покрытые кольца устанавливаются в цилиндр; толсто покрытые кольца подвергаются шлифованию для устранения неравномерности покрытия хромом.

Твердому хромированию присущи следующие недостатки:

1) затягивается процесс приработки колец вследствие высокой твердости хрома и плохой смачиваемости маслом; 2) кольца требуют повышенной точности изготовления цилиндра и полного устранения просветов между кольцом и зеркалом цилиндра.

Эти недостатки в значительной мере устраняются пористым хромированием. Хром сначала наносят сплошным слоем, а затем наружную поверхность покрытия раз-

рыхлят на глубину, равную примерно 0,25 толщины покрытия.

Пористая поверхность хорошо удерживает масло. В процессе приработки разрыхленная поверхность сравнительно быстро истирается (особенно на участке повышенного давления), после чего обнажается нижележащий слой твердого сплошного хрома. Присутствие масла в пористом слое предупреждает задиры в процессе приработки.

Износостойкость пористохромированных колец сильно зависит от структуры пористого слоя, предопределяющей правильность процесса приработки. Наилучшие результаты дает сетчатая пористость с размером пор 0,05...0,10 мм<sup>2</sup>. При правильно проведенном процессе приработки износостойкость хромированных колец в 15...25 раз превышает износостойкость обычных чугунных колец.

Материал хромированных колец "не имеет столь большого значения, как материал не хромированных колец. Это позволяет применять для изготовления хромированных колец высокопрочный модифицированный чугун с шаровидным графитом и сталь.

Другие способы повышения износостойкости поршневых колец.

*Оксидирование* (воронение). Образование на поверхности колец тонкого (0,01 мм) слоя магнитной окиси железа Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> путем выдержки колец при температуре 500...550 °С в атмосфере газообразных окислителей и водяного пара.

*Фосфатирование* - выдержка колец в горячем водном растворе фосфорной кислоты, насыщенном фосфатами Fe, Mn, Zn. На поверхности колец образуется пористый кристаллический слой фосфатов, хорошо впитывающий смазку.

*Диффузионное силицирование* - выдержка колец в порошкообразном карбиде кремния SiC при температуре

около 1000 °С. При этом поверхностный слой насыщается кремнием, повышающим износостойкость колец.

*Диффузионное хромирование* - насыщение поверхностного слоя хромом путем выдержки колец в расплавленном хлористом хrome  $\text{CrCl}_2$  или в атмосфере газообразных хлоридов хрома при температуре около 1000 °С.

*Алитирование* - выдержка колец в смеси порошкообразного алюминия и окиси алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при температуре около 1000 °С, в результате чего в поверхностном слое образуются кристаллы твердого раствора алюминия в альфа железе, а на поверхности - тонкая износостойкая пленка окиси алюминия.

*Сульфидирование* - выдержка колец в горячем растворе едкого натрия  $\text{NaOH}$  с примесью серы или в расплаве цианистого натрия  $\text{NaCN}$  и сернокислого натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Сульфидированный слой отличается исключительной износостойкостью и сопротивлением схватыванию.

Для ускорения приработки кольца подвергают гальваническому лужению, кадмированию или омеднению. Наилучшие результаты дает лужение. Гальваническое лужение производят в ванне с натриевой солью оловянной кислоты при температуре 75 °С. Толщина слоя олова 0,005...0,010 мм.

Кольца, работающие при умеренных температурах, покрывают тонким слоем синтетической смолы (эпоксиды), фторопластов и т.п. с примесью графитного или металлического порошка.

## Литература

1. Родичев, В. А. Устройство и техническое обслуживание грузовых автомобилей: Учебник водителя автотранспортных средств категории «С» / В. А. Родичев. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 256 с.

2. Вахламов, В. К. Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. К. Вахламов. - 3-е изд. стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 816 с.

3. Internet: <http://www.autosnabcentr.ru>

4. Internet: <http://www.gilza-porshen.ru>

### **The modern technologies of increasing the longevity of the piston rings**

*E. B. Mironov, the teacher of the chair «Organization and technology of car repairing» of the State Educational Institute of Higher Professional Education «Nizhegorodskiy State engineering-economic institute»*

***Annotation.** Nowadays the high demands are presented to the internal - combustion engines. These demands are the increasing of period of validity, the increasing of power, reduction of payment and others. Having achieved these demands, constructors pay special attention to the cylinder - piston group, especially to the piston rings. It influences to the qualitative engine work and its repairing.*

***The key words:** Internal - combustion engine. Cylinder - piston group. Piston. Piston rings. Wear resistance. Longevity.*