



KOLBENSCHMIDT

KNOWLEDGEPOOL

ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА ДЛЯ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО
СГОРАНИЯ



OUR **HEART** BEATS FOR YOUR ENGINE.



MOTORSERVICE
RHEINMETALL AUTOMOTIVE



ГРУППА MOTORSERVICE

КАЧЕСТВО И СЕРВИС ИЗ ОДНИХ РУК

Группа Motorservice – это организация по сбыту продукции концерна Rheinmetall Automotive, активно действующая на мировом рынке обслуживания автомобилей. Она является ведущей фирмой, предлагающей компоненты двигателей для свободного рынка запасных частей. Широкий и всеобъемлющий ассортимент группы Motorservice, включающий в себя продукцию марок премиум-класса Kolbenschmidt, Pierburg, TRW Engine Components, а также марки BF, позволяет клиентам приобретать компоненты двигателей высшего качества из одних рук. Для решения задач торговых предприятий и мастерских она предлагает также широкий спектр услуг. Таким образом клиенты группы Motorservice значительно выигрывают от специализированного технического ноу-хау крупного поставщика мировой автомобильной промышленности.

RHEINMETALL AUTOMOTIVE

ПОЛЬЗУЮЩИЙСЯ ХОРОШЕЙ РЕПУТАЦИЕЙ ПОСТАВЩИК МИРОВОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Rheinmetall Automotive представляет собой подразделение мобильности технологического концерна Rheinmetall Group. Предлагая продукцию марок премиум-класса Kolbenschmidt, Pierburg и Motorservice, Rheinmetall Automotive занимает на соответствующих рынках ведущие в мире позиции в таких областях, как снабжение воздухом, уменьшение содержания вредных веществ и насосы, а также по разработке и производству поршней, блоков цилиндров двигателей и подшипников скольжения, включая поставку запасных частей к ним. Низкий уровень выбросов вредных веществ, экономный расход топлива, надежность, качество и безопасность являются определяющими стимулами к созданию новаторских решений Rheinmetall Automotive.



KOLBENSCHMIDT



PIERBURG



Редакция:
Motorservice, Technical Market Support

Разработка и производство:
Motorservice, Marketing
DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn

Перепечатка, размножение и перевод, в том числе и отдельных частей, разрешены только с нашего предварительного письменного согласия и с указанием источника.

Сохраняем за собой право на внесение изменений и на отклонения в иллюстрациях. Любая ответственность исключена.

Издатель:
© MS Motorservice International GmbH

Ответственность

Все данные этой брошюры были тщательно исследованы и составлены. И всё же возможны ошибки, данные могут быть неверно переведены, может не хватать информации или предоставленная информация может тем временем устареть. В отношении правильности, полноты, актуальности или качества предоставленной информации мы не можем ни дать гарантии, ни взять на себя юридическую ответственность. Любая ответственность с нашей стороны за ущерб, особенно за прямой или косвенный, материальный или нематериальный, возникший в результате использования или неверного применения, а также из-за неполноты или неверности содержащейся в данной брошюре информации, исключается, если только это не произошло в результате умысла или грубой небрежности с нашей стороны. Соответственно, мы не несём ответственности за ущерб, возникший по причине того, что то или иное предприятие по ремонту двигателей или механик не имеет соответствующей технической квалификации, необходимых знаний и опыта по ремонту. Насколько описанные здесь технологические процессы и указания по ремонту применимы к будущим поколениям двигателей, предсказать невозможно; это должно быть рассмотрено в каждом отдельном случае предприятием по ремонту двигателей или мастерской.

СОДЕРЖАНИЕ	СТР.
1 ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА: БАЗОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ	5
1.1 Требования к поршневым кольцам	5
1.2 Основные функции поршневых колец	6
1.3 Типы поршневых колец	8
1.4 Поршневое кольцо: термины	18
1.5 Конструкция и форма поршневых колец	19
1.6 Назначение и свойства	26
2 МОНТАЖ И СЕРВИС	39
2.1 Оценка бывших в употреблении компонентов	39
2.2 Оценка бывших в употреблении поршней	40
2.3 Оценка состояния цилиндров	42
2.4 Монтаж поршней и поршневых колец	48
2.5 Запуск и обкатка двигателя	55
2.6 Проблемы с уплотнением и повреждения поршневых колец	59
2.7 Смазывание и расход масла	68





ТЕМА

Поршневые кольца существуют так же давно, как и сами двигатели внутреннего сгорания. Несмотря на это, до сих пор многие специалисты и пользователи не имеют достаточных знаний о поршневых кольцах. В случае потери мощности и увеличения расхода масла именно кольца подвергаются тщательной проверке. Ни с какими другими компонентами двигателя не связаны такие высокие ожидания от вложенных затрат, как с замененными поршневыми кольцами.

Часто доверие к поршневым кольцам снижается из-за неоправданно высоких ожиданий, возлагаемых на них. Так, несмотря на доступность правильной информации и знаний, среди сотрудников СТО и конечных потребителей часто бытуют неправильные или только частично правильные мнения, а также заблуждения и ошибочные предположения. Однако в первую очередь поршневые кольца страдают по причине выполнения дешевого ремонта (например, при повторном использовании изношенных сопряженных скользящих деталей) и в результате некачественного монтажа.

О ДАННОЙ БРОШЮРЕ

В данной брошюре акцент делается на информацию о поршневых кольцах, важную с точки зрения конечных потребителей. Вместо подробного описания конструктивных особенностей в ней делается упор на практические аспекты. Если всё-таки затрагиваются такие технические темы, как конструкция и разработка, это сделано для предоставления дополнительной информации или для лучшего понимания.

В брошюре рассматриваются в основном поршневые кольца, используемые в двигателях легковых и коммерческих автомобилей. Это касается также двигателей, разработанных первоначально для установки на автомобилях, но применяемых, например, на судах, локомотивах, строительных машинах или в качестве стационарных двигателей. В дополнение к разделу с базовой технической информацией, в брошюру включена практическая часть «Монтаж и сервис», содержащая подробную информацию о монтаже и замене поршневых колец, а также такие полезные смежные темы, как смазывание, расход масла и обкатка двигателя.

Условием для успешного проведения ремонта являются глубокие знания о взаимосвязях, существующих в двигателе. Вы узнаете о том, что необходимо для успешного ремонта и что может произойти, если не учитывать определенные аспекты.

1 ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА: БАЗОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1.1 ТРЕБОВАНИЯ К ПОРШНЕВЫМ КОЛЬЦАМ

Поршневые кольца для двигателей внутреннего сгорания должны отвечать всем требованиям, предъявляемым к динамическому линейному уплотнению. Они должны не только выдерживать термические и химические нагрузки, но и выполнять ряд функций. Кроме того, они должны обладать следующими свойствами:

Функции

- Предотвращение (за счет уплотнения) прорыва газов из камеры сгорания в картер, во избежание снижения давления газов и, следовательно, мощности двигателя
- Уплотнение, т. е. предотвращение попадания смазывающего масла из кривошипной камеры (картера) в камеру сгорания
- Обеспечение наличия на стенке цилиндра масляной пленки точно заданной толщины
- Распределение смазочного масла по стенке цилиндра
- Стабилизация движения поршня (качание поршня) – особенно на холодном двигателе и большом зазоре между поршнем и цилиндром
- Передача тепла (отвод тепла) от поршня к цилиндру

Свойства

- Низкое трение во избежание существенных потерь мощности двигателя
- Высокая износостойкость и сопротивление термомеханической усталости, химическим нагрузкам и горячей коррозии
- Поршневое кольцо не должно вызывать чрезмерный износ цилиндра, иначе значительно сокращается срок службы двигателя.
- Длительный срок службы, эксплуатационная надежность и эффективность затрат в течение всего времени эксплуатации



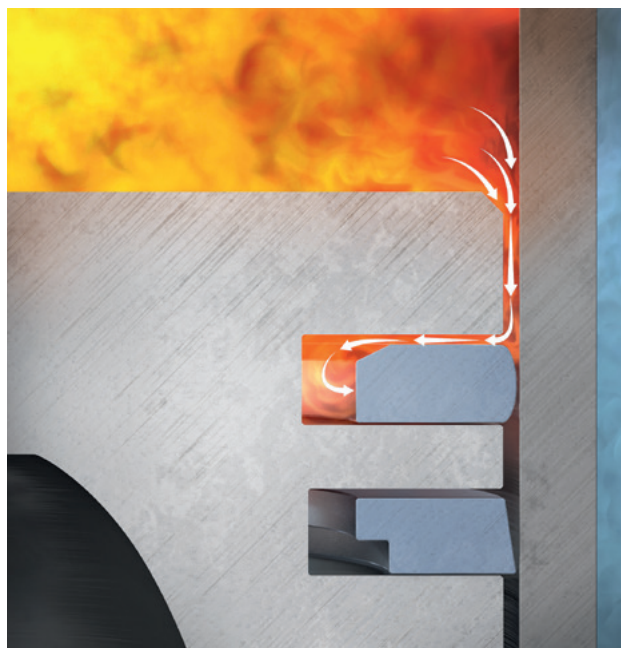
1.2 ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

1.2.1 УПЛОТНЕНИЕ ОТ ПРОРЫВА ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ

Основной функцией компрессионных поршневых колец является предотвращение прорыва газов между поршнем и стенками цилиндра в картер. В большинстве двигателей это достигается за счет использования двух компрессионных поршневых колец, образующих лабиринт для газов.

В силу конструктивных особенностей, поршневые кольца для двигателей внутреннего сгорания не обеспечивают 100%-ого уплотнения, поэтому в картер всегда проникает небольшое количество газов. Это нормальное явление, полностью исключить прорыв газов невозможно в связи с особенностями конструкции колец.

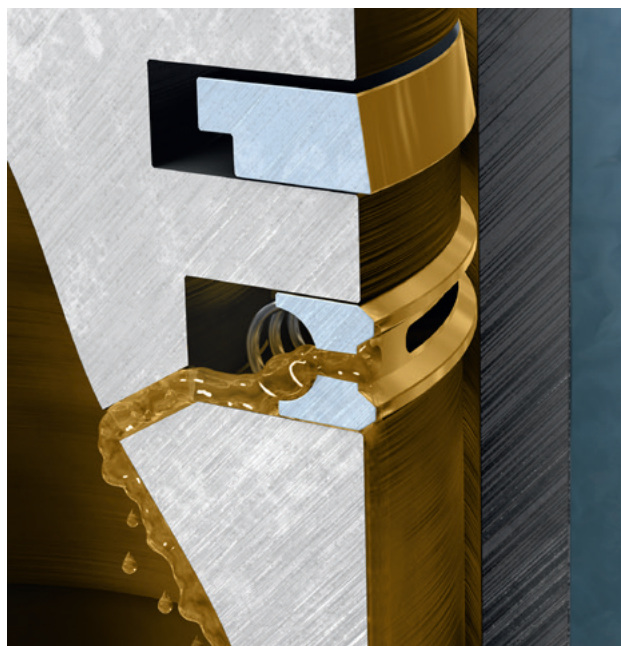
Однако в любом случае необходимо избежать чрезмерного прорыва горячих отработанных газов между поршнем и стенкой цилиндра. Иначе это повлекло бы за собой снижение мощности, повышенный нагрев компонентов и прекращение смазывания. Всё это отрицательно сказалось бы на сроке службы и работе двигателя. Различные уплотняющие и прочие функции колец, а также возникающий прорыв газов будут подробнее рассмотрены в следующих главах.



Уплотнение от прорыва отработанных газов

1.2.2 СЪЕМ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАСЛА

Поршневые кольца не только обеспечивают герметичность между камерой сгорания и полостью картера, но и регулируют толщину масляной пленки. Кольца равномерно распределяют масло по стенке цилиндра. Съем избыточного количества масла осуществляется в основном маслосъемным поршневым кольцом (3-е кольцо), а также комбинированным компрессионным/скребковым кольцом (2-е кольцо).

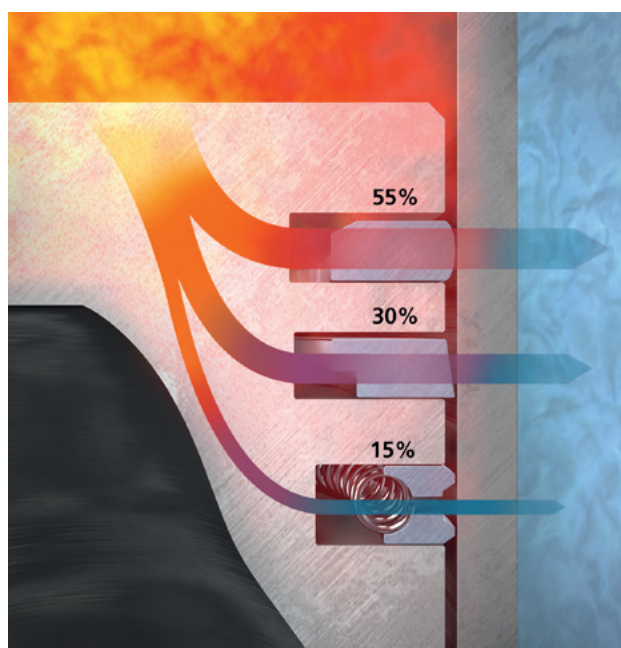


Съем и распределение масла

1.2.3 ОТВОД ТЕПЛА

Еще одна важная функция поршневых колец заключается в регулировании температуры поршня. Основная часть (около 70 %) тепла, поглощенного поршнем при сгорании топлива, отводится через поршневые кольца к цилиндру. Решающую роль при этом играют компрессионные поршневые кольца.

Отсутствие постоянного отвода тепла поршневыми кольцами привело бы к образованию на поршне задигов или даже к расплавлению поршня всего за несколько минут. В связи с этим очевидно, что поршневые кольца всегда должны иметь оптимальный контакт со стенкой цилиндра. Некруглости цилиндра или блокирование поршневых колец в кольцевых канавках (нагарообразование, грязь, деформация) с течением времени приводят к повреждениям поршня, вызванным перегревом из-за недостаточного отвода тепла.

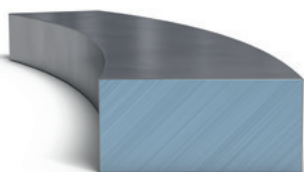


Отвод тепла

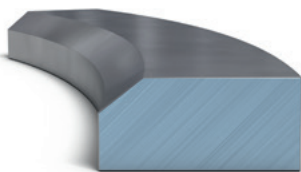
1.3 ТИПЫ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

1.3.1 КОМПРЕССИОННЫЕ ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА

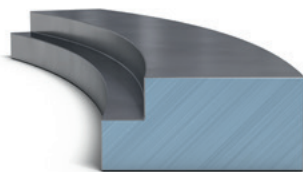
ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КОМПРЕССИОННЫЕ ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА



Цилиндрическое компрессионное кольцо



Цилиндрическое компрессионное кольцо с внутренней фаской



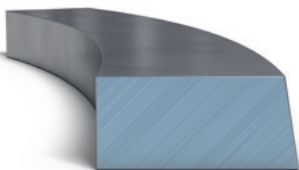
Цилиндрическое компрессионное кольцо с внутренним углом



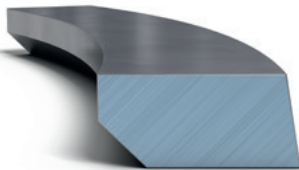
Цилиндрическое компрессионное кольцо

Цилиндрические компрессионные поршневые кольца – это кольца, имеющие прямоугольное поперечное сечение. У таких колец боковые поверхности параллельны друг другу. Данный тип компрессионных поршневых колец является самым простым и наиболее распространенным. В настоящее время кольца этого типа используются преимущественно в качестве первого компрессионного кольца во всех бензиновых, а иногда и в дизельных двигателях легковых автомобилей. Наличие внутренних фасок и углов вызывает скручивание колец в установленном (напряженном) состоянии. Фаска или внутренний угол, расположенные по верхней кромке, вызывают «положительное скручивание кольца». Более подробное описание воздействия скручивания колец приводится в главе 1.6.9 «Скручивание колец».

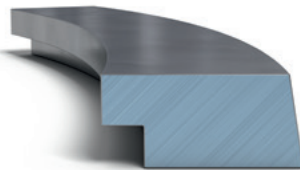
КОНИЧЕСКИЕ КОЛЬЦА – КОМПРЕССИОННЫЕ ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА С МАСЛОСЪЕМНОЙ ФУНКЦИЕЙ



Коническое кольцо



Коническое кольцо с нижней внутренней фаской



Коническое кольцо с нижним внутренним углом



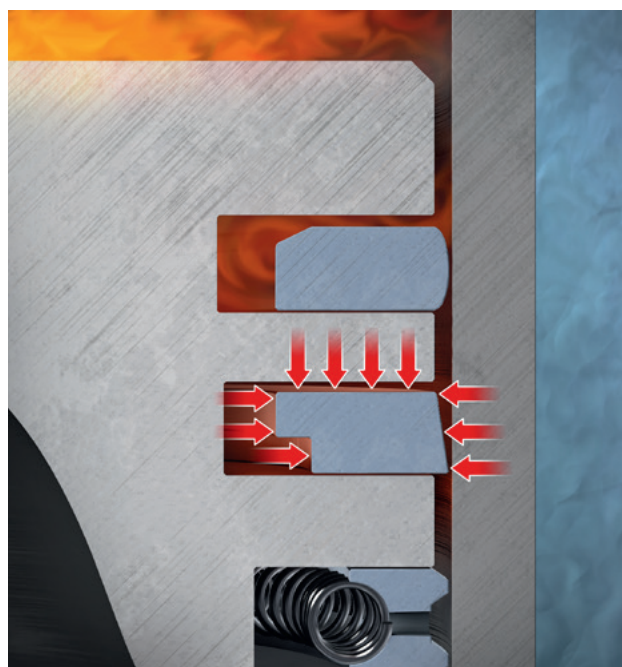
ЗАМЕЧАНИЕ

Конические кольца используются на двигателях любых типов (бензиновых и дизельных, для легковых и грузовых автомобилей) и устанавливаются, как правило, во вторую кольцевую канавку.

Эти кольца выполняют двойную функцию. Они помогают компрессионному кольцу в противодействии прорыву газов, а маслосъемному кольцу – в регулировании толщины масляной пленки.

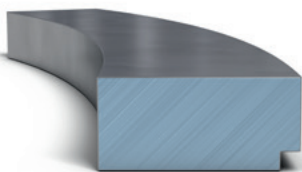
Рабочая поверхность конических колец (Рис. 2) имеет коническую форму. В зависимости от исполнения, угловое отклонение рабочей поверхности в сравнении с кольцом прямоугольного сечения составляет от 45 до 60 угловых минут. Благодаря такой форме новое коническое кольцо контактирует с поверхностью цилиндра только по нижней кромке. По этой причине в данной области возникает высокое механическое давление на поверхность и происходит желаемый съем материала. В результате этого запланированного износа, возникающего в период приработки, уже после непродолжительной эксплуатации образуется идеально закругленная кромка, которая обеспечивает оптимальное уплотнение. За период эксплуатации в несколько сотен тысяч км рабочая поверхность кольца теряет коническую форму, и коническое кольцо начинает выполнять функцию кольца прямоугольного сечения. Обладая теперь свойствами кольца прямоугольного сечения, бывшее коническое кольцо по-прежнему обеспечивает надежное уплотнение. По причине того, что газы оказывают давление на кольцо также спереди (из-за проникновения газов в зазор между цилиндром и рабочей поверхностью поршневого кольца), усиление действия давления газов несколько снижается. За счет этого во время приработки кольца незначительно уменьшаются давление прижима и степень износа.

Конические кольца выполняют не только функцию компрессионных поршневых колец, но и обладают хорошими маслосъемными свойствами. Этому способствует смещенная внутрь верхняя кромка кольца. При движении поршня вверх, от нижней к верхней мертвой точке, кольцо скользит по масляной пленке. Под действием гидродинамических сил (образование масляного клина) кольцо слегка отходит от поверхности цилиндра. При движении поршня в обратном направлении кромка кольца проникает глубже в масляную пленку и таким образом снимает слой масла, отводя его в сторону картера. На бензиновых двигателях конические кольца устанавливаются также в первую кольцевую канавку. Фаска или внутренний угол, относительно нижней кромки, вызывают отрицательное скручивание кольца (смотри главу 1.6.9 «Скручивание колец»).



Давление газов на коническое кольцо

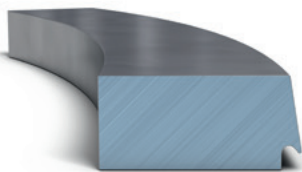
СКРЕБКОВЫЕ КОЛЬЦА



Скребковое кольцо

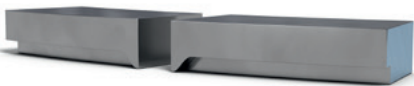
У скребкового кольца, обеспечивающего как уплотнение от прорыва газов, так и сьем масла, нижняя кромка рабочей поверхности имеет прямоугольную или скругленную проточку. В этой проточке скапливается определенное количество масла, которое затем стекает обратно в масляный поддон.

Раньше скребковые кольца имели прямоугольное сечение и устанавливались в качестве второго компрессионного поршневого кольца на многих моделях двигателей. В настоящее время, вместо скребковых колец прямоугольного сечения используют преимущественно конические скребковые кольца. Скребковые кольца устанавливают также на поршнях для компрессоров пневматических тормозных систем, главным образом в качестве первого компрессионного поршневого кольца.



Коническое скребковое кольцо

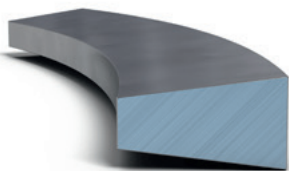
Коническое скребковое кольцо является усовершенствованным типом скребкового кольца прямоугольного сечения. За счет конической рабочей поверхности улучшается процесс съема масла. В случае использования поршневых компрессоров, конические скребковые кольца устанавливают не только во вторую, но и в первую кольцевую канавку.



Коническое скребковое кольцо с закрытым стыком

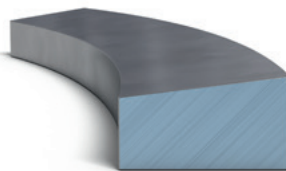
У некоторых конических скребковых колец скругленная проточка не доходит до стыкового конца, благодаря чему улучшается функция уплотнения от прорыва газов. Тем самым, по сравнению с традиционными коническими скребковыми кольцами, такие кольца обеспечивают уменьшение прорыва газов в картер (см. также главу 1.6.5 «Тепловой зазор»).

КОЛЬЦА ТРАПЕЦИЕВИДНОГО СЕЧЕНИЯ



Кольцо симметричного трапецевидного сечения

У колец симметричного трапецевидного сечения обе боковые поверхности расположены не параллельно друг другу, а под наклоном, в результате чего поперечное сечение приобретает форму трапеции. Угол наклона составляет, как правило, 6°, 15° или 20°.



Кольцо несимметричного трапецевидного сечения

У колец несимметричного трапецевидного сечения нижняя боковая поверхность не имеет угла наклона и расположена перпендикулярно рабочей поверхности.

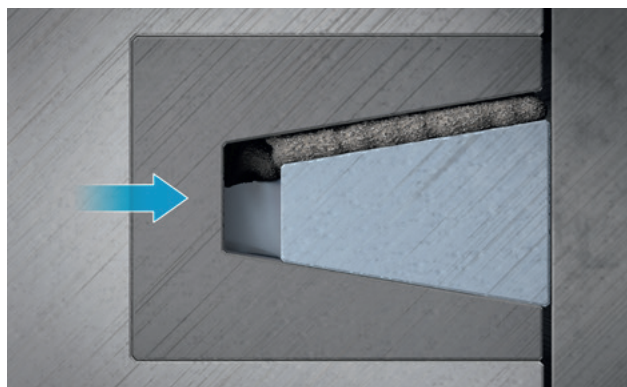
Кольца трапецевидного или несимметричного трапецевидного сечения используются для предотвращения нагарообразования и, следовательно, заклинивания колец в кольцевых канавках. При наличии очень высокой температуры внутри поршневой канавки велика вероятность образования нагара из-за воздействия этой температуры на имеющееся в канавке масло. При этом у дизельных двигателей возможно образование не только масляного нагара, но и сажи. Наличие сажи ускоряет скопление отложений в кольцевой канавке. Если бы в результате накопления отложений произошло заклинивание поршневых колец в канавках, то горячие отработанные газы беспрепятственно проникли бы через зазор между поршнем и стенкой цилиндра и вызвали бы перегрев поршня. Это привело бы к расплавлению головки поршня и его серьезным повреждениям.

По причине действия повышенных температур и образования сажи, кольца трапецевидного сечения устанавливаются преимущественно на дизельных двигателях, в самой верхней кольцевой канавке, а иногда и во второй кольцевой канавке.



ВНИМАНИЕ!

Кольца (симметричного и несимметричного) трапецевидного сечения нельзя устанавливать в обычные прямоугольные канавки. Кольцевые канавки поршня, в которые необходимо установить кольца трапецевидного сечения, всегда должны иметь соответствующую форму.



Функция очистки: благодаря особенностям формы колец трапецевидного сечения и их движению в кольцевой канавке за счет качания поршня (см. главу 1.6.11 «Движения поршневых колец») происходит механическое измельчение нагара.

1.3.2 МАСЛОСЪЕМНЫЕ ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА

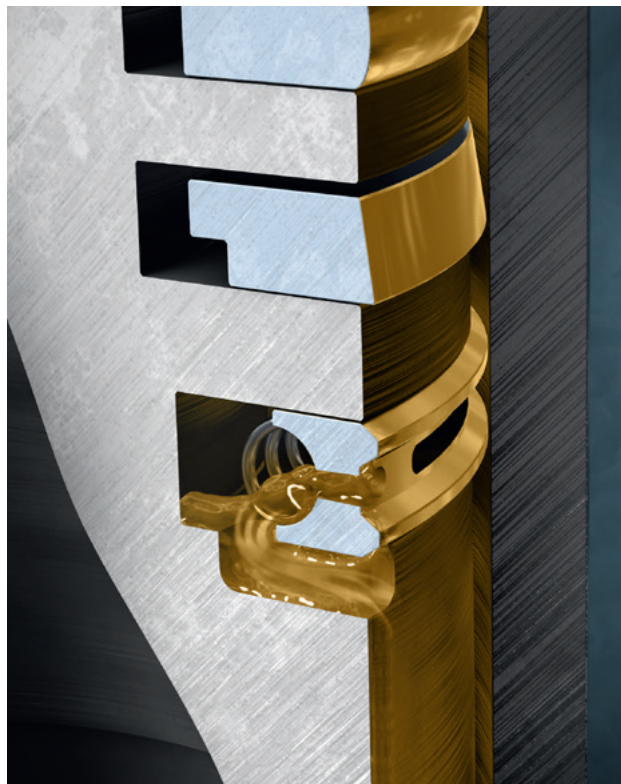
НАЗНАЧЕНИЕ

Конструкция маслосъемных поршневых колец позволяет распределять масло по стенке цилиндра и снимать с нее избыточное масло. Для улучшения функций уплотнения и съема масла, маслосъемные поршневые кольца оснащаются, как правило, двумя маслосъемными рабочими поясками. Каждый из этих рабочих поясков снимает со стенки цилиндра избыточное масло. Таким образом, как у нижней кромки маслосъемного поршневого кольца, так и между рабочими поясками скапливается определенное количество масла, которое необходимо удалить из области кольца. Поскольку при движении поршня он качается внутри цилиндра, функция уплотнения выполняется тем лучше, чем ближе друг к другу расположены рабочие пояски кольца.

Прежде всего, масло, снимаемое верхним рабочим пояском и скапливающееся между обоими поясками, подлежит удалению из этой зоны, так как иначе оно может проникать в область над маслосъемным поршневым кольцом, что потребует его съема вторым компрессионным кольцом. Для этой цели коробчатые маслосъемные кольца и маслосъемные кольца из 2-х частей имеют между рабочими поясками продольные прорезы или отверстия. Через эти отверстия в самом кольце масло, снимаемое верхним рабочим пояском, выводится на обратную сторону кольца.

Оттуда дальнейший отвод снятого масла может осуществляться разными способами. Один из этих способов предусматривает отвод масла через отверстия в поршневой канавке к внутренней поверхности поршня, чтобы оно могло стекать обратно в масляный поддон. При наличии так называемых поверхностных пазов (cover slots) (Рис. 1) снятое масло выводится обратно на наружную поверхность поршня через расположенную вокруг бобышки выемку. Также используется комбинированный вариант, когда масло отводится сразу обоими способами.

Оба этих способа отвода масла надежно зарекомендовали себя и успешно используются, в зависимости от формы поршня, процесса сгорания топлива или цели применения. Теоретически сложно дать общий ответ, какой из этих способов лучше. По этой причине, выбор оптимального способа для конкретного поршня зависит от результатов различных практических испытаний.



Маслосъемное поршневое кольцо



ЗАМЕЧАНИЕ

У двухтактных двигателей поршень смазывается маслом, содержащимся в топливной смеси. Поэтому из конструктивных соображений можно отказаться от использования маслосъемного поршневого кольца.

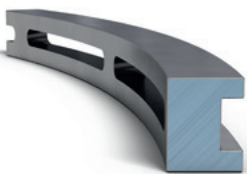
КОРОБЧАТЫЕ МАСЛОСЪЕМНЫЕ ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА

В современном моторостроении коробчатые маслосъемные поршневые кольца больше не используются. Их упругость обеспечивается только за счет собственного поперечного сечения. Поэтому такие кольца относительно более жесткие, имеют меньшую подвижность и менее плотно прилегают к стенке цилиндра, вследствие чего их уплотняющая способность хуже, чем у маслосъемных поршневых колец, состоящих из нескольких частей. Коробчатые маслосъемные кольца с прорезями изготавливают из серого чугуна.



Маслосъемное поршневое кольцо

ТИПЫ КОНСТРУКЦИИ



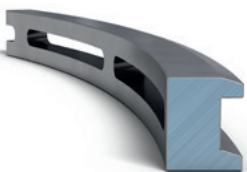
Маслосъемное коробчатое кольцо с прорезями

Это самое простое исполнение с прямоугольными маслосъемными рабочими поясками и прорезями для отвода масла.



Маслосъемное коробчатое кольцо со сходящимися фасками

В отличие от маслосъемного кольца с прорезями, у этого кольца с кромок рабочих поясков сняты фаски, благодаря чему улучшается давление на поверхность.



Маслосъемное коробчатое кольцо с параллельными фасками

У рабочих поясков этого кольца фаски сняты только с кромок в направлении камеры сгорания. Это позволяет улучшить процесс съема масла при движении поршня вниз.

МАСЛОСЪЕМНЫЕ ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА ИЗ 2-Х ЧАСТЕЙ (КОНСТРУКЦИЯ С ПРУЖИННЫМ РАСШИРИТЕЛЕМ)

Такие маслосъемные поршневые кольца состоят собственно из самого кольца (кольцевой детали) и расположенной за ним спиральной пружины. Поперечное сечение кольца намного меньше, чем у коробчатого маслосъемного поршневого кольца. Это придает кольцу относительную гибкость и позволяет ему оптимально прилегать к стенке цилиндра. Канавка для пружинного расширителя, расположенная на внутренней стороне кольца, имеет либо полукруглую, либо V-образную форму.

Упругость как таковая обеспечивается за счет спиральной нажимной пружины из жаропрочной пружинной стали. Она расположена внутри кольца и прижимает его к стенке цилиндра. Во время эксплуатации пружина плотно прилегает к обратной стороне кольца, образуя с ним единое целое. Хотя пружина в кольце не прокручивается, всё кольцо в целом – так же, как и другие кольца – свободно вращается в кольцевой канавке. У состоящих из 2-х частей маслосъемных поршневых колец радиальное давление всегда распределяется симметрично, так как давление прижима имеет одинаковую величину по всей окружности спиральной пружины (см. также главу 1.6.2 «Распределение радиального давления»).

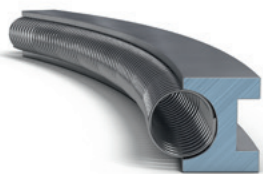
Шлифование пружин по наружному диаметру, более плотное расположение витков в области замка поршневого кольца и защита тефлоновой оболочкой позволяют увеличить срок службы пружин. За счет этих мер уменьшается износ от трения между кольцом и спиральной пружиной. Собственно кольца маслосъемных колец из двух частей изготавливают из серого чугуна или стали.



ЗАМЕЧАНИЕ

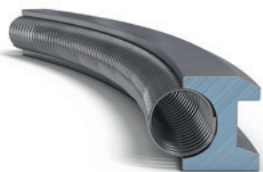
У состоящих из нескольких частей маслосъемных поршневых колец зазор в замке ненапряженного кольца, т. е. расстояние между стыковыми концами самого кольца в демонтированном состоянии, без установленной внутри пружины-расширителя, является незначительным. В особенной степени это касается стальных колец, у которых данный зазор может быть равным нулю. Это не является дефектом или основанием для рекламации.





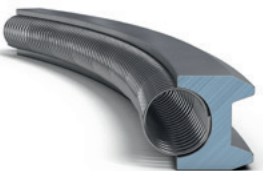
Маслосъемное коробчатое кольцо с прорезями и пружинным расширителем

Самый простой тип конструкции, обеспечивающий более эффективное уплотнение в сравнении с обычным коробчатым маслосъемным кольцом с прорезями.



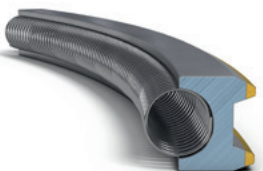
Маслосъемное коробчатое кольцо с параллельными фасками и пружинным расширителем

Кольцо имеет такую же форму рабочей поверхности, как и у обычного коробчатого маслосъемного кольца с параллельными фасками, однако обеспечивает более эффективное уплотнение.



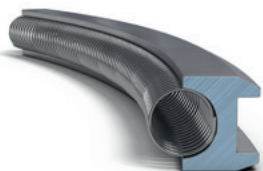
Маслосъемное коробчатое кольцо со сходящимися фасками и пружинным расширителем

Кольцо имеет такую же форму рабочей поверхности, как и у обычного коробчатого маслосъемного кольца со сходящимися фасками, однако обеспечивает более эффективное уплотнение. Маслосъемные поршневые кольца этого типа находят самое широкое применение. Их можно использовать на любых моделях двигателей.



Маслосъемное коробчатое кольцо со сходящимися фасками, пружинным расширителем и хромированными рабочими поясками

Это кольцо имеет такие же свойства, как у традиционного коробчатого маслосъемного кольца со сходящимися фасками и пружинным расширителем, однако отличается повышенной износостойкостью и, следовательно, более длительным сроком службы. Поэтому оно оптимально подходит для дизельных двигателей.

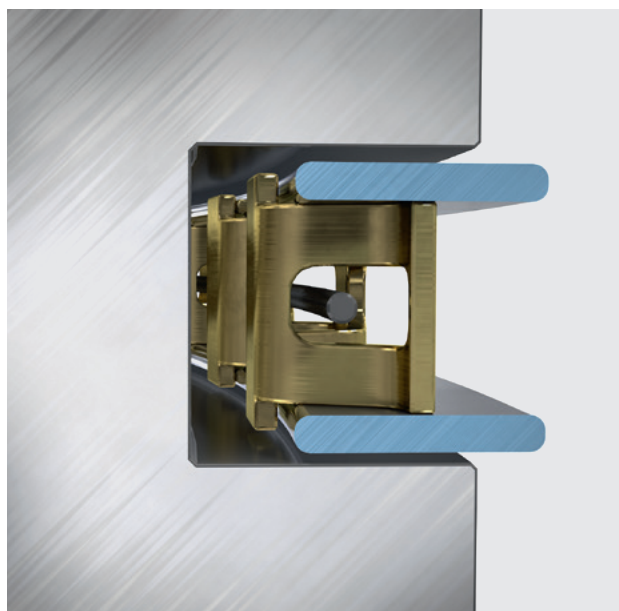


Маслосъемное коробчатое кольцо со сходящимися фасками и пружинным расширителем, изготовленное из азотированной стали

Это кольцо изготавливается из профильной листовой стали и со всех сторон покрыто износозащитным слоем. Оно отличается очень высокой гибкостью и ломается реже, чем указанные выше кольца из серого чугуна. Отвод масла из полости между рабочими поясками осуществляется через круглые штампованные отверстия. Маслосъемные поршневые кольца этого типа используются преимущественно на дизельных двигателях.

МАСЛОСЪЕМНЫЕ ПОРШНЕВЫЕ КОЛЬЦА ИЗ 3-Х ЧАСТЕЙ

Данные маслосъемные кольца состоят из 3-х частей: двух тонких стальных пластинок (колец) и распорной пружины-расширителя, прижимающей кольца к стенкам цилиндра. Маслосъемные поршневые кольца со стальными пластинками либо имеют хромированные рабочие поверхности, либо со всех сторон обработаны азотированием. Последние отличаются повышенной износостойкостью как в области рабочей поверхности, так и в месте контакта пружины-расширителя и пластинок (вторичный износ). Состоящие из 3-х частей маслосъемные поршневые кольца оптимально прилегают к стенкам цилиндров и находят применение преимущественно в бензиновых двигателях легковых автомобилей.



Маслосъемное поршневое кольцо из 3-х частей

1.3.3 ТИПИЧНАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ ПОРШНЯ КОЛЬЦАМИ

Комплексные требования, предъявляемые к поршневым кольцам, не могут быть выполнены при использовании только одного поршневого кольца. Это можно осуществить только с помощью нескольких поршневых колец различных типов. В современном автомобильном моторостроении устоявшимся решением является комбинация из компрессионного поршневого кольца, комбинированного компрессионного и маслосъемного поршневого кольца и отдельного маслосъемного поршневого кольца. Поршни с более чем тремя кольцами встречаются сегодня сравнительно редко.



- 01 Компрессионное поршневое кольцо
- 02 Комбинированное компрессионное и маслосъемное поршневое кольцо
- 03 Маслосъемное поршневое кольцо

1.3.4 НАИБОЛЕЕ ПОДХОДЯЩЕЕ ПОРШНЕВОЕ КОЛЬЦО

Не существует ни лучшего поршневого кольца, ни лучшей комплектации поршня кольцами. Каждое поршневое кольцо является «специалистом» в своей области. В конечном счете, любое исполнение и сочетание колец представляют собой компромисс для удовлетворения абсолютно разным и отчасти противоположным требованиям. Изменение в отношении хотя бы одного поршневого кольца может нарушить баланс работы всего комплекта колец.

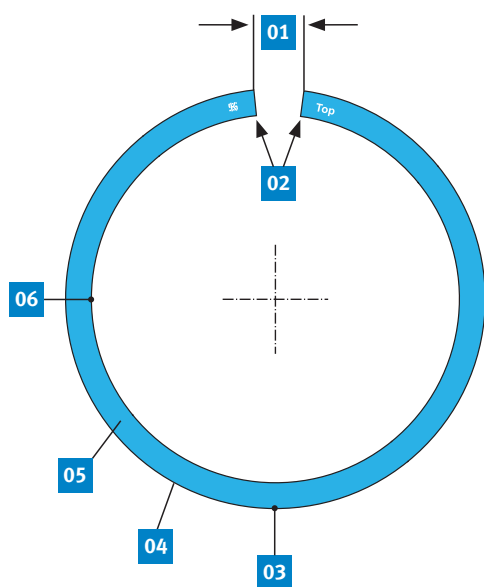
Окончательный подбор поршневых колец для двигателя новой конструкции всегда осуществляется как на основании результатов интенсивных тестов на испытательном стенде, так и с учетом нормальных условий эксплуатации.

Приведенная ниже таблица не претендует на полноту, однако показывает в целом, как различные характеристики колец отражаются на их различных функциях.

- благоприятное действие – положительно
- среднее действие – нейтрально
- неблагоприятное действие – отрицательно

Требование	Трение	Приработка	Срок службы
Высокая упругость кольца	●	●	●
Низкая упругость кольца	●	●	●
Износостойкий материал	–	●	●
Более мягкий материал	–	●	●
Малая высота кольца	●	●	●
Большая высота кольца	●	●	●

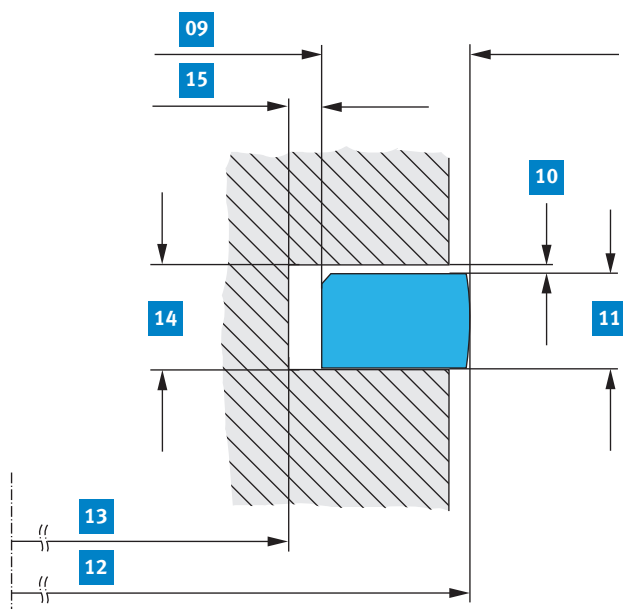
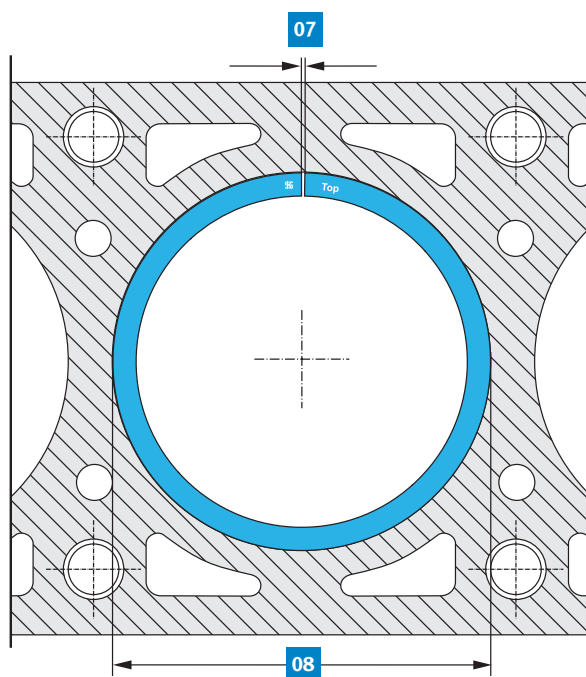
1.4 ПОРШНЕВОЕ КОЛЬЦО: ТЕРМИНЫ



- 01 Зазор в замке ненапряженного поршневого кольца
- 02 Стыковые концы
- 03 Спинка кольца (напротив стыковых концов)
- 04 Рабочая поверхность кольца
- 05 Боковая поверхность кольца
- 06 Внутренняя поверхность кольца

- 07 Тепловой зазор (зазор в холодном состоянии)
- 08 Диаметр цилиндра

- 09 Радиальная толщина стенки
- 10 Осевой зазор
- 11 Высота поршневого кольца
- 12 Диаметр цилиндра
- 13 Внутренний диаметр канавки
- 14 Высота канавки
- 15 Радиальный зазор



1.5 КОНСТРУКЦИЯ И ФОРМА ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

1.5.1 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Материалы для изготовления поршневых колец подбираются с учетом антифрикционных свойств и условий, при которых поршневые кольца должны работать. Высокая эластичность и коррозионная стойкость важны так же, как и высокая устойчивость к повреждениям при экстремальных условиях эксплуатации. Серый чугун до сих пор является основным материалом, из которого изготавливаются поршневые кольца. С трибологической точки зрения, серый чугун и содержащиеся в нем графитовые включения обеспечивают оптимальные свойства при работе в аварийном режиме (сухое смазывание графитом).

Эти свойства важны особенно тогда, когда прекращается смазывание моторным маслом и масляная пленка уже разрушена. Кроме того, графитовые жилки в структуре кольца служат в качестве масляных резервуаров и противодействуют разрушению масляной пленки при неблагоприятных условиях эксплуатации.

Используемые материалы на основе серого чугуна

- Чугун с пластинчатой структурой графита (чугун с пластинчатым графитом), легированный и нелегированный
- Чугун с глобулярной структурой графита (чугун с шаровидным графитом), легированный и нелегированный

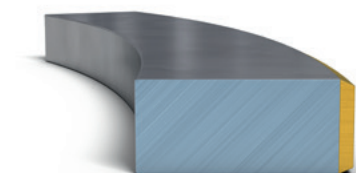
В качестве стальных материалов используются хромистая сталь с мартенситной микроструктурой и пружинная сталь. Для повышения износостойкости поверхность материалов подвергают упрочнению. Это осуществляется, как правило, путем азотирования.*

* В технической литературе под термином азотирование понимается процесс обогащения азотом (подачи азота) с целью упрочнения поверхности стали. Азотирование выполняется, как правило, при температуре от 500 до 520 °C; время обработки составляет от 1 до 100 часов. В результате диффузии азота на поверхности заготовки образуется очень твердый поверхностный связующий слой из нитрида железа. В зависимости от времени обработки, он может достигать толщины в 10–30 мкм. Наиболее распространенными методами являются азотирование в соляной ванне (например, коленчатых валов), газовое азотирование (поршневых колец) и плазменное азотирование.

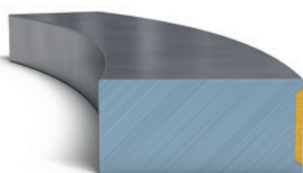


Процесс литья поршневых колец

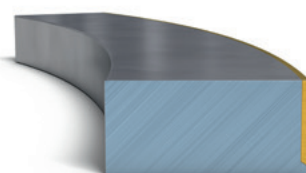
1.5.2 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ



С полным покрытием рабочей кромки



С покрытием центра рабочей кромки



С частичным покрытием рабочей кромки

На рабочие пояски или рабочие поверхности поршневых колец можно нанести покрытия, улучшающие трибологические свойства. При этом первоочередное значение отводится повышению износостойкости, а также обеспечению смазывания и уплотнения в экстремальных условиях. Материал покрытия должен быть совместим как с материалами, из которых изготовлены поршневое кольцо и стенка цилиндра, так и со смазывающей средой. Нанесение покрытий на рабочие поверхности поршневых колец находит широкое применение. На поршневые кольца серийных двигателей часто наносят покрытия из хрома, молибдена и феррооксида.

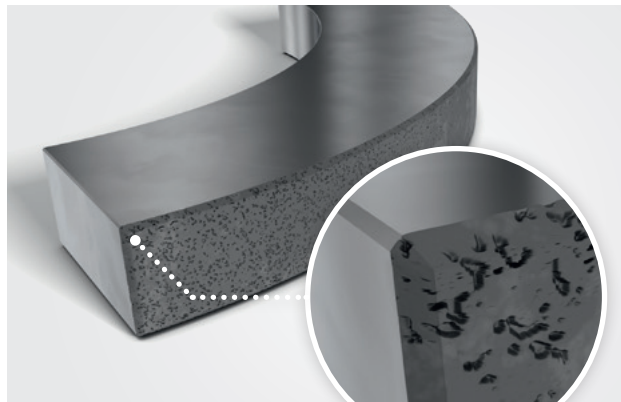
* Трибология (греч.: учение о трении) изучает порядок взаимодействия поверхностей тел, движущихся относительно друг друга. Эта наука занимается описанием трения, износа и смазывания.

МОЛИБДЕНОВЫЕ ПОКРЫТИЯ

Во избежание следов прижога рабочая поверхность компрессионных (не маслосъемных) поршневых колец может быть наполнена молибденом или полностью им покрыта. Для этого используются методы как газопламенного, так и плазменного напыления. Благодаря высокой температуре плавления молибдена (2620 °C) обеспечивается чрезвычайно высокая термостойкость. Кроме того, технология нанесения покрытий приводит к образованию пористой структуры материала. В микропустотах, образующихся при этом на рабочей поверхности кольца (Рис. 2), может скапливаться моторное масло. За счет этого обеспечивается наличие моторного масла для смазывания рабочей поверхности кольца даже при экстремальных режимах эксплуатации.

Свойства

- Высокая термостойкость
- Оптимальные свойства при работе в аварийном режиме
- Мягче хрома
- Износостойкость ниже, чем у колец с хромовым покрытием (повышенная восприимчивость к загрязнениям)



Микропустоты в молибденовом покрытии

- Повышенная восприимчивость к вибрациям поршневого кольца (из-за этого возможно крошение молибдена при экстремальных нагрузках, например, при детонационном сгорании и прочих нарушениях режима сгорания)

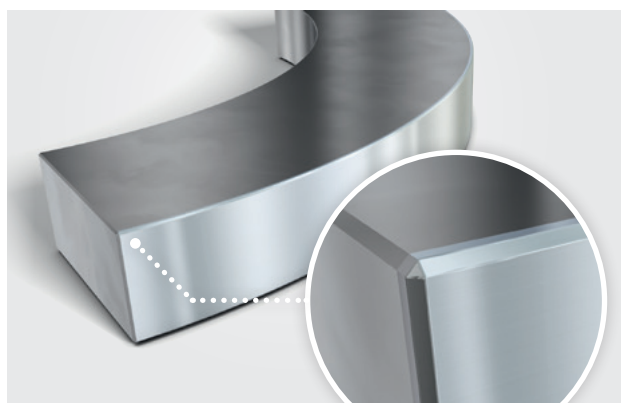
ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

ХРОМОВЫЕ ПОКРЫТИЯ

Большинство хромовых покрытий наносится гальваническим способом.

Свойства

- Длительный срок службы (износостойкость)
- Твердая, устойчивая поверхность
- Снижение износа цилиндров (примерно на 50 % в сравнении с поршневыми кольцами без покрытия)
- Высокая устойчивость к появлению следов прижога
- Свойства при работе в аварийном режиме хуже, чем у молибденовых покрытий
- По причине высокой износостойкости приработка длится дольше, чем у неармированных поршневых колец, маслосъемных поршневых колец со стальными пластинками или маслосъемных поршневых колец U-Flex.



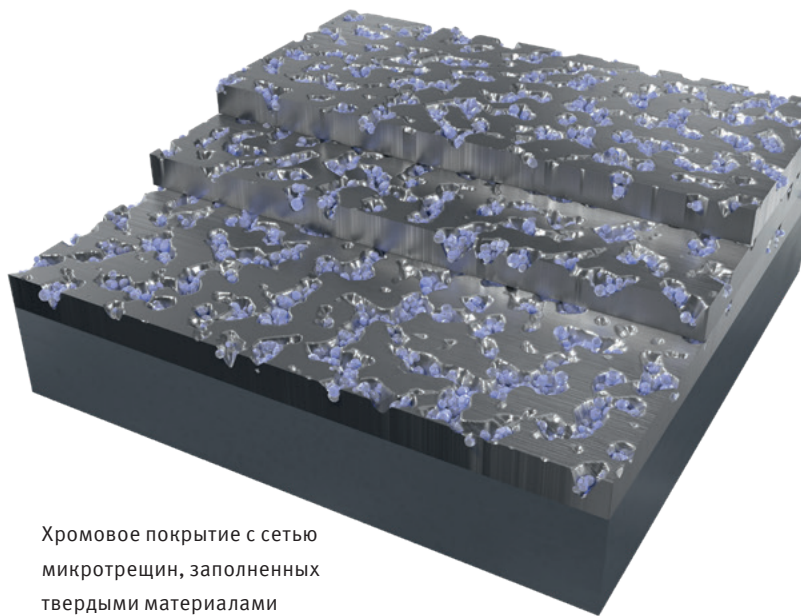
Хромовое покрытие

ПОКРЫТИЯ СК (ХРОМОВАЯ КЕРАМИКА) И DC (DIAMOND COATED)

Данные покрытия состоят из нанесенного гальваническим способом слоя хрома с сеткой микротрещин, в которые прочно внедрены твердые материалы. В качестве заполнителя используются керамика (СК) или микроалмазы (DC).

Свойства

- Минимальные потери на трение благодаря чрезвычайно гладкой поверхности
- Максимальная износостойкость и длительный срок службы за счет заполнения твердыми материалами
- Высокая устойчивость к появлению следов прижога
- Незначительный самоизнос слоя, нанесенного на поршневое кольцо, при сохранении незначительного износа цилиндра



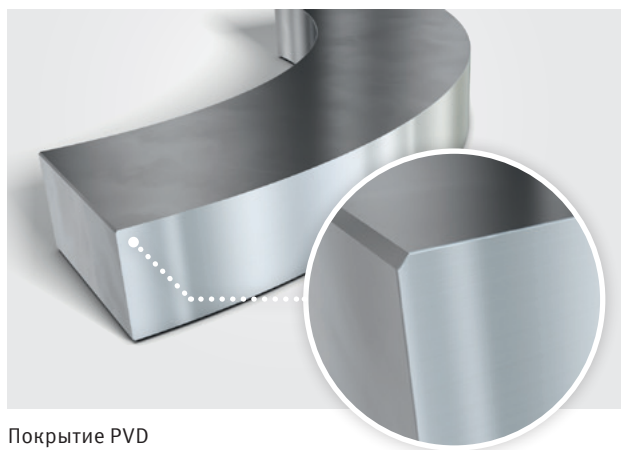
Хромовое покрытие с сетью микротрещин, заполненных твердыми материалами

ПОКРЫТИЯ PVD

PVD, сокращенно от «Physical Vapour Deposition» (физическое осаждение из паровой фазы), – это вакуумная технология нанесения покрытий, при которой слои из высокопрочных материалов (CrN, нитрид хрома (III)) напрямую напыляются на поверхность поршневых колец.

Свойства

- Благодаря чрезвычайно гладкой поверхности, потери на трение сводятся к минимуму.
- За счет очень тонкой и плотной структуры слоя высокой твердости обеспечивается очень высокая износостойкость.
- Ввиду высокой износостойкости контур кольца сохраняется на протяжении более длительного времени эксплуатации. Это позволяет, к примеру, дополнительно снизить упругость маслосъемного поршневого кольца с покрытием PVD, что дает значительные преимущества в отношении потерь на трение.



Покрытие PVD

1.5.3 ОТСЛАИВАНИЕ ПОКРЫТИЙ

В некоторых случаях происходит отслаивание напыленных на рабочие поверхности слоев молибдена и феррооксида. Причиной этого являются, главным образом, ошибки при монтаже поршневых колец (слишком сильное растягивание при установке на поршень или деформирование колец, как показано на Рис. 1). При неправильной установке кольца на поршень покрытие отслаивается только в области спинки кольца (Рис. 2). Отслаивание покрытия на стыковых концах указывает на вибрацию поршневого кольца в результате нарушения режима сгорания (например, при детонационном сгорании).



Рис. 1.
Перекручивание
и растягивание
поршневых колец
при установке на
поршень

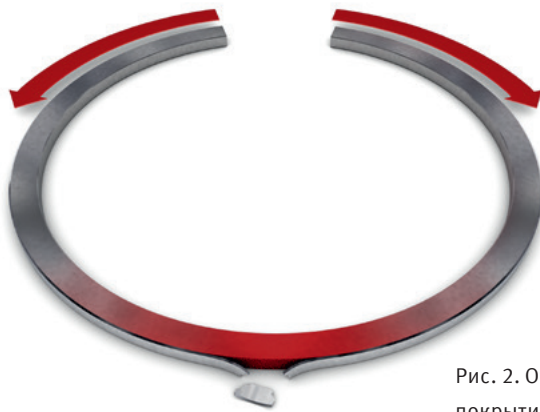
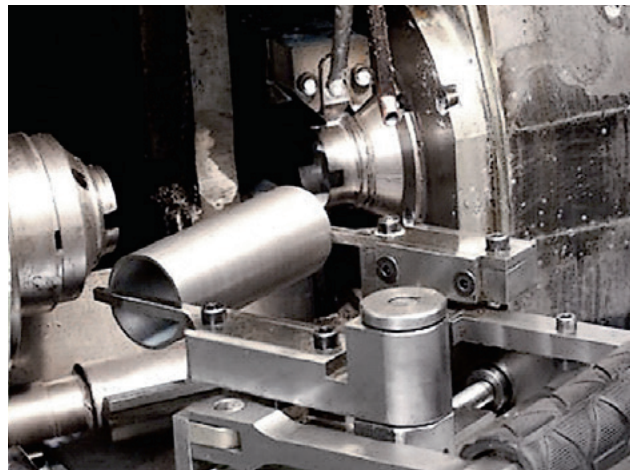


Рис. 2. Отслаивание
покрытия в области
спинки кольца

1.5.4 ОБРАБОТКА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ОБТАЧИВАНИЕ, ПРИТИРКА, ШЛИФОВАНИЕ)

Рабочие поверхности неармированных поршневых колец из чугуна обрабатывают, как правило, только путем тонкого обтачивания. По причине быстрой приработки неармированных колец, их рабочие поверхности не подвергают притирке или шлифованию. Снабженные покрытием или закаленные рабочие поверхности колец либо шлифуют, либо притирают. Это связано с их высокой износостойкостью, из-за которой потребовалось бы слишком много времени на то, чтобы рабочие поверхности колец приобрели скругленную форму и начали обеспечивать надлежащее уплотнение. Возможными последствиями стали бы потеря мощности и высокий расход масла.



Станок для обработки рабочих поверхностей

1.5.5 ВЫПУКЛАЯ ФОРМА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Еще одна причина обработки притиркой или шлифованием связана с формой рабочей поверхности. У (неармированных) поршневых колец прямоугольного сечения рабочая поверхность спустя некоторое время приобретает выпуклую форму (Рис. 1), что связано с их возвратно-поступательным движением и движением в канавках (скручивание колец). Это положительно отражается на создании масляной пленки и сроке службы колец.

Рабочим поверхностям поршневых колец с покрытием придают слегка выпуклую форму еще в процессе изготовления. Благодаря этому не требуется их дополнительная приработка до желаемой формы. Это предотвращает усиленный износ в период приработки и, следовательно, повышенный расход масла. По причине точечного прилегания рабочей поверхности кольца достигается повышенное специфическое давление прижима к стенке цилиндра, благодаря чему улучшается уплотнение от прорыва газов и поступления масла. Кроме того, снижается риск образования кромочного контакта из-за еще пока острых кромок колец. Кромки колец с хромовым покрытием всегда сглаживают, чтобы предотвратить продавливание масляной пленки во время приработки. При неоптимальной конструкции кольца, твердое хромовое покрытие могло бы привести к значительному износу и повреждениям стенки цилиндра, выполненного из гораздо более мягкого материала.

Рабочие поверхности колец симметричной выпуклой формы (Рис. 2), образовавшейся в результате приработки или выполненной еще на стадии изготовления, обладают оптимальными антифрикционными свойствами и создают масляную пленку заданной толщины. Благодаря симметричной выпуклости, толщина масляной пленки при возвратно-поступательном движении поршня остается одинаковой. Силы, действующие на кольцо и обеспечивающие его скольжение по масляной пленке, одинаковы при движении поршня в обоих направлениях.

Если выпуклость создается еще в процессе изготовления, то существует возможность придания ей асимметричной формы для улучшения контроля расхода масла. В этом случае наивысшая точка выпуклости будет располагаться не по середине рабочей поверхности, а немного ниже (Рис. 3).



Рис. 1. Образование выпуклости под действием износа в период приработки



Рис. 2. Рабочая поверхность кольца симметричной выпуклой формы



Рис. 3. Рабочая поверхность кольца асимметричной выпуклой формы

Асимметричное разделение рабочей поверхности позволяет формировать разные поверхности скольжения кольца при его возвратно-поступательном движении. При движении вверх кольцо, из-за увеличенной площади рабочей поверхности в верхней части, сильнее выталкивается маслом («кольцо всплывает»), в результате чего со стенки цилиндра снимается меньше масла. При движении вниз уменьшенная площадь в нижней части способствует тому, что кольцо меньше «всплывает» и, соответственно, снимает больше масла (Рис. 4 и 5). Таким образом, кольца с рабочими поверхностями асимметричной выпуклой формы позволяют также контролировать расход масла, особенно при неблагоприятных условиях эксплуатации в дизельных двигателях. Такие условия возникают, например, в результате продолжительной работы на режиме холостого хода после работы на режиме полной нагрузки, когда при последующем нажатии на педаль акселератора часто происходит выброс масла в выпускную систему и образование синего дыма.

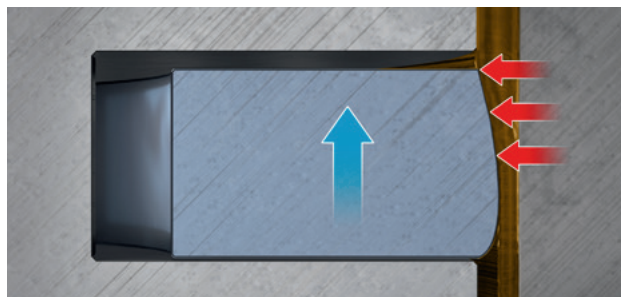


Рис. 4. Сильное «всплывание» при движении вверх



Рис. 5. Слабое «всплывание» при движении вниз

1.5.6 ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ

В зависимости от исполнения, поверхности поршневых колец могут либо остаться необработанными, либо быть подвергнуты фосфатированию или омеднению. Это влияет только на антикоррозионные свойства колец. Новые необработанные кольца хотя и имеют красивый блеск, но абсолютно не защищены от образования ржавчины. Кольца, подвергнутые фосфатированию, имеют черную матовую поверхность и защиту от образования ржавчины за счет нанесенного на них слоя фосфата.

Омедненные кольца тоже хорошо защищены от ржавчины и имеют некоторую защиту от образования следов прижога в период приработки. Медь обладает определенным сухим смазочным эффектом, улучшая свойства при работе в аварийном режиме во время периода приработки.

Обработка поверхностей колец не имеет, однако, никакого влияния на их функциональность. Поэтому цвет поршневого кольца не является показателем его качества.



1.6 НАЗНАЧЕНИЕ И СВОЙСТВА

1.6.1 ТАНГЕНЦИАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Диаметр поршневых колец в свободном состоянии превышает диаметр установленных в цилиндр колец. Это необходимо для того, чтобы после установки кольца оказывали требуемое давление прижима по всей окружности цилиндра.

На практике сложно измерить давление прижима в цилиндре. Поэтому диаметральная сила, прижимающая кольцо к стенке цилиндра, определяется с помощью формулы, исходя из тангенциальной силы. Под тангенциальной силой понимают силу, необходимую для сжатия стыковых концов до образования теплового зазора (Рис. 1). Тангенциальную силу измеряют с помощью гибкой стальной ленты, которую обматывают вокруг кольца. Эту ленту затягивают до тех пор, пока не достигается заданный тепловой зазор поршневого кольца. После этого значение тангенциальной силы считывают по динамометру. Если речь идет о маслосъемных поршневых кольцах, то измерение всегда выполняют с установленной пружиной-

расширителем. Чтобы обеспечить точность измерений, измерительный прибор подвергают вибрации, что позволяет пружине-расширителю принять свое естественное положение за кольцом. Если измерения проводятся на состоящих из 3-х частей кольцах с пружиной и стальными пластинками, то в связи с их конструкцией требуется дополнительная осевая фиксация всего кольца, так как иначе стальные пластинки сместятся в сторону и измерение станет невозможным. На Рис. 1 схематически показан процесс измерения тангенциальной силы.



ЗАМЕЧАНИЕ

В результате радиального износа, вызванного полусухим трением или длительной эксплуатацией, поршневые кольца утрачивают тангенциальное напряжение. Поэтому измерять это напряжение имеет смысл только у новых колец с еще полным поперечным сечением.

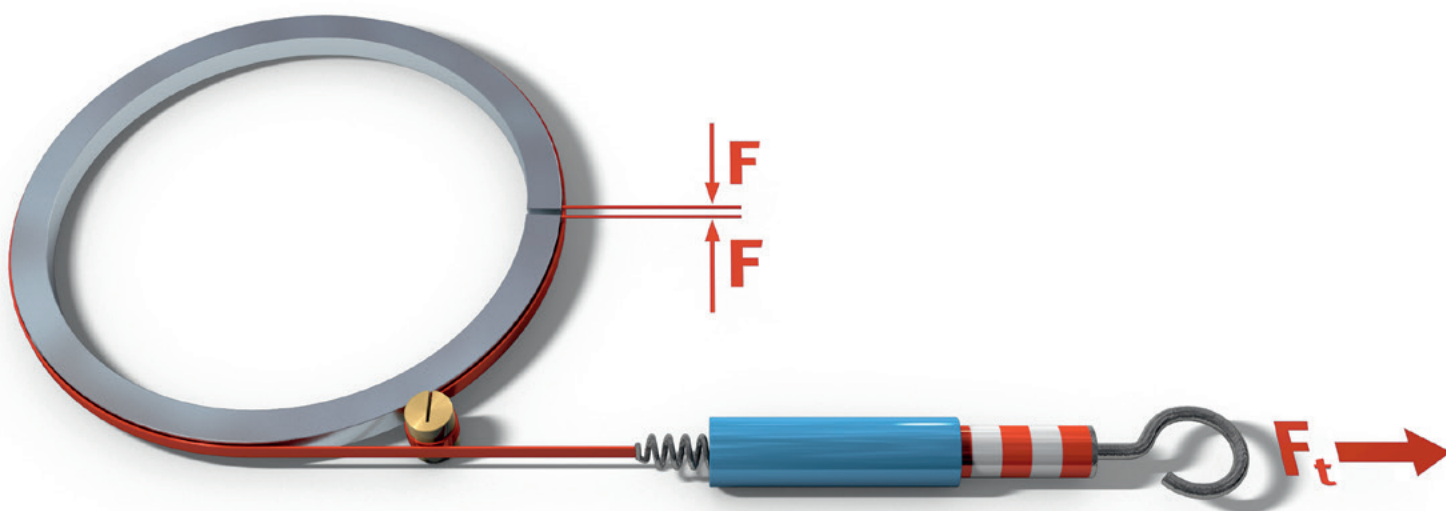


Рис. 1. Измерение тангенциальной силы

1.6.2 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Радиальное давление зависит от модуля эластичности материала, зазора в замке ненапряженного поршневого кольца и, не в последнюю очередь, от поперечного сечения кольца. Различают два основных вида распределения радиального давления. Самым простым видом является симметричное распределение радиального давления (Рис. 2). Оно встречается, прежде всего, у составных маслосъемных поршневых колец, состоящих из собственно упругого кольца или стальных пластинок с относительно низким внутренним напряжением. Установленная внутри пружина-расширитель прижимает кольцо или, соответственно, стальные пластинки к стенке цилиндра. В результате того, что пружина-расширитель в сжатом состоянии (после установки) прижимается

к обратной стороне кольца или стальных пластинок, радиальное давление распределяется симметрично.

У компрессионных поршневых колец четырехтактных ДВС используется не симметричное распределение радиального давления, а грушевидное (позитивно-овальное), которое препятствует вибрации стыковых концов колец на высоких оборотах (Рис. 3). Вибрация всегда начинается на стыковых концах и передается от них к кольцу по всей его окружности. Под действием увеличенного усилия прижима, стыковые концы поршневого кольца сильнее прижимаются к стенке цилиндра, благодаря чему вибрация кольца эффективно снижается или прекращается.

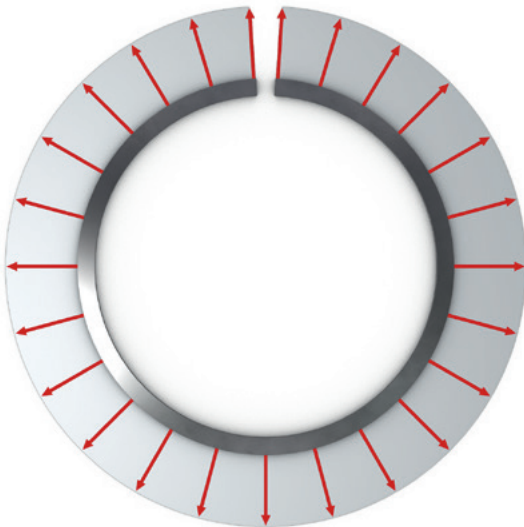


Рис. 2.
Симметричное распределение
радиального давления

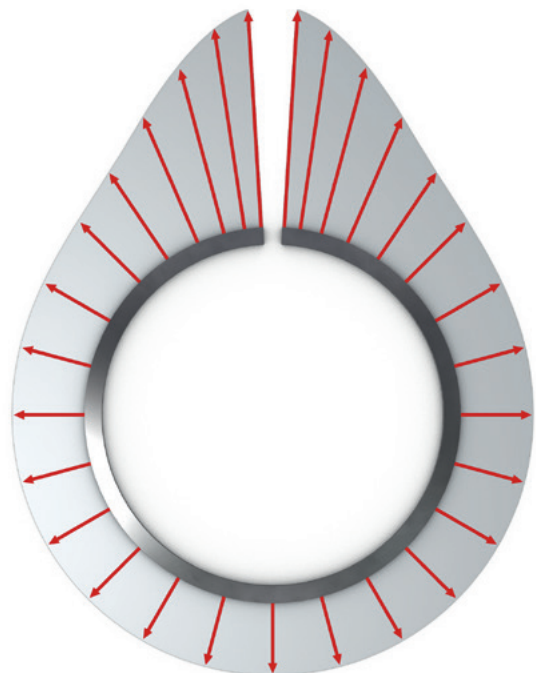


Рис. 3.
Позитивно-овальное распределение
радиального давления

1.6.3 УВЕЛИЧЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ПРИЖИМА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДАВЛЕНИЯ СГОРАНИЯ

Гораздо более важным, чем внутреннее напряжение колец, является увеличение давления прижима, образующееся в результате сгорания смеси во время работы двигателя.

До 90 % общего усилия прижима первого компрессионного поршневого кольца создается за счет давления сгорания во время такта рабочего хода. Как показано на Рис. 1, компрессионное поршневое кольцо подвергается действию этого давления с задней стороны и сильнее прижимается к стенке цилиндра. Увеличенное усилие прижима воздействует главным образом на первое компрессионное кольцо и в меньшей степени на второе компрессионное кольцо.

Давление газов на второе поршневое кольцо может регулироваться за счет изменения теплового зазора первого компрессионного поршневого кольца.

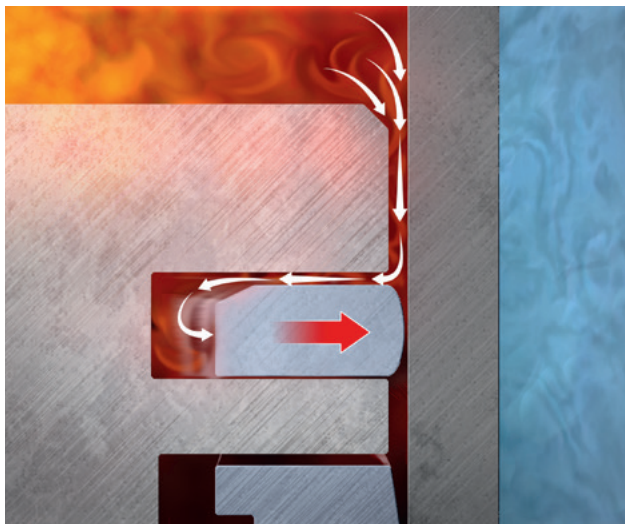


Рис. 1. Увеличение давления прижима

При небольшом увеличении этого зазора, давление сгорания, действующее на обратную сторону второго компрессионного поршневого кольца, повышается, что также приводит к усилению прижима. При увеличении количества компрессионных поршневых колец, дальнейшего увеличения давления прижима под действием давления образующихся при сгорании газов, начиная со второго кольца, не происходит.

Маслосъемные поршневые кольца работают только за счет своего внутреннего напряжения. Ввиду особой формы этих колец, давление газов не вызывает увеличения усилия прижима. Кроме того, распределение силы на поршневом кольце зависит от формы рабочей поверхности поршневого кольца. У конических колец и шлифованных компрессионных поршневых колец выпуклой формы давление газов действует также в зазоре между рабочей поверхностью поршневого кольца и стенкой цилиндра, противодействуя давлению газов за поршневым кольцом (см. главу 1.3.1 «Компрессионные поршневые кольца»).

Осевое усилие, прижимающее компрессионное поршневое кольцо к нижней боковой поверхности канавки, возникает только за счет давления газов. Внутреннее напряжение колец в осевом направлении не действует.



ЗАМЕЧАНИЕ

Во время работы на режиме холостого хода, из-за снижения степени наполнения цилиндров наблюдается уменьшение усилия прижима колец. Это особенно заметно у дизельных двигателей. Двигатели, которые долго работают на холостом ходу, имеют повышенный расход масла, так как из-за снижения воздействия давления газов ухудшается процесс съема масла. Часто после длительной работы на режиме холостого хода и последующего нажатия на педаль акселератора, двигатели выбрасывают из выхлопной трубы клубы синего дыма. Это связано со скоплением масла в цилиндрах и в выпускной системе и его сгоранием после нажатия на педаль акселератора.

1.6.4 СПЕЦИФИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРИЖИМА



Рис. 2 и Рис. 3. Упругость кольца и специфическое усилие прижима

Специфическое давление прижима зависит от упругости кольца и площади его прилегания к стенке цилиндра. Удвоение значения специфического усилия прижима возможно двумя способами: либо за счет удвоения значения упругости кольца, либо путем уменьшения вдвое площади прилегания кольца в цилиндре. На Рис. 2 и Рис. 3 видно, что результирующее усилие (специфическое усилие прижима $\times$ площадь), действующее на стенку цилиндра, всегда остается неизменным, несмотря на то, что упругость кольца увеличивают или, соответственно, уменьшают вдвое.

На новых двигателях всё чаще устанавливают более плоские кольца, чтобы уменьшить внутреннее трение в двигателе. Это возможно, однако, только за счет уменьшения эффективной площади контакта кольца со стенкой цилиндра. При уменьшенной вдвое высоте кольца снижаются также вдвое упругость поршневого кольца и, следовательно, трение.

Поскольку оставшееся усилие действует на уменьшенную площадь, специфическое давление прижима на стенку цилиндра (усилие $\times$ площадь) при уменьшенных вдвое площади и упругости остается таким же, как и при увеличенных вдвое площади и упругости.



ВНИМАНИЕ!

При оценке давления прижима и уплотняющих свойств недостаточно учитывать только упругость кольца. Сравнивая поршневые кольца, всегда необходимо обращать внимание также на площадь рабочей поверхности.

1.6 НАЗНАЧЕНИЕ И СВОЙСТВА

1.6.5 ТЕПЛОВОЙ ЗАЗОР

Тепловой зазор (Рис. 1) – это важная особенность конструкции, необходимая для обеспечения надлежащей работы поршневых колец. Его можно сравнить с зазором в приводе впускных и выпускных клапанов. При нагреве компонентов из-за естественного теплового расширения происходит увеличение их длины или, соответственно, диаметра. В зависимости от разности рабочей температуры и температуры окружающей среды, требуется определенный зазор в холодном состоянии, чтобы обеспечить надлежащую работу при рабочей температуре.

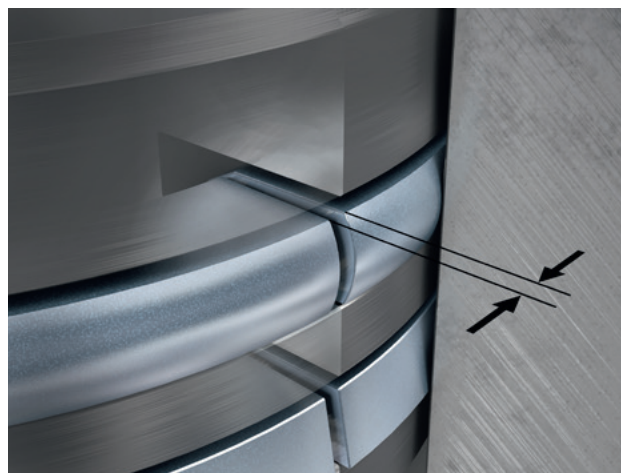


Рис. 1. Тепловой зазор в смонтированном состоянии

Основным условием для корректной работы поршневых колец является их свободное вращение в канавках. Заклиненные в канавках поршневые кольца не обеспечивают ни уплотнения, ни отвода тепла. Тепловой зазор, который должен всё ещё присутствовать и при рабочей температуре, гарантирует, что окружность расширенного под действием тепла поршневого кольца всегда будет меньше окружности цилиндра. Если, в результате теплового расширения поршневого кольца, тепловой зазор полностью исчезнет, то его стыковые концы начнут давить друг на друга. При дальнейшем увеличении такого давления произойдет деформация поршневого кольца, вызванная увеличением длины его окружности в результате нагрева. Поскольку при тепловом расширении поршневое кольцо не имеет возможности раздвигаться в радиальном направлении, увеличение длины его окружности может быть скомпенсировано только в осевом направлении. На Рис. 2 показано, как деформируется кольцо при недостаточном пространстве в цилиндре.

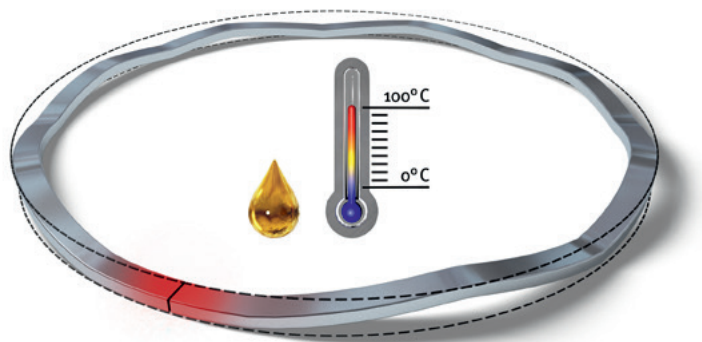


Рис. 2. Деформация поршневого кольца при рабочей температуре

Приведенные ниже вычисления на примере поршневого кольца диаметром 100 мм показывают, как изменяется длина его окружности при рабочей температуре.

Пример расчета

Диаметр цилиндра	$d = 100 \text{ мм}$
Температура окружающей среды	$t_1 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 293 \text{ K}$
Рабочая температура	$t_2 = 200 \text{ }^{\circ}\text{C} = 473 \text{ K}$
Коэффициент линейного расширения чугуна	$\alpha = 0,000010 \text{ K}^{-1}$

Длина окружности поршневого кольца

$C = d \times \pi$
$C = 100 \times 3,14 = 314 \text{ мм}$
$C = l_1$

Изменение длины окружности поршневого кольца при рабочей температуре

$\Delta l = l_1 \times \alpha \times \Delta t$
$\Delta l = l_1 \times \alpha \times (t_2 - t_1)$
$\Delta l = 314 \times 0,000010 \times 180 = 0,57 \text{ мм}$

В данном примере для обеспечения надлежащей работы кольца требуется тепловой зазор не менее 0,6 мм. Однако, в результате нагрева при рабочей температуре происходит не только расширение поршня и поршневых колец, но также увеличивается внутренний диаметр цилиндра. По этой причине тепловой зазор может быть немного меньше рассчитанного. Тем не менее, под действием тепла диаметр цилиндра увеличивается в гораздо меньшей степени, чем поршневое кольцо. Это объясняется тем, что, во-первых, структура блока цилиндров жестче, чем у поршня. Во-вторых, поверхность цилиндра нагревается не так сильно, как поршень с поршневыми кольцами.

К тому же, внутренний диаметр цилиндра увеличивается неравномерно по всей рабочей поверхности цилиндра. Под действием теплоты сгорания верхняя часть цилиндра расширяется сильнее, чем нижняя. В результате неравномерного теплового расширения цилиндра происходит отклонение от цилиндрической формы, которая слегка принимает форму воронки (Рис. 3).

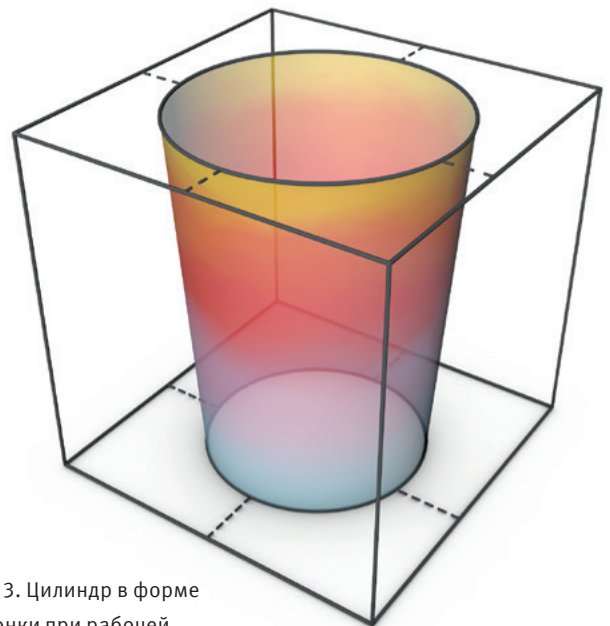


Рис. 3. Цилиндр в форме воронки при рабочей температуре

1.6.6 УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Поршневые кольца обеспечивают уплотнение не только со стороны рабочей поверхности, но и в области нижней боковой поверхности. Рабочая поверхность кольца отвечает за уплотнение между кольцом и стенкой цилиндра, а нижняя боковая поверхность канавки служит для уплотнения обратной стороны кольца. Поэтому требуется плотное прилегание кольца не только к стенке цилиндра, но и к нижней боковой поверхности канавки поршня (Рис. 1). При отсутствии плотного прилегания, масло или отработанные газы могут проникать через обратную сторону кольца.

Приведенные рисунки наглядно показывают, что в результате износа (из-за загрязнений или длительной эксплуатации) больше не обеспечивается уплотнение обратной стороны кольца и через поршневую канавку поступает большее количество газов и масла. Поэтому устанавливать новые кольца в изношенные канавки не имеет смысла. Неровности на боковой поверхности канавки препятствуют плотному прилеганию кольца, а увеличенная по высоте канавка позволяет кольцу перемещаться в больших пределах. Из-за увеличения зазора по высоте нарушается правильное расположение кольца в канавке, в результате чего кольцо гораздо легче отделяется от нижней боковой поверхности канавки, происходит откачка масла (Рис. 2 и Рис. 3), возникает вибрация кольца и ухудшается уплотнение. Кроме того, рабочая поверхность кольца приобретает чрезмерно выпуклую форму. Это приводит к увеличению толщины масляной пленки и повышению расхода масла.



Рис. 1. Уплотнение за счет нижней боковой поверхности канавки



Рис. 2. Такт впуска

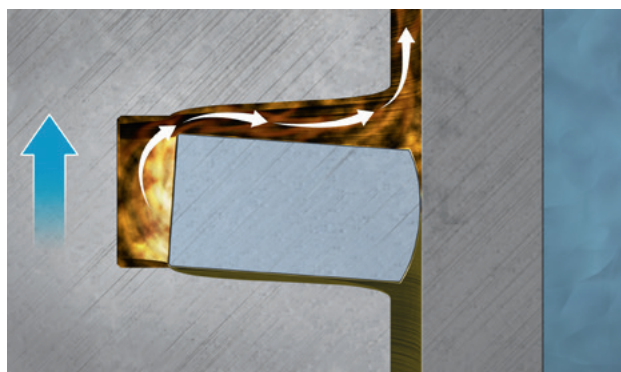


Рис. 3. Такт сжатия

1.6.7 ДРОССЕЛИРУЮЩАЯ ЩЕЛЬ И ПРОРЫВ ГАЗОВ

Поскольку конструкция используемых в моторостроении поршневых колец не обеспечивает 100%-ого уплотнения, возникает прорыв так называемых картерных газов. Отработанные газы через мельчайшие зазоры, имеющиеся в области поршней и поршневых колец, проникают в картер двигателя. При этом количество проникающих газов определяется по размерам дросселирующего окна (x и y на Рис. 4), которые следуют из значений теплового зазора и половины рабочего зазора поршня. В действительности, дросселирующее окно, в отличие от изображенного на рисунке, ничтожно мало. В качестве ориентира, максимальное значение количества прорывающихся газов принимают равным 0,5 % от количества потребляемого двигателем воздуха. Количество газов, прорывающихся в картер во время работы двигателя, зависит от положения поршневых колец. Если тепловые зазоры первого и второго компрессионных поршневых колец располагаются в кольцевых канавках друг над другом, то прорыв газов слегка увеличивается. В процессе работы двигателя такая ситуация повторяется регулярно, так как кольца совершают в канавках несколько оборотов в минуту. Если же тепловые зазоры колец оказываются на противоположных сторонах поршня, то из-за увеличения пути через уплотняющий лабиринт прорыв газов слегка уменьшается. Отработанные газы, проникающие в картер, отводятся системой вентиляции картера обратно во впускной тракт и далее попадают в камеры сгорания. Необходимость такого решения вызвана тем, что эти газы вредны для здоровья. В результате повторного сгорания в двигателе они обезвреживаются. Вентиляция также необходима для снижения давления в картере, иначе избыточное давление в его полости приводило бы к увеличению утечек масла через уплотнительные сальники коленчатого вала двигателя.

Повышенный прорыв газов связан либо со значительным износом поршневых колец в результате их длительной эксплуатации, либо с наличием трещин в днище поршня, через которые отработанные газы проникают в картер. Кроме того, нарушение геометрии цилиндров (см. главу 2.3.5 «Геометрические характеристики и круглость отверстий цилиндров») также приводит к увеличению прорыва газов в картер.

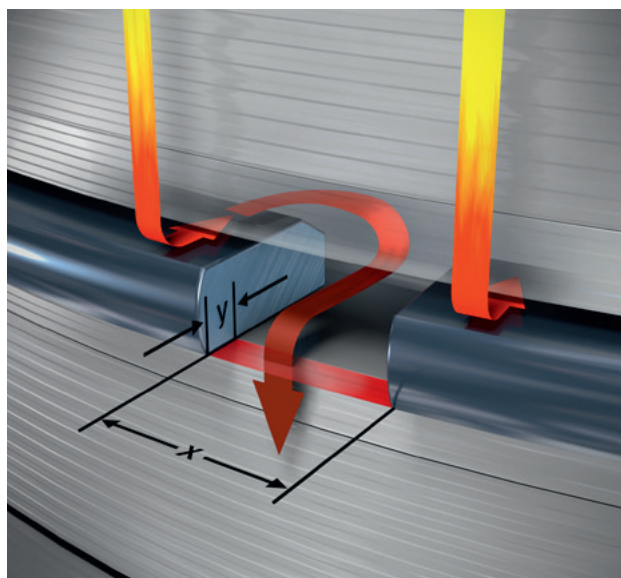


Рис. 4. Дросселирующее окно

На стационарных двигателях или на двигателях, установленных на испытательном стенде, прорыв газов постоянно измеряется, контролируется и используется в качестве показателя, предупреждающего о возникновении повреждений в двигателе. Если измеренное количество прорывающихся газов превышает максимально допустимое значение, двигатель автоматически отключается. Это позволяет избежать серьезных и дорогостоящих повреждений двигателя.

1.6.8 ЗАЗОР КОЛЬЦА ПО ВЫСОТЕ

Зазор кольца по высоте (Рис. 1) не является результатом износа кольцевой канавки. Это важный функциональный параметр, обеспечивающий правильное функционирование поршневых колец. Благодаря наличию зазора у кольца по высоте, возможно его свободное вращение в кольцевой канавке (см. также главу 1.6.11 «Движения поршневых колец»).

Величина зазора должна быть достаточной, чтобы кольцо не заклинивало при рабочей температуре и чтобы давление сгорания, действующее в канавке на обратную сторону кольца, было достаточным (см. также главу 1.6.3 «Увеличение давления прижима под действием давления сгорания»).

С другой стороны, зазор кольца по высоте не должен быть слишком большим, так как иначе снижается стабильность положения кольца в осевом направлении. В результате этого усиливается склонность кольца к вибрации (глава 2.6.7 «Вибрация поршневого кольца») и чрезмерному скручиванию. Это приводит к неблагоприятному износу поршневых колец (чрезмерная выпуклость рабочей поверхности) и повышенному расходу масла (глава 1.6.6 «Уплотнительные поверхности поршневых колец»).

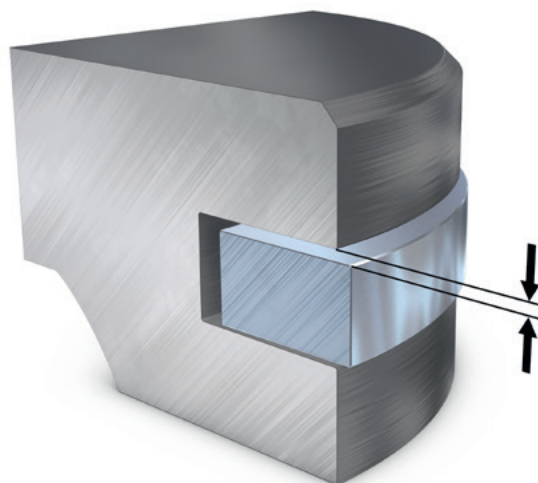


Рис. 1. Зазор кольца по высоте

1.6.9 СКРУЧИВАНИЕ КОЛЕЦ

Наличие у поршневых колец внутренних углов или фасок приводит к скручиванию колец в напряженном, установленном состоянии. Кольца в ненапряженном состоянии (на поршне, не установленном в двигатель) не скручиваются (Рис. 2) и ровно лежат в кольцевых канавках. Установленное в двигатель кольцо, т. е. кольцо в напряженном состоянии, отклоняется в более слабую сторону, где из-за наличия внутренней фаски или внутреннего угла материала меньше. Происходит скручивание кольца. В зависимости от расположения фаски или угла – у нижней или верхней кромки – различают положительное или отрицательное скручивание кольца (Рис. 3 и 4).



Рис. 2.
Поршневые кольца в ненапряженном состоянии: скручивание пока отсутствует



Рис. 3.
Положительное скручивание кольца

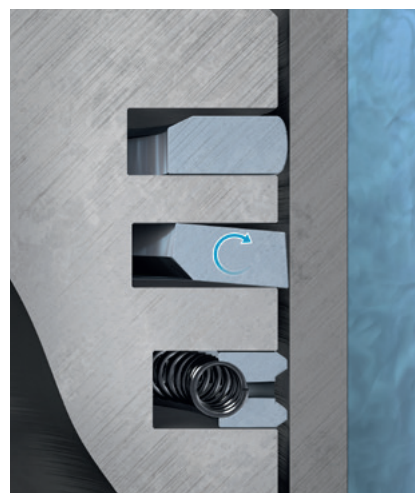


Рис. 4.
Отрицательное скручивание кольца

СКРУЧИВАНИЕ КОЛЕЦ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Положительное и отрицательное скручивание колец проявляется тогда, когда на кольцо не действует давление сгорания (Рис. 5). Как только давление сгорания начинает действовать в кольцевой канавке, поршневое кольцо плотно прижимается к её нижней боковой поверхности, за счет чего улучшается контроль расхода масла (Рис. 6).

Кольца прямоугольного сечения (цилиндрические кольца) и конические кольца с положительным скручиванием всегда обладают хорошими маслосъемными свойствами. При возникновении трения о стенку цилиндра во время движения поршня вниз такие кольца всё-таки могут слегка отделиться от нижней боковой поверхности канавки, что приведет к проникновению в зазор масла и повышению его расхода.

Кольцо с отрицательным скручиванием обеспечивает уплотнение кольцевой канавки по нижней боковой поверхности снаружи и по верхней боковой поверхности внутри. За счет этого блокируется проникновение в канавку масла. Таким образом, кольца с отрицательным скручиванием способствуют снижению расхода масла, особенно на режимах частичной нагрузки и при наличии разрежения в камере сгорания (режим принудительного холостого хода). У конических колец с отрицательным скручиванием угол наклона рабочей поверхности примерно на 2° больше, чем у обычных конических колец. Это необходимо по причине того, что из-за отрицательного скручивания угол наклона частично уменьшается.



Рис. 5.
Отсутствие давления сгорания

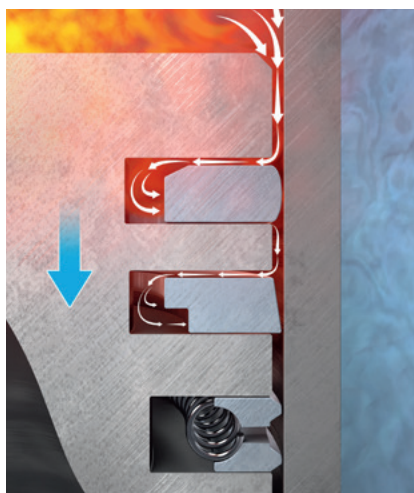


Рис. 6.
Наличие давления сгорания

1.6.10 СПОСОБНОСТЬ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ПРИЛЕГАТЬ К СТЕНКАМ ЦИЛИНДРОВ

Под способностью поршневого кольца прилегать к стенкам цилиндра понимают его адаптацию к форме стенки цилиндра для обеспечения эффективного уплотнения. Эта способность зависит от эластичности коробчатого кольца (у маслосъемных поршневых колец из 2-х частей) или, соответственно, стальных пластинок (у маслосъемных поршневых колец из 3-х частей), а также от давления прижима кольца/кольцевой детали к стенке цилиндра. При этом способность кольца прилегать к стенке цилиндра тем лучше, чем эластичнее кольцо/кольцевая деталь и чем выше давление прижима. Высокие кольца и кольца с большим поперечным сечением обладают высокой жесткостью, а также вызывают увеличение сил инерции во время работы по причине большей массы. Поэтому их способность прилегать к стенкам цилиндров хуже, чем у более плоских колец и колец с малым поперечным сечением и, следовательно, с уменьшенными силами инерции.

Оптимальную способность прилегать к стенкам цилиндров имеют маслосъемные поршневые кольца из 2-х или 3-х частей, поскольку они состоят из очень гибкой кольцевой детали или очень гибких стальных пластинок, без необходимости при этом обладать высокой упругостью.

Как уже было описано в данной брошюре, усилие прижима маслосъемных поршневых колец, состоящих из 2-х или 3-х частей, обеспечивается за счет соответствующей пружины-расширителя. Кольцевая деталь и стальные пластинки обладают высокой гибкостью и легко адаптируются.

Хорошая способность поршневых колец прилегать к стенкам цилиндров особенно важна тогда, когда отверстия цилиндров теряют круглую форму. Это происходит в результате деформаций (тепловых и механических) или ошибок при ремонтной обработке и монтаже. См. также главу 2.3.5 «Геометрические характеристики и круглость отверстий цилиндров».

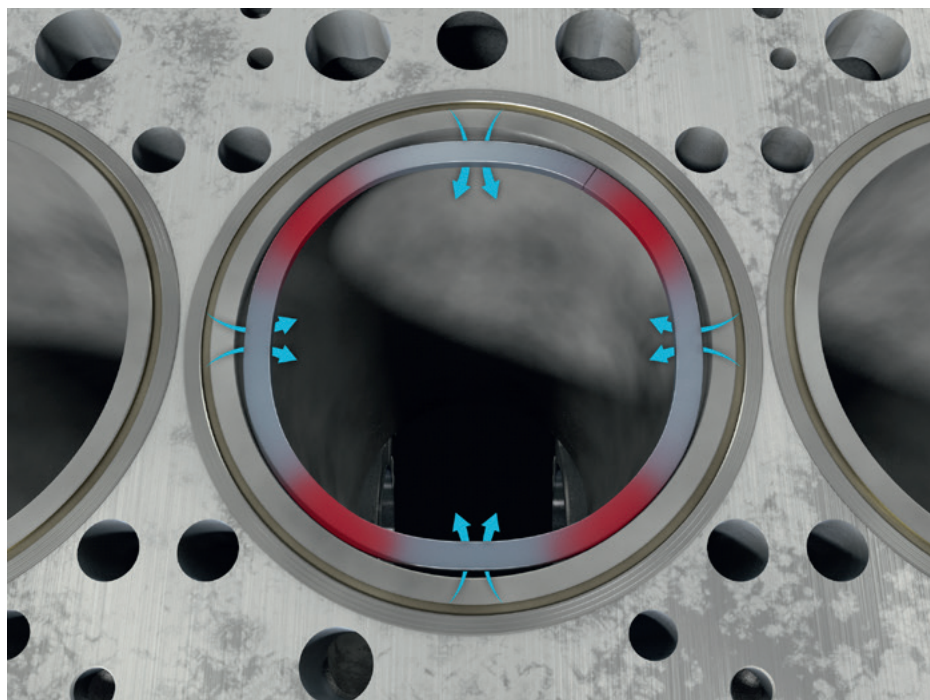


Рис. 1. Плохая способность кольца прилегать к стенке цилиндра

1.6.11 ДВИЖЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

ВРАЩЕНИЕ КОЛЕЦ

Для того, чтобы обеспечивалась успешная приработка и дальнейшее оптимальное уплотнение, поршневые кольца должны свободно вращаться в кольцевых канавках. Вращение колец возникает как благодаря хонингованию (перекрестное шлифование), так и в результате качания поршней в верхней и нижней мертвых точках. При малых углах хонингования кольца вращаются медленнее, при больших углах частота их вращения увеличивается. Кроме того, вращение колец зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Для общего представления: поршневые кольца совершают в среднем от 5 до 15 оборотов в минуту.

В двухтактных двигателях кольца заблокированы от вращения. Это позволяет избежать попадания стыковых концов в газовые каналы. Двухтактные двигатели используются преимущественно на двухколесных транспортных средствах, в садовых инструментах и т. п. В этом случае допускается, что блокировка вращения колец приводит к их неравномерному износу, возможному нагарообразованию в кольцевых канавках и сокращению срока службы. Данное исполнение в любом случае рассчитано на более короткий срок службы двигателя. К пробегу автомобилей с обычным четырехтактным двигателем предъявляются гораздо более высокие требования.

Смещение замков поршневых колец на 120° относительно друг друга во время монтажа служит только для улучшения запуска нового двигателя. В процессе последующей эксплуатации поршневые кольца могут занимать в кольцевых канавках любое положение, если их вращение не блокируется преднамеренно, путем конструктивных изменений (двухтактные двигатели).

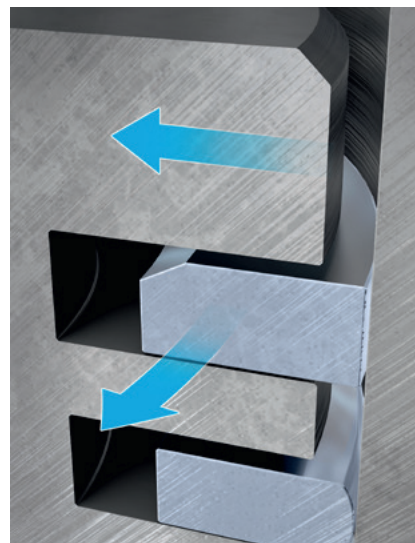
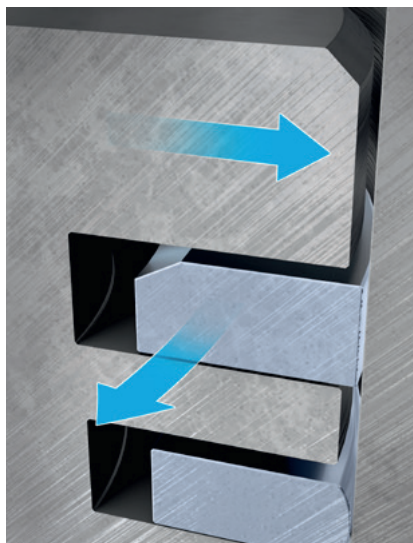
ВРАЩЕНИЕ ВОКРУГ ОСИ

В идеальном случае кольца должны прилегать к нижним боковым поверхностям канавок. Это важно для обеспечения уплотняющей функции колец, так как они уплотняют не только в области рабочих поверхностей, но и в области нижних боковых поверхностей. Нижняя боковая поверхность канавки уплотняет от проникновения газов или масла на обратную сторону кольца. Рабочая поверхность поршневого кольца уплотняет его переднюю сторону, прилегающую к стенке цилиндра (см. главы, начиная с 1.6.6 «Уплотнительные поверхности поршневых колец»).

В результате возвратно-поступательного движения поршня и изменения направления его движения, на кольца воздействуют также силы инерции, из-за которых кольца отделяются от нижних боковых поверхностей канавок. Вызванное силами инерции отделение поршневых колец от нижних боковых поверхностей канавок сдерживается имеющейся внутри канавок масляной пленкой. Проблемы здесь возникают в основном тогда, когда кольцевые канавки и, следовательно, зазоры колец по высоте, увеличиваются в результате износа. Это приводит к отделению кольца от поверхности прилегания к поршню и к его вибрации, которая начинается на стыковых концах. В результате поршневое кольцо перестает уплотнять, и расход масла увеличивается. Это происходит, прежде всего, во время такта впуска, когда при движении поршня вниз и образовании разрежения в камере сгорания, кольцо отделяется от дна канавки и масло, проникшее к задней стороне кольца, всасывается в камеру сгорания. В процессе выполнения трех остальных тактов кольца прижимаются к канавкам нижней боковой поверхностью под действием давления в камере сгорания.

РАДИАЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ

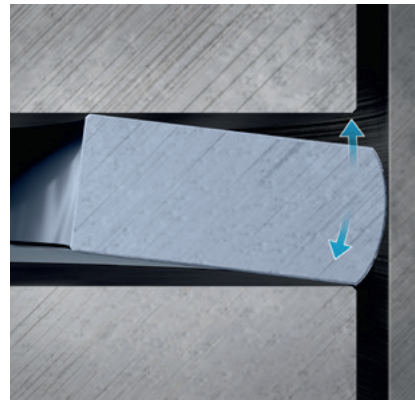
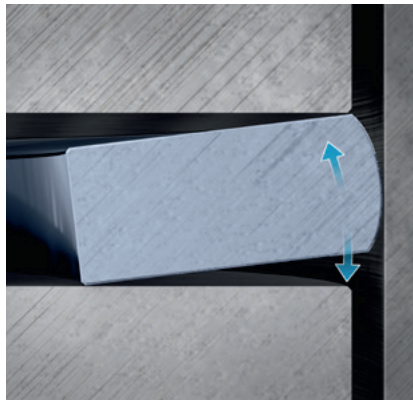
В принципе, кольца совершают радиальные движения не сами по себе, а в результате движения поршня внутри цилиндра, при котором он соприкасается то с одной, то с другой стенкой цилиндра (перекладка поршня). Это происходит как в верхней, так и в нижней мертвых точках положения поршня. В результате кольца совершают в кольцевых канавках радиальное движение. Это приводит к измельчению образовавшегося слоя масляного нагара (особенно при использовании колец трапецевидного сечения), а также к вращению колец, обработанных перекрестным шлифованием.



Радиальное движение поршневого кольца

СКРУЧИВАНИЕ КОЛЕЦ

В результате действия сил инерции, скручивания колец и наличия зазоров по высоте, кольца совершают движения, показанные стрелками на рисунках. Как описано в главе 1.5.5 «Выпуклая форма рабочей поверхности», рабочая поверхность поршневых колец приобретает со временем выпуклую форму.



Скручивание кольца

2 МОНТАЖ И СЕРВИС

2.1 ОЦЕНКА БЫВШИХ В УПОТРЕБЛЕНИИ КОМПОНЕНТОВ

Являясь частью уплотнительной системы, к которой относятся также поршни, цилиндры и моторное масло, поршневые кольца могут выполнять свои функции только в тех пределах, которые допускаются остальными компонентами системы. Снижение эффективности одного из уплотняющих компонентов системы в результате износа приводит к снижению эффективности всей уплотнительной системы.

Возможность повторного использования подержанных деталей скольжения, сопряженных с поршневыми кольцами (поршней и цилиндров) требует выполнения тщательной проверки. Уплотнительная система эффективна настолько, насколько эффективен её самый слабый компонент. Поэтому не имеет смысла пытаться отремонтировать двигатель только путем замены поршневых колец. Если кольца изношены, то предположительно изношены также сопряженные с ними детали и поверхности скольжения. В случае дальнейшего использования изношенного поршня или изношенной гильзы цилиндра, одна лишь замена поршневых колец не обеспечит желаемого результата. Попытка устранить таким образом потерю мощности или повышенный расход масла обречена на неудачу или принесет лишь краткосрочный успех.

Причины появления таких симптомов описаны в главе 1.6.6 «Уплотнительные поверхности поршневых колец».



2.2 ОЦЕНКА БЫВШИХ В УПОТРЕБЛЕНИИ ПОРШНЕЙ

2.2.1 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ КАНАВОК

Если на бывший в употреблении поршень должны быть установлены новые поршневые кольца, то пригодность дальнейшего использования поршня определяется по величине зазоров колец по высоте. Соответствующее поршневое кольцо вставляют в очищенную кольцевую канавку, как показано на Рис. 1, после чего с помощью щупа измеряют зазор. Для определения зазора нового поршневого кольца по высоте в канавке бывшего в употреблении поршня лучше воспользоваться методом, представленным на рисунке, чем монтировать кольцо на поршень. Это объясняется тем, что монтирование поршневого кольца и его повторное снятие с поршня могут привести к деформации материала, которая отрицательно повлияет на работу кольца в дальнейшем.



Рис. 1. Измерение зазора кольца по высоте

**ВНИМАНИЕ!**

Степень износа определяется в области наружных кромок соответствующей кольцевой канавки. Это означает, что щуп толщиной 0,12 мм не должен проходить между поршневым кольцом и верхним торцом кольцевой канавки, как показано на Рис. 2. В противном случае кольцевая канавка считается изношенной.

Зазор кольца по высоте (мм)	Пригодность поршня
0,05–0,10	 Поршень пригоден к использованию.
0,11–0,12	 Успешный ремонт возможен, но не гарантируется.
> 0,12	 Поршень изношен и подлежит замене.

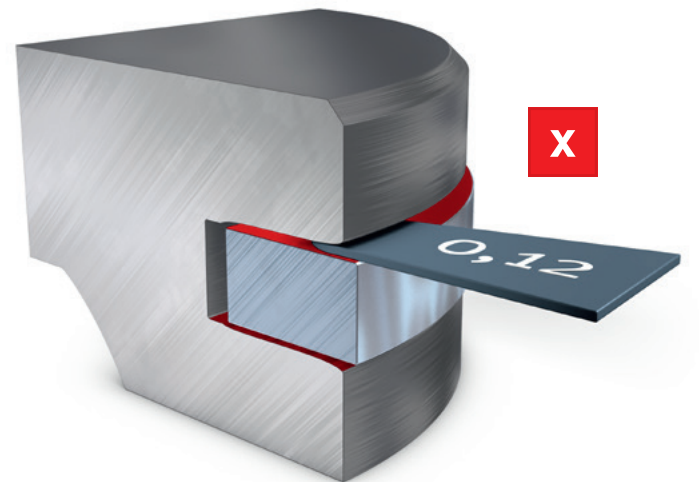


Рис. 2. Изношенная кольцевая канавка

У кольца трапецевидного сечения, установленного в канавку и находящегося в ненапряженном состоянии, определить зазор по высоте невозможно. Вследствие трапецевидной формы кольцевой канавки, надлежащий зазор кольца по высоте в такой канавке образуется только после того, как поршень с поршневым кольцом будет установлен в цилиндр и кольцо сожмется, прилегая к стенке цилиндра.

Этим объясняется сложность измерения зазора. Поэтому в данном случае проводится только визуальная проверка канавки на износ (Рис. 3).

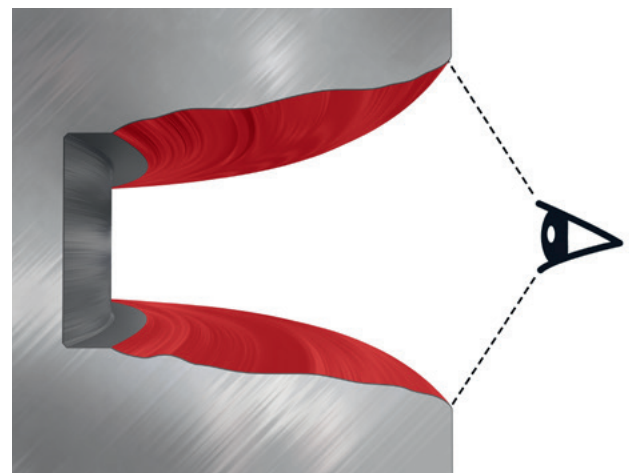


Рис. 3. Визуальная проверка канавки

2.3 ОЦЕНКА БЫВШИХ В РАБОТЕ ОТВЕРСТИЙ ЦИЛИНДРОВ

2.3.1 БЛЕСТЯЩИЕ РАБОЧИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЦИЛИНДРОВ ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА

Блестящие, зеркально отполированные поверхности стенок цилиндров, на которых больше не видны риски хонингования, образуются либо в результате естественного износа после длительной эксплуатации, либо после непродолжительной эксплуатации под действием загрязнений, вызвавших полусухое трение.

Исчезновение всех рисков хонингования является однозначным признаком износа отверстий цилиндров. Последующее измерение с помощью соответствующих измерительных устройств становится излишним. В любом случае такие цилиндры необходимо заменить (путем

замены гильз цилиндров) или расточить и отхонинговать заново (блоки цилиндров).

Отдельные блестящие места на рабочей поверхности цилиндра, которые образовались после сравнительно непродолжительной эксплуатации и полностью утратили структуру хонингования, являются доказательством того, что возникшее в этих местах полусухое трение вызвало повышенный износ поверхности цилиндра. Образование таких локальных блестящих мест объясняется двумя основными причинами, описанными ниже.

2.3.2 ОБРАЗОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ БЛЕСТЯЩИХ МЕСТ ИЗ-ЗА ДЕФОРМАЦИЙ ЦИЛИНДРА

Деформации цилиндра приводят к отклонению диаметра цилиндра от идеального круга в определенных местах, которые со временем приобретают блеск (Рис. 1). Следовательно, эти блестящие места образуются в местах деформаций цилиндра. Во время работы поршневые кольца двигаются по вызванным деформациями местам сужения цилиндра и снимают с них материал.

При скольжении кольца по таким местам возникает недостаточное смазывание и полусухое трение, сопровождающееся непостоянным точечным контактом кольца со стенкой цилиндра.

Причины:

- Тепловые деформации в результате локального перегрева, вызванного ухудшением передачи тепла в охлаждающую среду (из-за наличия отложений)
- Несоблюдение заданных моментов затяжки, использование неподходящих герметизирующих прокладок и деформации, вызванные напряжениями

Меры по устранению:

- Тщательная очистка, и при необходимости, доработка посадочных мест мокрых и сухих гильз цилиндров
- Точное соблюдение заданных моментов затяжки при монтаже головки блока цилиндров
- Регулярная очистка ребер охлаждения у цилиндров с ребрами и воздушным охлаждением
- Обеспечение надлежащей работы системы охлаждения (скорость циркуляции жидкости, чистота)
- Использование предусмотренных уплотнительных колец (размеры, состав материала)

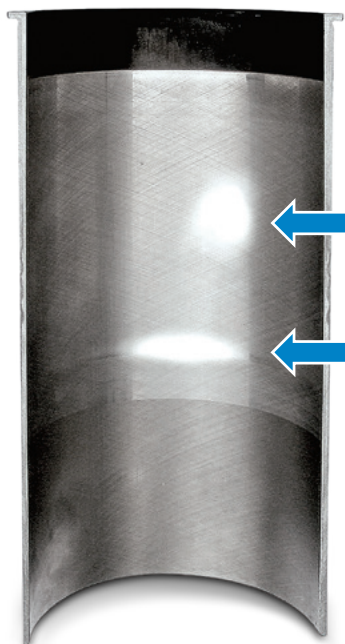


Рис. 1. Локальные блестящие места

2.3.3 БЛЕСТЯЩИЕ, ОТПОЛИРОВАННЫЕ МЕСТА В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЦИЛИНДРА (BORE POLISHING)

В верхней части рабочей поверхности цилиндра, в месте движения жарового пояса (Рис. 2) могут образовываться отполированные места. Причинами этого являются твердые отложения на жаровом поясе в результате неравномерного сгорания топлива, плохое качество масла или низкая температура сгорания из-за частой работы двигателя на холостом ходу или в режиме частичной нагрузки. Образующийся слой масляного нагара (Рис. 3) приводит к абразивному износу стенки цилиндра, разрушению масляной пленки, полусухому трению, повышенному износу поршневых колец и, как следствие, к высокому расходу масла.

Меры по устранению:

- Правильная эксплуатация двигателя
- Использование масла предписанного качества
- Использование отвечающего стандартам топлива
- Квалифицированное техническое обслуживание, проверка и регулирование системы впрыска



Рис. 2. Блестящие, отполированные места в верхней части цилиндра



Рис. 3. Слой масляного нагара на жаровом поясе

2.3.4 ИЗНОС ПАЗУХИ

Износ пазухи (Рис. 1) возникает после длительной эксплуатации в зонах возврата поршневых колец в областях верхней и нижней мертвых точек. В этих областях скорость движения поршня снижается, а в точках возврата поршень на короткое время даже останавливается. В результате этого ухудшается процесс смазывания, поскольку из-за отсутствия скорости относительно стенки цилиндра поршневое кольцо больше не скользит по масляной пленке, и возникает его металлический контакт со стенкой цилиндра.

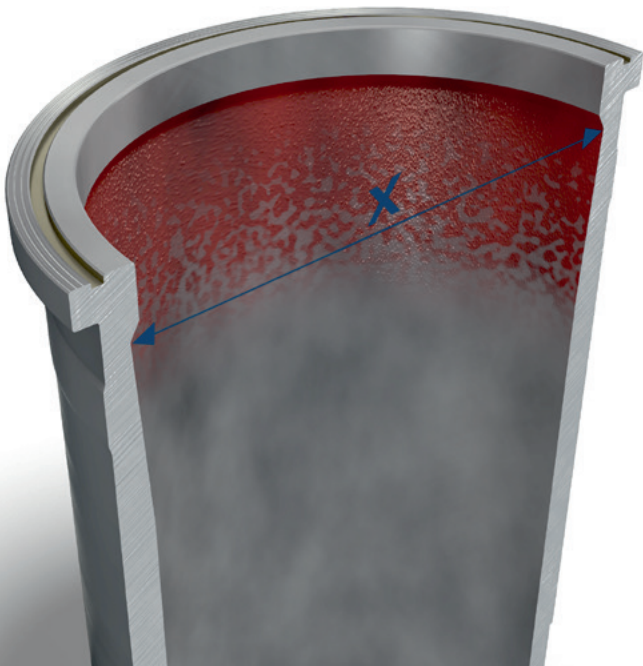


Рис. 1. Износ пазухи

Из-за конструктивных особенностей, зона возврата поршневых колец в области верхней мертвой точки подвержена более сильному износу, так как в ней на поверхность цилиндра действует высокая температура сгорания, в результате чего ухудшается процесс смазывания.

От степени износа пазухи зависит пригодность гильзы цилиндра или, соответственно, блока цилиндров к дальнейшему использованию. В случае превышения указанных в таблице значений износа пазухи требуется замена гильзы цилиндра или, соответственно, повторное хонингование блока цилиндров. Если подобный износ возникнет в каком-либо другом месте цилиндра, то приведенные ниже предельные значения износа действительны также и в этом случае.

На Рис. 3 показаны последствия установки нового поршня в изношенное отверстие цилиндра. По причине отсутствия износа кольцевых канавок нового поршня и наличия у новых поршневых колец острых кромок, во время работы двигателя кромка поршневого кольца ударяется об изношенную кромку цилиндра. Вследствие этого возникают значительные механические усилия, сильный износ и вибрация поршневого кольца, а также повышенный расход масла.

Тип двигателя	Предельное значение износа пазухи «X»
Бензиновые двигатели	$\geq 0,1$ мм
Дизельные двигатели	$\geq 0,15$ мм



Рис. 2. Удары поршневого кольца бывшего в эксплуатации поршня



Рис. 3. Удары поршневого кольца нового поршня

2.3.5 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КРУГЛОСТЬ ОТВЕРСТИЙ ЦИЛИНДРОВ

Важным условием для оптимального уплотнения поршневого кольца являются геометрические характеристики цилиндра. Отклонения от цилиндрической формы, некруглости, погрешности размеров и деформации отверстий цилиндров приводят к ухудшению уплотняющей способности поршневых колец. Это вызывает просачивание

в цилиндры большего количества масла, увеличение прорыва газов, повышение температуры и снижение мощности двигателя. По этим причинам возникают преждевременный износ и, не в последнюю очередь, повреждения поршней.

КЛАССИФИКАЦИЯ НЕКРУГЛОСТЕЙ ОТВЕРСТИЙ ЦИЛИНДРОВ

Различают несколько степеней некруглости отверстий цилиндров. Отверстия идеальной цилиндрической формы без каких-либо некруглостей или отклонений формы в осевом направлении классифицируются как отверстия 1-го порядка. Овальные отверстия, которые образуются, как правило, вследствие неправильной обработки или недостаточного отвода тепла, относят к некруглостям 2-го порядка. Треугольные некруглости 3-его порядка образуются чаще всего в результате комбинации деформаций 2-го и 4-го порядка. Некруглости 4-го порядка в форме квадрата возникают, как правило, в результате деформаций, вызванных неправильной затяжкой болтов крепления головки блока цилиндров.

Величина некруглости может варьироваться в пределах от нуля до нескольких сотых миллиметра. Поэтому у некоторых двигателей, имеющих малые монтажные или рабочие зазоры поршней, отклонения от круглой формы величиной более одной сотой миллиметра (0,01 мм) могут оказаться слишком большими. Ведь поршневые кольца способны надежно уплотнять поршни в цилиндрах, отверстия которых имеют лишь незначительные некруглости 2-го порядка, т. е. слегка овальную форму по диаметру или слегка трапецевидную форму в осевом направлении. Некруглости 3-го и 4-го порядка, возникающие прежде всего в результате

неправильной затяжки болтов и/или неправильной обработки, очень быстро доводят поршневые кольца до пределов их уплотняющих возможностей. Проблемы с уплотнением в цилиндрах с некруглостями обостряются в отношении современных двигателей, где высота поршневых колец в некоторых случаях не достигает даже одного миллиметра. Конструктивное уменьшение высоты поршневых колец позволяет снизить потери на трение внутри двигателя и, следовательно, расход топлива. Уменьшение поверхностей прилегания таких поршневых колец к стенкам цилиндров требует снижения их упругости. Иначе специфическое давление колец на поверхность станет слишком большим и приведет к ухудшению трибологических свойств. Если геометрические характеристики отверстий цилиндров находятся в допуске, то вызванное конструктивными особенностями снижение упругости поршневых колец не будет иметь какого-либо неблагоприятного воздействия. Такие кольца обеспечивают оптимальное уплотнение, вызывают лишь незначительные потери на трение и отличаются длительным сроком службы. Если же отверстия цилиндров имеют отклонения от круглости, то меньшая упругость поршневых колец становится причиной того, что кольца не адаптируются к стенкам цилиндров или адаптируются к ним очень медленно, не обеспечивая надлежащего уплотнения.



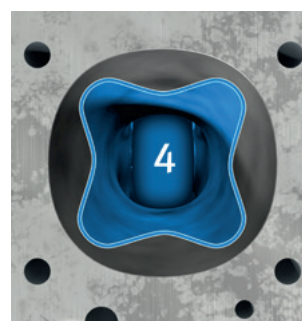
1-й порядок



2-й порядок



3-й порядок



4-й порядок

2.3.6 ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ФОРМЫ ОТВЕРСТИЙ ЦИЛИНДРОВ

Отклонения формы отверстий цилиндров могут иметь следующие причины:

- Температурные деформации, возникающие в процессе эксплуатации из-за недостаточного отвода тепла вследствие неправильной циркуляции охлаждающей жидкости или воздуха у двигателей с воздушным охлаждением в случае загрязнения или замасливания ребер охлаждения. Перегрев отдельных участков рабочей поверхности цилиндра вызывает их повышенное тепловое расширение и, как следствие, отклонения от идеальной цилиндрической формы.
- Обусловленные конструкцией температурные деформации, вызванные различной степенью теплового расширения при работе двигателя
- Температурные деформации, возникающие из-за недостаточного смазывания и охлаждения во время обработки цилиндра
- Некруглости, вызванные очень высоким давлением при обработке или использованием неподходящих инструментов для хонингования
- Деформации цилиндров из-за внутренних напряжений, возникающих из-за отклонений от формы и неправильной затяжки болтов

На Рис. 1 показана деформация цилиндра 4-го порядка, обусловленная особенностями конструкции блока цилиндров, которая может возникнуть даже при корректной затяжке болтов крепления головки.

- 01** Сила реакции болтов крепления головки блока цилиндров
- 02** Усилие прижима головки блока цилиндров и её прокладки
- 03** Деформация цилиндра (сильно преувеличена на рисунке)

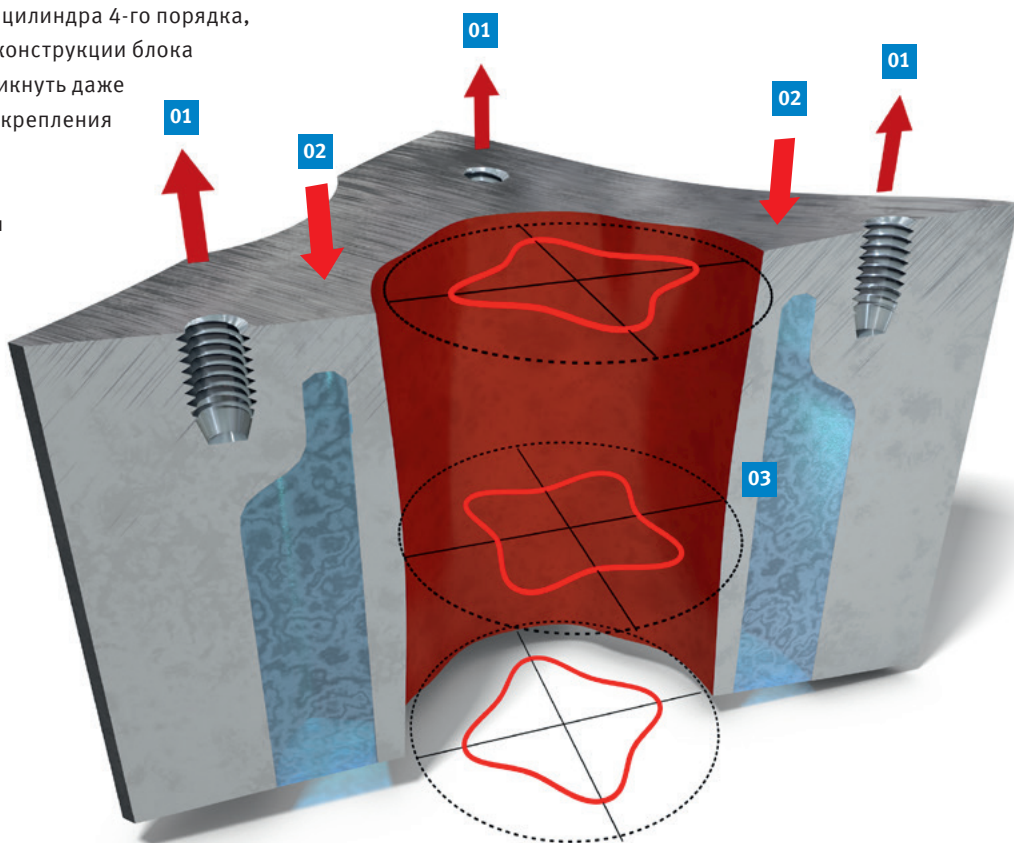


Рис. 1. Деформация цилиндра 4-го порядка

2.3.7 ОБРАБОТКА БЫВШИХ В УПОТРЕБЛЕНИИ ЦИЛИНДРОВ

Часто на практике, в случае замены поршней или поршневых колец, выполняют обработку отверстий цилиндров с помощью так называемых хонинговальных щеток или подпружиненных хонинговальных брусков (Рис. 2 и 3). Однако с правильным процессом хонингования подобная обработка имеет мало общего. В этом случае более или менее изношенная рабочая поверхность цилиндра подвергается только очистке и приобретает незначительную шероховатость. Путем такой обработки невозможно улучшить геометрическую форму цилиндра, поскольку используемые подпружиненные шлифовальные инструменты точно повторяют форму любой некруглости или деформации. Кроме того, по причине незначительного давления прижима не достигается требуемая глубина шероховатости, которая способствовала бы улучшению процесса смазывания. При обработке такого рода незначительно увеличивается только сопротивление трения новых поршневых колец, благодаря чему они быстрее адаптируются к стенкам цилиндра. Таким образом невозможно устранить имеющийся износ внутренней поверхности цилиндра или уменьшить его воздействие. Обработка с помощью хонинговальных щеток или подпружиненных хонинговальных брусков не позволяет надолго повысить качество рабочей поверхности цилиндра, а только улучшает её внешний вид и слегка сокращает время приработки. Это означает, что данный метод не подходит для выполнения качественного ремонта.

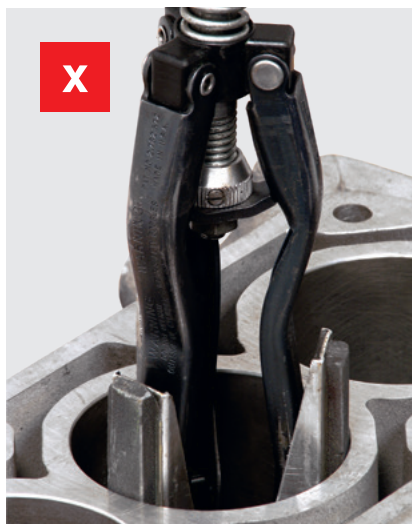


Рис. 2. Подпружиненный хонинговальный брусок

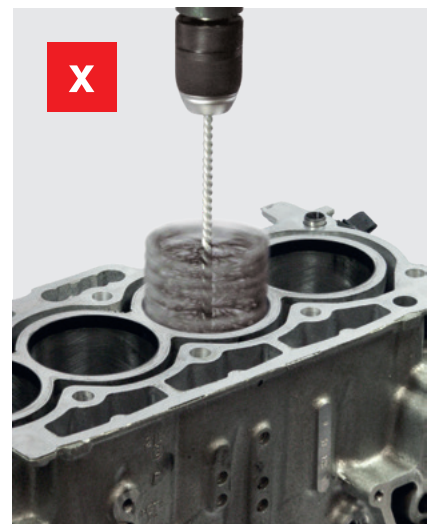


Рис. 3. Хонинговальная щетка

2.4 МОНТАЖ ПОРШНЕЙ И ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Самые серьезные проблемы с поршневыми кольцами и их повреждения возникают при неквалифицированной установке колец на поршень. Именно в этом случае поршневые кольца подвергаются значительной механической нагрузке. Некачественно выполненная установка отрицательно сказывается на созданном в процессе производства контуре кольца и на распределении радиального давления. В результате этого уплотняющая функция колец осуществляется только частично или отсутствует вовсе.

Поршневое кольцо можно растягивать только до тех пор, пока его внутренний диаметр слегка не превысит наружный диаметр поршня. Дальнейшее растягивание кольца приводит к его деформации, особенно в области спинки (Рис. 1), что значительно ухудшает уплотняющую функцию кольца в установленном состоянии.

Возникающие при этом проблемы, такие как образование трещин, отслаивание покрытий (особенно у колец с молибденовым покрытием), уменьшение усилия прижима в области спинки кольца, вплоть до образования серповидных зазоров (Рис. 2), нарушают работу поршневого кольца частично или полностью.



ВНИМАНИЕ!

Ни в коем случае не растягивайте поршневые кольца с целью увеличения их упругости. При раздвигании стыковых концов кольцо деформируется только в одном месте, а именно в области спинки. Его упругость при этом не увеличивается. Возникает обратный эффект: при чрезмерном растягивании или деформировании кольцо теряет круглую форму и больше не обеспечивает надлежащего уплотнения.



Рис. 1. Чрезмерное растягивание поршневого кольца

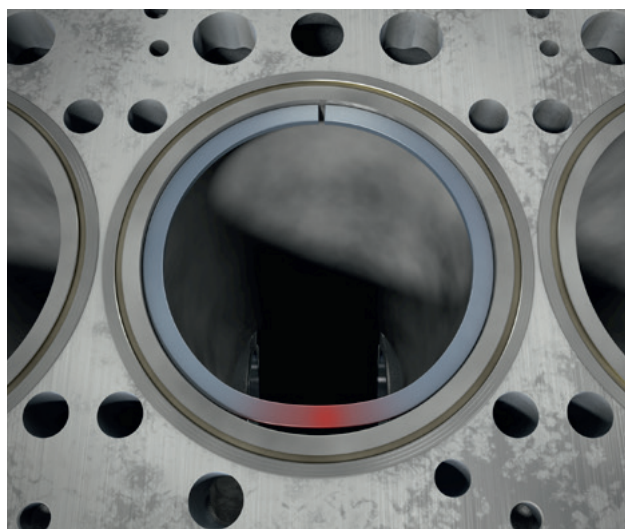


Рис. 2. Образование серповидного зазора в результате чрезмерного растягивания кольца

2.4.1 МОНТАЖ И ДЕМОНТАЖ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

- Тщательно очистите бывшие в употреблении поршни от загрязнений. Обратите особое внимание на то, чтобы масляный нагар и загрязнения были удалены из кольцевых канавок. При необходимости очистите также отверстия для отвода масла сверлом или другим подходящим инструментом.
- При удалении масляного нагара не повредите поверхности боковых сторон кольцевых канавок. Нижняя сторона канавки представляет собой уплотнительную поверхность. Её повреждение царапинами может вызвать при работе двигателя повышенный расход масла или повышенный прорыв газов.
- Обязательно используйте для монтажа и демонтажа поршневых колец специальные щипцы для их установки. Использование других вспомогательных средств, например, проволочных петель или отвертки, может привести к повреждению поршневых колец или поршня.
- Ни в коем случае не устанавливайте кольца вручную (исключение: маслосъемные поршневые кольца со стальными пластинками). При этом возникает не только риск поломки, деформации и перерастяжения кольца, но и опасность травмирования сломанным кольцом или его острыми краями.



Комплект для монтажа поршневых колец

Каталожный № 12 00001 16 900 (для легковых автомобилей)

Каталожный № 12 00002 16 900 (для грузовых автомобилей)



ВНИМАНИЕ!

Быстрая установка поршневого кольца вручную, выполненная без его поломки, хотя и подтверждает ловкость рук механика, но при этом часто приводит к повреждению кольца в момент монтажа.



X

- Ни в коем случае не устанавливайте кольцо на поршень таким образом, как показано на рисунке. Деформированное кольцо больше не лежит ровно в канавке, не вращается в ней, неравномерно изнашивается и больше не обеспечивает надлежащего уплотнения. Однако, дело обстоит еще хуже, когда у кольца с молибденовым покрытием происходит отслаивание или повреждение молибденового слоя. При этом нарушение антифрикционного слоя возникает если не при монтаже, то в процессе работы двигателя. Антифрикционное покрытие отслаивается, повреждает цилиндр и поршень, на котором появляются задиры, вызванные прорывом горячих отработанных газов между поршнем и стенкой цилиндра. Отделившиеся фрагменты покрытия приводят к повреждению поршня и рабочей поверхности цилиндра.
- Не снимайте и не устанавливайте поршневые кольца без необходимости. Каждый раз, при снятии или установке, кольца деформируются. Не снимайте кольца с предварительно собранных поршней, чтобы, например, проверить их размеры.
- Соблюдайте последовательность установки поршневых колец: сначала установите маслосъемное кольцо, затем второе компрессионное кольцо, и в заключение первое компрессионное кольцо.

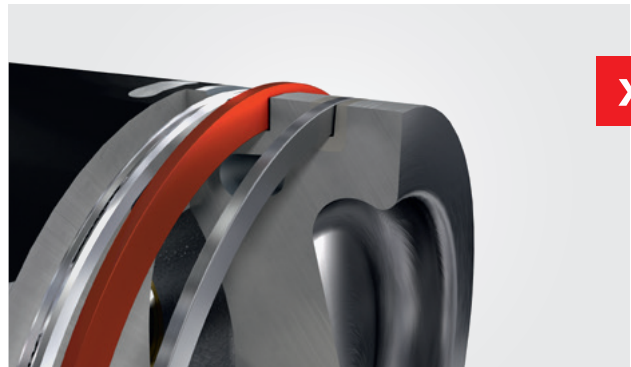
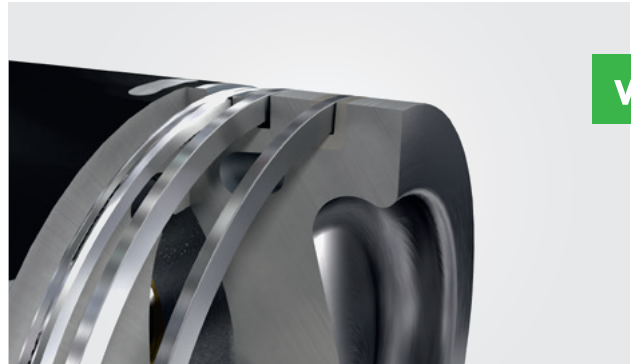


- Руководствуйтесь установочными маркировками. «Тор» означает, что эта сторона кольца должна находиться сверху и быть направлена к камере сгорания (Рис. 2). В случае сомнения или отсутствия маркировки «Тор», установите кольцо надписью вверх.

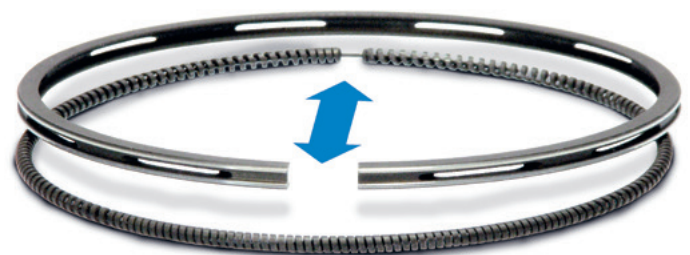


- Проверьте, свободно ли кольца проворачиваются (вращаются) в кольцевых канавках.

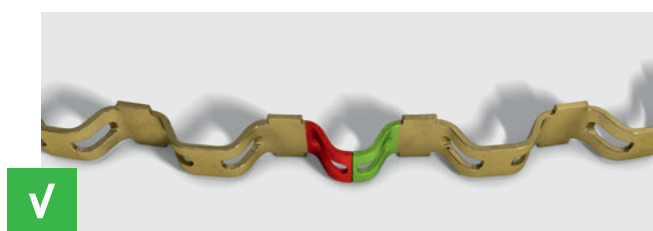
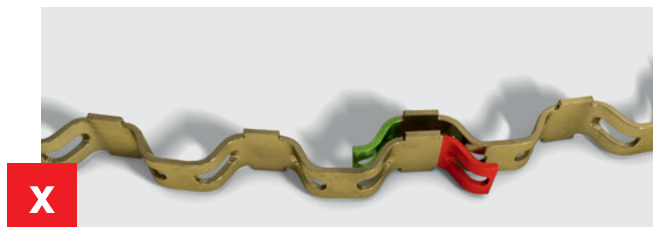
- Последовательными нажатиями по всей окружности проверьте, утапливается ли кольцо полностью в кольцевую канавку, т. е. в месте утапливания рабочая поверхность кольца не должна выступать за край юбки поршня. Это важно, так как при отсутствии достаточного зазора до дна канавки (из-за использования неподходящего кольца или образования нагара на дне канавки) надлежащее функционирование колец не гарантируется.



-
- При монтаже маслосъемных поршневых колец, состоящих из 2-х частей, всегда соблюдайте правильное положение пружинных расширителей. Концы пружинного расширителя всегда должны располагаться на противоположной стороне от замка поршневого кольца.



- У колец, состоящих из 3-х частей, соблюдение правильного положения пружины-расширителя является необходимым условием для обеспечения функции съема масла. Даже в случае установки в цилиндр поршня с предварительно смонтированными кольцами, обязательно проверьте правильность положения пружины-расширителя. Во время транспортировки таких поршней, концы пружины находятся в ненапряженном состоянии, из-за чего возможно их наложение друг на друга. Обе цветные маркировки на концах пружины должны быть видны. Если любая из них не видна, то концы пружины соединены внахлестку, и кольцо функционировать не будет. Все замки состоящего из 3-х частей маслосъемного поршневого кольца (обе стальные пластинки и пружина-расширитель) должны быть установлены под углом 120° относительно друг друга.



- Сместите замки поршневых колец готового к монтажу поршня так, чтобы они находились под углом примерно 120° относительно друг друга. Это облегчит работу поршня и поршневых колец при первом запуске двигателя. Причина: при первом запуске двигателя компрессия в цилиндрах несколько ниже, так как поршневые кольца еще не приработались. За счет смещения стыковых концов относительно друг друга предотвращается повышенный прорыв газов в картер, и тем самым улучшаются условия для надежного первого запуска двигателя.



2.4.2 УСТАНОВКА ПОРШНЯ В ЦИЛИНДР

- Тщательно очистите уплотнительную поверхность блока цилиндров от фрагментов уплотнительных прокладок, если она не была подвергнута обработке во время ремонта двигателя.
- Тщательно удалите из резьбовых отверстий загрязнения, масло и охлаждающую жидкость, если она в них имеется.
- Выполните все работы по очистке до того, как поршни будут устанавливаться в цилиндры.
- Смажьте все поверхности поршня свежим моторным маслом, в том числе поршневой палец и шатунный подшипник.
- Учтите направление установки поршня (установочные маркировки на днище поршня, клапанные карманы).
- Очистите отверстие цилиндра ветошью и также смажьте его моторным маслом.
- Проверьте вашу оправку для поршневых колец на отсутствие повреждений и вмятин. Если таковые имеются, замените инструмент.
- При установке поршня следите за тем, чтобы оправка или коническая монтажная гильза ровно прилегали к уплотнительной поверхности головки блока цилиндров.
- Не устанавливайте поршни в цилиндры двигателя без использования соответствующего монтажного инструмента (опасность получения травмы, риск повреждения колец).





Рис. 1. Слишком большая фаска по краю цилиндра: при монтаже поршневое кольцо зажимается между лентой монтажной оправки и цилиндром, блокируя поршень.



Рис. 2. Фаска небольшого размера по краю цилиндра: поршневое кольцо скользит вдоль зазора.

- При установке поршня не допускается применение значительной силы. Если поршень не заходит в цилиндр, необходимо обязательно проверить оправку. Не располагайте место открытия ленты оправки таким образом, чтобы оно совпадало со стыковыми концами колец.
- Если для монтажа используется рукоятка молотка, то на днище поршня может воздействовать только собственная масса молотка. Ни в коем случае не пользуйтесь молотком, чтобы с силой вогнать им поршень в цилиндр. Даже если поршневые кольца не сломаются от этого прямо в процессе установки поршня, они всё равно могут деформироваться, что не позволит им выполнять свои функции надлежащим образом во время работы двигателя.
- Установка поршня в цилиндр с применением силы может привести к повреждению не только поршневых колец, но и самого поршня. Это в особенности относится к поршням бензиновых двигателей, у которых жаровые пояса или перемычки между кольцами, как правило, очень тонкие и легко разрушаются под воздействием ударов. В результате, уже после непродолжительной эксплуатации, происходит потеря мощности и возникает необходимость проведения дорогостоящего ремонта.
- После установки поршней следите за тем, чтобы в цилиндры не попали песок и загрязнения. При необходимости накройте отверстия цилиндров чистой ветошью или заполните ей отверстия цилиндров, чтобы не допустить попадания в них загрязнений. Особенно это касается тех случаев, когда работы выполняются в пыльной среде и/или под открытым небом.

2.5 ЗАПУСК И ОБКАТКА ДВИГАТЕЛЯ

2.5.1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Под обкаткой двигателя часто имеется в виду приработка всех его подвижных деталей друг к другу. В принципе, это верно и относится прежде всего к поршневым кольцам. Ввиду своего назначения, поршневые кольца подвергаются максимальным нагрузкам и должны не только хорошо адаптироваться к поверхности сопряженной детали, но и обеспечивать после этого надежное уплотнение. Поэтому правильная и оптимальная обкатка двигателя наиболее важна именно для поршневых колец. Все остальные детали снабжаются маслом под давлением и, по сравнению с поршневыми кольцами, испытывают в процессе обкатки меньшие нагрузки.

Среди клиентов и механиков бытуют порой разные мнения о запуске и обкатке отремонтированных двигателей. Одни считают, что обкатка в течение первых 500–1500 км всё ещё необходима, а другие утверждают, что в наше время этого уже не требуется. Последнее мнение основано, не в последнюю очередь, на том, что некоторые производители двигателей специальную обкатку двигателей не предусматривают. Оба мнения верны и обоснованы. Однако необходимо делать различие между новыми и отремонтированными двигателями.



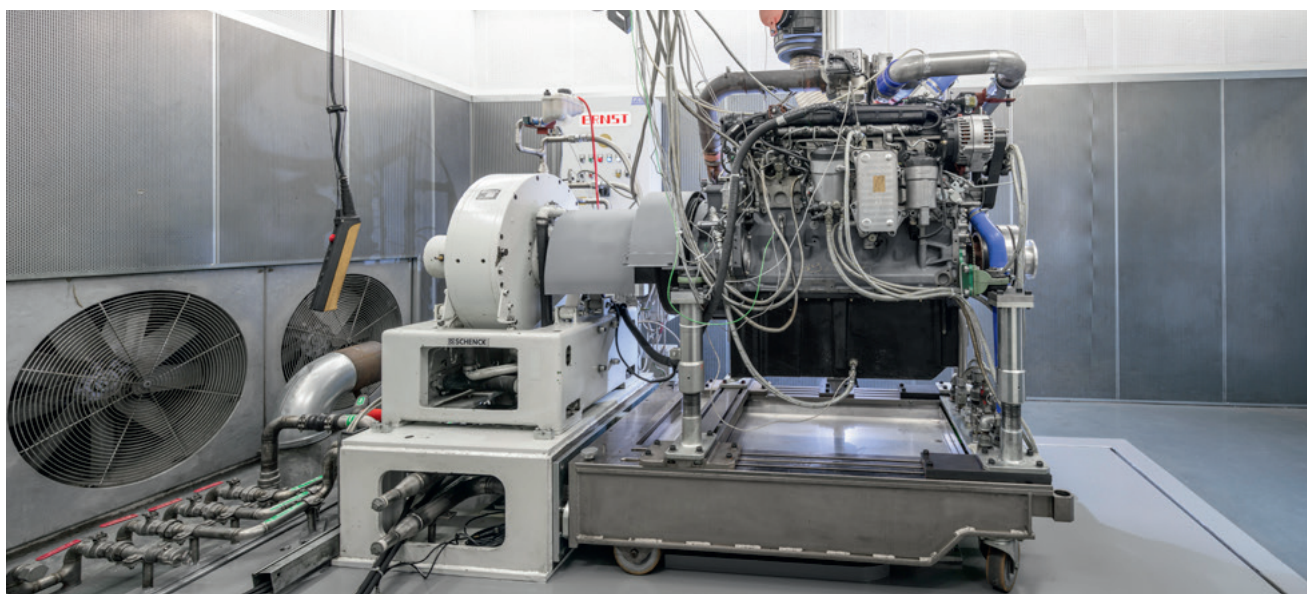
2.5.2 ОБКАТКА НОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В настоящее время двигатели изготавливаются с применением новейших производственных технологий. Сопряженные подвижные детали двигателей в процессе изготовления подвергаются прецизионной обработке, благодаря чему их адаптация друг к другу, которая раньше достигалась в период обкатки двигателя, обеспечивается уже на стадии производства. Для этого используются специальные технологии изготовления, например, рабочих поверхностей цилиндров, а также высокоточная обработка остальных сопряженных с ними поверхностей. В первую очередь выполняют доводку этих поверхностей, чтобы удалить с них мельчайшие заусенцы и сгладить неровности, образовавшиеся во время обработки. Раньше адаптация сопряженных подвижных деталей осуществлялась во время обкатки двигателя, что приводило, однако, к значительному износу материалов. Так, например, поршневые кольца теряли большую часть своих резервов на износ уже после нескольких часов эксплуатации. Сегодня, когда ведется борьба против каждого миллиграмма вредных выбросов, требуются двигатели, которые с самого начала эксплуатации выдерживают заданные показатели расхода топлива и ограничения по токсичности.

В современном моторостроении обкатка двигателей, во время которой происходит адаптация сопряженных поверхностей скольжения друг к другу посредством трения и повышенного износа, практически не мыслима.

Более того, конечный потребитель ожидает от двигателя ресурс, существенно превышающий тот, который считался оптимальным 25 лет тому назад. Немаловажным является и то, что новый автомобиль, прежде чем пройти путь от завода-изготовителя до различных логистических центров и, в конце концов, попасть к покупателю, испытывает колоссальные нагрузки. Нередко его двигатель должен выдержать до 150 холодных пусков, не достигая рабочей температуры. Не стоит забывать также о перевозке новых автомобилей морским путем в другие страны и на другие континенты. При таких обстоятельствах двигатель, еще требующий обкатки, не имел бы шансов на успех.

Еще одна причина снижения требований в отношении обкатки новых двигателей связана с тем, что сегодня эксплуатация автомобилей с максимальной отдачей практически не возможна из-за плотного дорожного трафика. Даже на автотрассах без скоростных ограничений редко возможно движение с максимальной скоростью или при максимальной мощности двигателя в течение длительного периода времени. Раньше продолжительное движение автомобиля с двигателем мощностью 30 кВт на более низкой в то время разрешенной максимальной скорости и при полной нагрузке была возможна даже на обычном шоссе.



Испытания двигателя на приработку и износ на испытательном стенде

2.5.3 ОБКАТКА ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В отличие от новых двигателей, отремонтированные двигатели, на которые были установлены новые гильзы цилиндров или у которых отверстия цилиндров были увеличены до ремонтного размера и подвергнуты хонингованию, требуют обкатки. Работы на предприятии по ремонту двигателей (в зависимости от имеющегося производственного оборудования) не всегда выполняются с соблюдением той же точности и чистоты, что и на заводе-изготовителе.

Бывшие в эксплуатации двигатели после ремонта не становятся новыми. Часто на них устанавливают как новые, так и бывшие в употреблении детали, а с целью снижения расходов их не подвергают тщательной и комплексной проверке. Наиболее острая необходимость в обкатке возникает в тех случаях, когда обработке были подвергнуты цилиндры, головки блоков цилиндров или коленчатые валы. Кроме того, часто на практике невозможно добиться таких же параметров обработки, что и на заводе-изготовителе, так как они в большинстве случаев не известны или имеющееся оборудование позволяет выполнять только стандартную обработку. По этим причинам рекомендуется соблюдать приведенные ниже инструкции по обкатке отремонтированных двигателей.



2.5.4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБКАТКЕ ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

- Всегда обкатывайте двигатель в движении или на испытательном стенде.
- Загрузка автомобиля не должна быть максимальной.
- Двигатель должен работать на разных частотах вращения, при этом нельзя превышать значение 2/3 от максимально допустимой частоты вращения.
- Во время движения быстро меняйте передачи, избегайте движения на низких оборотах или, напротив, на максимальных для каждой передачи оборотах.
- Избегайте длительного движения на подъем (чрезмерная нагрузка).
- Избегайте длительного движения на спуске (недостаточная нагрузка и неблагоприятный режим принудительного холостого хода).
- Не тормозите двигателем.
- Двигайтесь по скоростным автотрассам, либо на высокой скорости – избегайте движения по дорогам, на которых образуются пробки.
- Движение по свободным дорогам без пробок является наилучшим вариантом. Избегайте движения по городу в очень жаркую погоду и в час пик, когда приходится часто останавливаться на светофорах и долго ждать.



ВНИМАНИЕ!

Для новых автомобилей предусмотрена инструкция по эксплуатации в период обкатки. Подобные инструкции существуют также для отремонтированных двигателей. При отсутствии специального стенда, позволяющего выполнить обкатку по заданной программе, двигатель необходимо обкатывать в движении.

РЕГУЛЯРНАЯ ПРОВЕРКА УРОВНЯ МАСЛА ВО ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОБКАТКИ

Во время выполнения обкатки возможен повышенный расход масла. Уровень масла рекомендуется проверять каждые 50–100 км; при необходимости масло следует доливать. В случае заметного снижения уровня масла на щупе, продолжайте контроль, сократив интервалы между проверками. Не заливайте в двигатель масло выше максимального уровня.

ЗАМЕНА МАСЛА ЧЕРЕЗ 1000 КМ

Замена масла в современных двигателях новых автомобилей после прохождения первых 500–1000 км уже давно не требуется, однако если речь идет об отремонтированных двигателях, масло рекомендуется заменить. Загрязнения, попавшие в двигатель в результате его

предшествующего повреждения или при последующей обработке различных деталей, часто всё еще находятся в системе смазки двигателя. Кроме того, вследствие приработки замененных компонентов, в двигателе образуются металлические продукты износа. Все эти загрязнения и абразивные частицы способствуют дальнейшему износу и поэтому подлежат удалению посредством замены масла после завершения обкатки.



ВНИМАНИЕ!

В этом случае, при замене масла необходимо заменить также масляный фильтр.



ВНИМАНИЕ!

Многочасовая работа на режиме холостого хода очень вредна для двигателя!

Приработка деталей двигателя на режиме холостого хода не обеспечивается. Наоборот, в этом случае возможно его повреждение. В результате работы двигателя на холостом ходу ухудшается снабжение подшипников и поршней маслом. Это происходит из-за того, что на режиме холостого хода масляный насос подает недостаточное количество масла. Поток масла через подшипники минимален, причем в самый неподходящий момент. Ведь по причине трения деталей во время приработки образуется больше тепла, но при этом масла, необходимого для смазывания и охлаждения этих деталей, оказывается недостаточно.

Из-за недостаточного потока масла не обеспечивается надлежащее удаление воздуха из каналов подачи масла и маслопроводов, а также их промывка. Металлические продукты износа и загрязнения, попавшие в систему смазки во время ремонта двигателя или в результате его повреждения, не удаляются достаточно быстро из подшипников скольжения и со стенок цилиндров. Они остаются в местах сопряжения деталей, вызывая дополнительный износ.

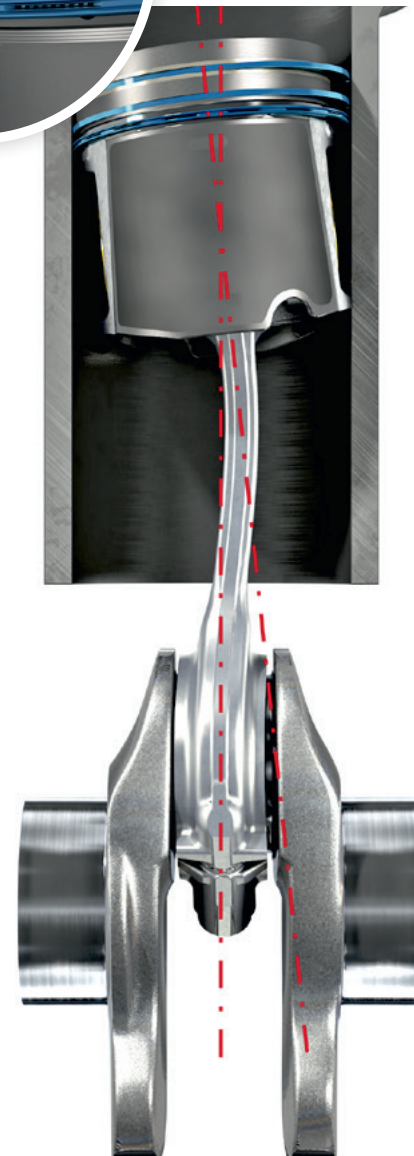
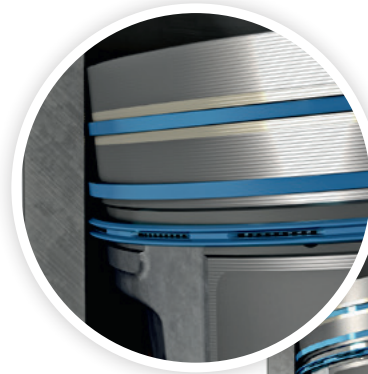
Не следует забывать также о топливной системе. Особенно на дизельных двигателях с новыми или отремонтированными форсунками важно, чтобы они хорошо промывались топливом. Однако количество топлива, впрыскиваемого на режиме холостого хода, минимально. Слегка заедающая игла форсунки может при этом не открываться или быть причиной плохого распыления топлива.

2.6 ПРОБЛЕМЫ С УПЛОТНЕНИЕМ И ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

2.6.1 ПЕРЕКОС ПОРШНЕЙ

Вследствие повреждения двигателя часто происходит также изгиб/скручивание шатуна. Если во время ремонта двигателя не проверить на параллельность верхнюю и нижнюю головки шатуна или не выпрямить шатун, то при последующей работе двигателя это приведет к перекосу поршня в цилиндре. Поршневые кольца движутся в цилиндре не по кругу, а по эллипсу. С одной стороны цилиндра поршневые кольца будут прилегать к поршневым канавкам нижними кромками, а с другой – верхними. Если кольцо еще способно вращаться в кольцевой канавке, то уже вскоре его рабочая поверхность приобретет ярко выраженную выпуклую форму. Эта выпуклость значительно превысит конструктивную выпуклость и приведет к ухудшению маслосъемной функции кольца, в результате чего намного увеличится толщина масляной пленки. Кроме этого, перекос поршня вызывает насосное действие поршневых колец, что приводит к усиленному проникновению масла в камеру сгорания.

Часто перекос поршня делает вращение колец невозможным, в результате они принимают форму эллипса. Это приводит к неравномерному радиальному износу, который нередко становится причиной поломки поршневых колец.



2.6.2 ОВАЛЬНОЕ ОТВЕРСТИЕ ЦИЛИНДРА

В цилиндрах с овальными отверстиями снижается упругость поршневых колец, из-за чего кольца не адаптируются к стенкам цилиндров или адаптируются к ним очень медленно, не обеспечивая надлежащего уплотнения.

2.6.3 ЗАКЛИНИВАНИЕ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ И ПОМЕХИ ПРИ ИХ ВРАЩЕНИИ

Проблемы с уплотнением в четырехтактных ДВС часто возникают в том случае, если поршневые кольца перестают свободно вращаться в кольцевых канавках. При этом неизбежны повреждения поршней и цилиндров (перегрев и образование задиров на поршнях). Кольца трапецевидного сечения (см. главу 1.3.1 «Компрессионные поршневые кольца»), благодаря особенностям своей формы, менее подвержены заклиниванию или блокированию в кольцевых канавках.

Причины блокирования колец и способы его предупреждения

- Кольца не должны заедать в канавках в осевом направлении. Необходимо обеспечить ровность поверхности колец. В любом случае необходимо избегать деформации поршневых колец из-за некачественной установки их на поршни (см. главу 2.4.1 «Монтаж и демонтаж поршневых колец»).
- Размеры кольцевой канавки должны соответствовать размерам поршневого кольца.
- Кольцевые канавки должны быть свободны от загрязнений и каких-либо отложений (Рис. 1).
- Спецификация моторного масла должна соответствовать предусмотренной производителем двигателя. Несоответствующее предписанному масло способствует образованию нагара и заклиниванию колец в канавках.
- Работа двигателя с использованием растительных масел и альтернативных видов топлива.
- Погнутые шатуны и связанный с этим перекос поршней в цилиндрах.



Рис. 1. Загрязнения в кольцевой канавке

2.6.4 ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Попадание загрязнений в двигатель является одной из наиболее частых причин его преждевременного износа и, следовательно, износа поршневых колец. Существуют две основные причины возникновения повреждений из-за попадания загрязнений:

Причина № 1

Загрязнения попадают в цилиндр вместе с поступающим в двигатель воздухом. Это происходит, когда пренебрегают требованиями к регулярному обслуживанию воздушного фильтра. Если двигатель эксплуатируется без воздушного фильтра или система впуска негерметична, загрязнения легко проникают в камеру сгорания, минуя воздушный фильтр. Из камеры сгорания загрязнения проникают также в кольцевые канавки и смешиваются в них с имеющимся маслом, образуя абразивную пасту (Рис. 2). Под действием этой пасты уменьшается высота поршневых колец, а кольцевые канавки расширяются (Рис. 3). Износ поршневых колец, возникающий под действием загрязнений, проявляется прежде всего в осевом направлении, на боковых поверхностях колец. В радиальном направлении (в зоне рабочих поверхностей) кольца также изнашиваются – из-за возникновения полусухого трения, однако не так сильно, как в области боковых поверхностей. Частым признаком попадания загрязнений в кольцевые канавки являются накатанные частицами следы, образующиеся на боковых поверхностях колец. Эти следы представляют собой типичные царапины, которые образуются в результате наличия загрязнений в виде мелкого песка в комбинации с вращением колец и качением поршня.

Поскольку во время работы кольца прилегают в основном к нижним боковым поверхностям канавок, износ возникает преимущественно на их верхних боковых поверхностях. На этих поверхностях образуются также накатанные частицами следы (Рис. 4 и 5).

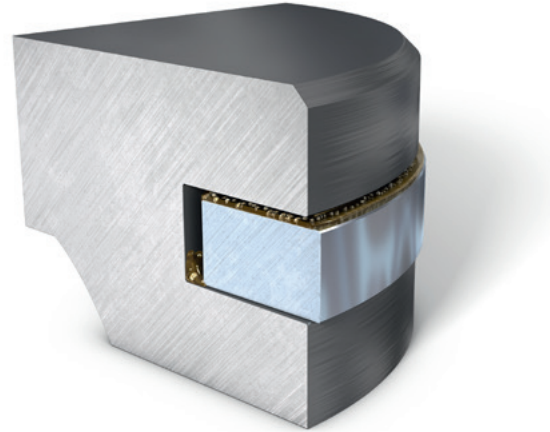
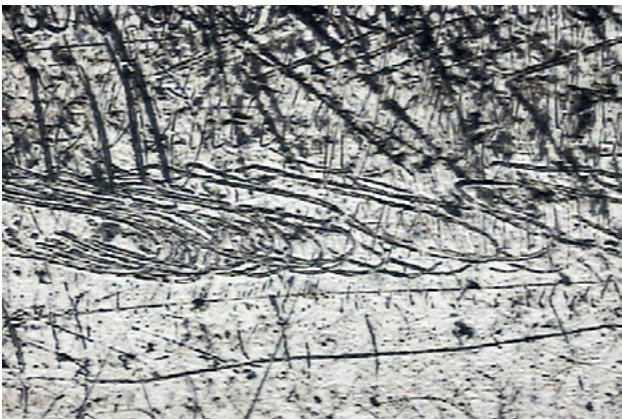


Рис. 2. Загрязнения и масляные отложения в кольцевой канавке образуют абразивную пасту.

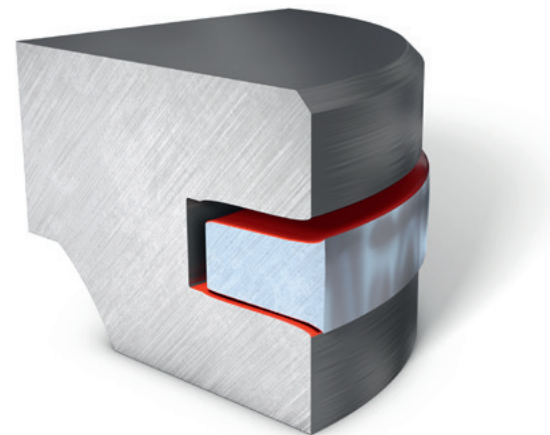


Рис. 3. Расширение кольцевой канавки поршня из-за изношенного под действием загрязнений поршневого кольца



Рис. 4 и 5. Примеры накатанных следов на верхней боковой поверхности кольца

Причина № 2

Загрязнения, попавшие в двигатель в результате его предшествующего повреждения и/или неквалифицированного выполнения ремонтных работ, всё еще находятся в системе смазки двигателя. Эти загрязнения вызывают износ, который начинается в кривошипной камере и распространяется на стенки цилиндров и поршни. Через загрязненную систему смазки частицы загрязнений попадают также во все места установки подшипников двигателя. Хотя масло фильтруется масляным фильтром, надлежащая очистка системы смазки часто не обеспечивается. Загрязнения, которые уже проникли на чистую сторону системы смазки, попадают в места установки подшипников, вызывая преждевременный износ или повреждения.

Часто при повреждении двигателя масляный фильтр засоряется продуктами износа настолько, что открывается его байпасный клапан. В этом случае моторное масло поступает в зоны смазывания неотфильтрованным.

Такая ситуация предусмотрена конструкцией двигателя, чтобы избежать его серьезных повреждений по причине полного отсутствия масла в подшипниках. Кроме того, после повреждения двигателя, большое количество загрязнений часто остается также в масляном теплообменнике и его маслопроводах. Поэтому безответственно устанавливать бывший в эксплуатации загрязненный масляный теплообменник в новый или отремонтированный двигатель и запускать его.



ВНИМАНИЕ!

Если загрязнение масляного теплообменника вызвано повреждением двигателя, то его очистка часто не дает желаемых результатов. В этом случае лучше установить новый масляный теплообменник, чтобы исключить риск возникновения повреждения, вызванного использованием старого масляного теплообменника.

2.6.5 ИЗБЫТОК ТОПЛИВА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

После повреждений, вызванных попаданием загрязнений, второй, наиболее частой причиной повреждения поршневых колец, является их износ и повреждения из-за наличия избытка топлива в камере сгорания. В результате избытка топлива масляная пленка на стенке цилиндра может пострадать настолько, что возникает металлическое трение поршневых колец о стенку цилиндра, при этом они очень быстро теряют радиальную толщину. Металлический контакт поршневых колец со стенкой цилиндра (Рис. 1) допускается только на короткое время и в исключительных случаях (например, при холодном пуске); при нормальной работе двигателя он недопустим. Под действием такого металлического контакта значительно сокращается срок службы поршней, поршневых колец и цилиндров. В нормальном состоянии сопряженные металлические поверхности скольжения всегда отделены друг от друга масляной пленкой (Рис. 2). При этом толщина масляной пленки должна превышать высоту неровностей, имеющих на сопряженных поверхностях скольжения.

Нарушения режима сгорания, возникающие во время работы двигателя, часто приводят к скоплению топлива и его конденсации на стенке цилиндра. Это вызывает разбавление или смывание масляной пленки.

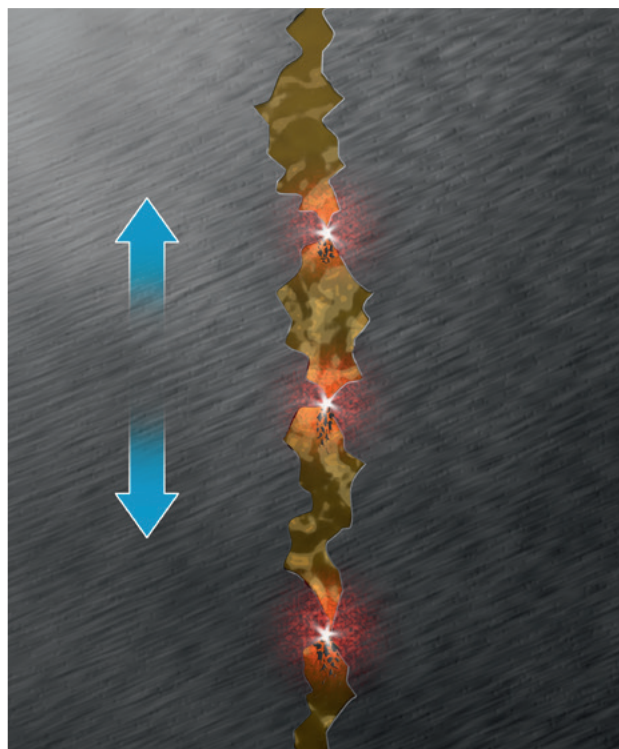


Рис. 1. Полусухое трение: поршневое кольцо и стенка цилиндра имеют металлический контакт.

Возникающее в результате этого полусухое трение приводит к полному износу поршневых колец всего за несколько тысяч километров. Мощность двигателя снижается, а расход масла повышается.

Полусухое трение вызывает значительный радиальный износ поршневых колец и поверхности цилиндра. Он легко определяется по обоим рабочим поясам маслосъемного поршневого кольца. На Рис. 3 показаны новое и изношенное в результате полусухого трения маслосъемные поршневые кольца. Оба маслосъемных рабочих пояса изношенного кольца полностью стерты. У двигателя, в котором находилось такое кольцо, наблюдался чрезмерный расход масла. Причиной подобного радиального износа, который может затронуть не только маслосъемные поршневые кольца, почти всегда является избыток топлива в камере сгорания.

Именно в том случае, когда износ затронул не все кольца в равной степени, наличие полусухого трения, возникшего в результате избытка топлива в камере сгорания, является единственно возможным объяснением. Такая ситуация встречается довольно часто и служит доказательством того, что износ колец произошел не по причине некачественного материала или неправильной обработки цилиндра, как предполагалось первоначально. Иначе износ был бы равномерным и затронул бы все поршни и поршневые кольца, а не только отдельные цилиндры.

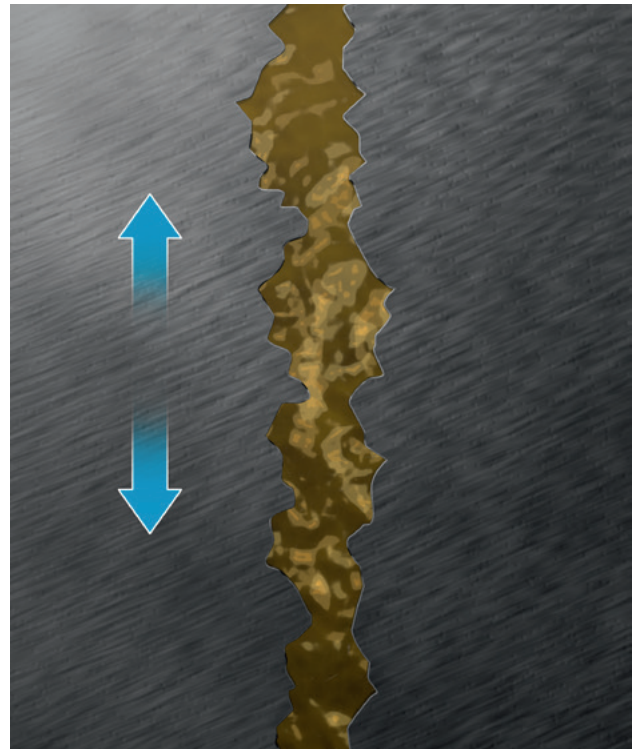


Рис. 2. Масляная пленка достаточной толщины: металлический контакт отсутствует.



Рис. 3. Новое и изношенное маслосъемные поршневые кольца

Износ от полусухого трения, возникшего в результате избытка топлива в камере сгорания, встречается в равной степени как в бензиновых, так и в дизельных двигателях.

Основными причинами подобного износа у бензиновых двигателей являются частые поездки на короткие расстояния (особенно у карбюраторных двигателей старых моделей) и пропуски воспламенения смеси. Бензиновым двигателям для запуска и прогрева требуется гораздо больше топлива, чем для работы при рабочей температуре. При частых поездках на короткие расстояния и при определенных условиях топливо не испаряется, а конденсируется на стенке цилиндра и смешивается с моторным маслом. В результате этого масло разбавляется и теряет вязкость, из-за чего возникает полусухое трение. В бензиновых двигателях избыток топлива в камере сгорания может быть вызван также неправильной работой свечей или катушек зажигания, так как топливо при этом не воспламеняется и не сгорает.

В дизельных двигателях впрыскиваемое топливо воспламеняется в результате смешивания с сильно сжатым воздухом в камере сгорания. Недостаточное сжатие (плохое наполнение) или использование некачественного топлива приводит к позднему воспламенению смеси, неполному сгоранию и скоплению жидкого топлива в камере сгорания.

Дополнительные причины избытка топлива в камере сгорания у дизельных двигателей:

- Неисправные и негерметичные топливные форсунки
- Неисправности топливного насоса высокого давления или его неправильная регулировка
- Неправильно проложенные и закрепленные топливопроводы высокого давления (колебания)
- Механические неисправности (удары поршня о головку блока цилиндров) из-за неправильного значения высоты выступления поршня, вызванного обработкой уплотнительных поверхностей и использованием прокладки головки блока цилиндров неверной толщины
- Плохое наполнение воздухом в результате засорения воздушного фильтра
- Плохое наполнение воздухом вследствие повреждения или износа турбокомпрессора
- Плохое наполнение воздухом в результате износа или поломки поршневых колец
- Низкое качество топлива (плохое самовоспламенение и неполное сгорание)



ВНИМАНИЕ!

При наличии повреждений такого типа также необходимо учитывать, все ли цилиндры изношены или только некоторые из них. Если повреждения имеются во всех цилиндрах, вероятнее всего, имеет место общая причина, например, низкое качество топлива или плохое наполнение воздухом. Если износ затронул отдельные цилиндры, то возможными причинами являются неисправности топливных форсунок, топливопроводов высокого давления, свечей зажигания или повреждения высоковольтных проводов.

2.6.6 ПОЛОМКИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Поршневые кольца ломаются либо в результате чрезмерного износа, либо под действием собственных вибраций, либо вследствие неправильной установки.

Если какие-либо экстремальные условия эксплуатации отсутствуют, поломки поршневых колец во время работы двигателя не возникают. Механическая нагрузка на кольца при их установке на поршень намного выше, чем нагрузка во время их работы на двигателе. При монтаже на поршень кольца подвергаются более высокому изгибающему напряжению, чем при установке в цилиндр. Кольцо с дефектами структуры или материала сломалось бы уже при установке на поршень.

Если сломанные поршневые кольца найдены в двигателе сразу после ремонта двигателя с заменой поршней, то они в большинстве случаев были повреждены или сломаны в результате некачественной установки поршней или использования неподходящих монтажных инструментов.

Кольца могут сломаться во время работы, после длительного срока эксплуатации. Это происходит в том случае, если радиальная или осевая толщина колец значительно уменьшается в результате их износа. Сильно увеличенный зазор кольца по высоте канавки часто приводит к тому, что кольцо начинает вибрировать и не выдерживает воздействия этой нагрузки. При этом кольцо ломается, как правило, на много мелких частей.

Поломка колец не всегда, однако, связана с уменьшением толщины материала. В случае нарушения режима сгорания, под действием высокой нагрузки могут сломаться даже неизношенные кольца. Кроме того, поломка колец может быть вызвана случайным попаданием воды или масла в камеру сгорания. Поскольку жидкости не сжимаются. Если количество жидкости превысит объем камеры сжатия, то либо жидкость выдавливается, минуя поршень, либо поршень или поршневые кольца ломаются. В этом случае может также погнуться шатун или разрушиться стенка цилиндра/гильза цилиндра.



Сломанное поршневое кольцо

2.6.7 ВИБРАЦИЯ ПОРШНЕВОГО КОЛЬЦА

Вибрация поршневого кольца может возникать особенно на бензиновых двигателях при средней нагрузке и высокой частоте вращения коленчатого вала. Под вибрацией понимают как отделение кольца от нижней поверхности прилегания, так и утрату уплотняющей функции кольца из-за отсутствия его радиального прилегания к стенке цилиндра (уменьшение давления кольца). И то, и другое приводит к снижению мощности и высокому расходу масла, так как уплотнительная функция кольца нарушается или перестает выполняться вовсе.

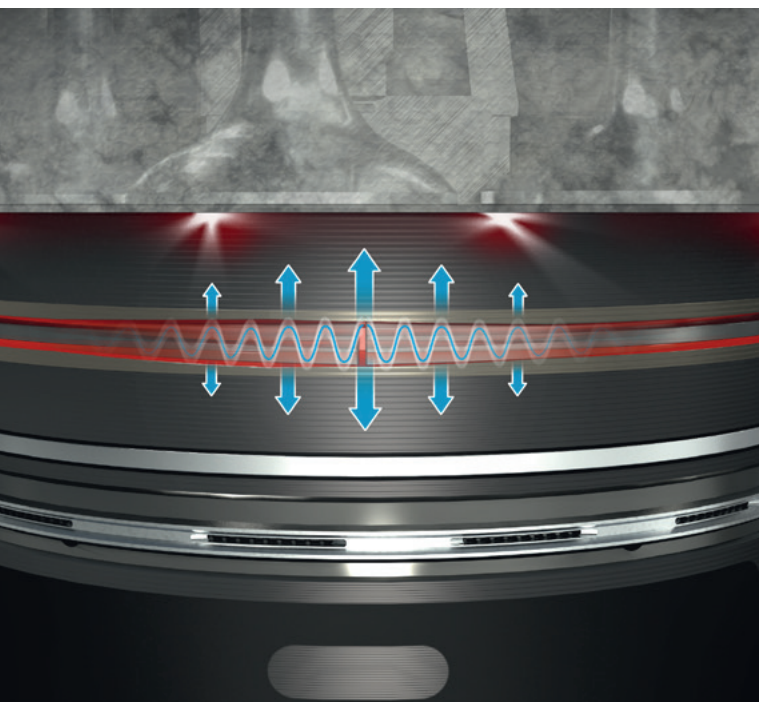


Рис. 1. Вибрация поршневого кольца в результате механического контакта поршня и головки блока цилиндров

ОСЕВАЯ ВИБРАЦИЯ ПОРШНЕВОГО КОЛЬЦА

Осевая вибрация поршневого кольца начинается, как правило, на стыковых концах и передается от них к остальной части кольца. Из-за своего открытого положения стыковые концы склонны отделяться от нижней опорной поверхности, особенно при неблагоприятных условиях эксплуатации. От вибрирующих стыковых концов колебание передается в виде волны к остальной части поршневого кольца.



ВНИМАНИЕ!

По причине меньших сил инерции, более плоские кольца менее склонны к вибрации. Повышенное давление прижима, действующее на стыковые концы, препятствует возникновению вибрации.

Причины возникновения осевой вибрации поршневого кольца

- Слишком большой зазор кольца по высоте
- Снижение упругости кольца (износ) и вследствие этого ухудшение усилия его прижима в области стыковых концов, особенно у поршневых колец с грушевидным распределением радиального давления (см. также главу 1.6.2 «Распределение радиального давления»)
- Механический контакт поршня с головкой блока цилиндров, возникший из-за допущенных при ремонте ошибок, особенно у дизельных двигателей (Рис. 1)
- Детонационное сгорание, вызванное неправильной работой системы управления двигателем (смесеобразование, зажигание) и/или низким качеством топлива (слишком низкое октановое число, примеси дизельного топлива)
- Изношенные кольцевые канавки
- Слишком малое пространство для газов на дне канавки из-за отложений масляного нагара (причина: слишком высокая температура сгорания) и/или некачественное моторное масло

РАДИАЛЬНАЯ ВИБРАЦИЯ ПОРШНЕВОГО КОЛЬЦА

В результате увеличения давления газов на рабочую поверхность кольца в процессе сгорания (Рис. 2), соотношение сил на короткое время нарушается, поршневое кольцо отделяется от рабочей поверхности цилиндра и больше не обеспечивает надлежащего уплотнения. Постоянное повторение этого процесса вызывает вибрацию поршневого кольца.

Причины возникновения радиальной вибрации поршневого кольца

- Износ поршневого кольца (уменьшение радиальной толщины) и, как следствие, уменьшение усилия прижима кольца к стенке цилиндра, а также ослабление жесткости кольца
- Некруглость отверстия цилиндра и вызванное этим увеличение давления сгорания, воздействующего на зазор между рабочей поверхностью поршневого кольца и стенкой цилиндра
- Перекос поршня в результате изгиба шатуна: вследствие перекоса поршня траектория вращения кольца в отверстии цилиндра имеет слегка овальную форму. При этом на той стороне цилиндра, к которой поршень прилегает хуже, в зону жарового пояса и в зазор между поршневым кольцом и стенкой цилиндра проникает большее количество отработанных газов.
- Чрезмерный износ рабочей поверхности поршневого кольца в виде чрезмерной выпуклости, из-за слишком большого зазора кольца по высоте
- Повреждение кромок кольца в результате некачественно выполненного хонингования (образование металлической оболочки): кромки кольца крошатся (особенно у простых литых колец без покрытия рабочей поверхности), газы проникают в зазор и отделяют кольцо от рабочей поверхности цилиндра.



Рис. 2. Давление газов на рабочую поверхность кольца

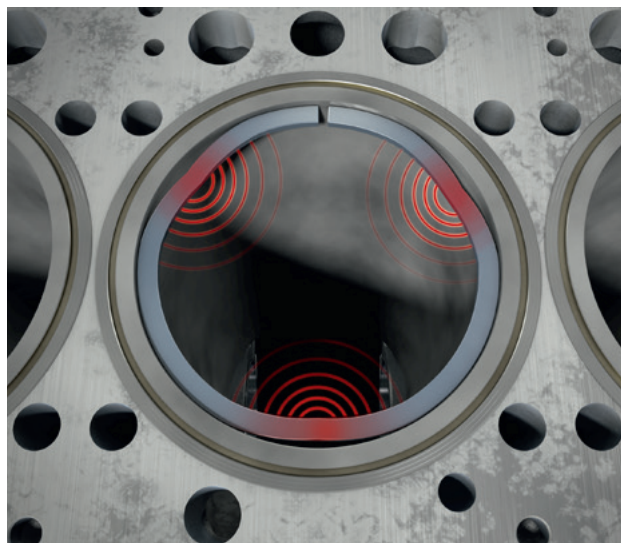


Рис. 3. Отделение поршневого кольца от рабочей поверхности цилиндра

2.7 СМАЗЫВАНИЕ И РАСХОД МАСЛА

2.7.1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Смазывание поршней четырехтактного ДВС всегда осуществляется посредством свободного и центробежного разбрызгивания масла коленчатым валом. Однако щеки кривошипа коленчатого вала, как правило, не погружаются в масляную ванну. Иначе это привело бы к вспениванию масла и потери мощности двигателя. Масло, необходимое для смазывания стенок цилиндров, должно выступать из мест установки коренных и шатунных подшипников. По причине вращения коленчатого вала, это масло в виде капель распределяется по всей кривошипной камере и при этом попадает также на стенку цилиндра, когда поршень находится в его верхней части.

У высоконагруженных двигателей или двигателей, у которых из мест установки подшипников выступает мало масла, надежное смазывание обеспечивается за счет использования шатунов с просверленными отверстиями, благодаря которым стенки цилиндров дополнительно смазываются с нагруженной стороны поршней (Рис. 1). Двигатели, оснащенные системой охлаждения поршней

распылением масла с целью улучшения отвода от них тепла, подобных мер не требуют. Благодаря непосредственному охлаждению маслом, от поршня стекает обратно достаточное количество масла, которое на своем пути смазывает также стенку цилиндра.

В зависимости от частоты вращения коленчатого вала, давления масла и конструктивных особенностей, капли масла, имеющиеся на стенке цилиндра, снимаются и распределяются маслосъемными поршневыми кольцами. Чтобы обеспечивалось оптимальное смазывание при минимальном расходе масла, толщина масляной пленки на стенке цилиндра должна составлять всего 1–3 мкм. Масляная пленка меньшей толщины становится причиной полусухого трения и высокого износа деталей. Масляная пленка большей толщины приводит, как правило, к повышенному расходу масла. Причины уменьшения или, соответственно, увеличения толщины масляной пленки описаны также в главе 1.5.5 «Выпуклая форма рабочей поверхности».



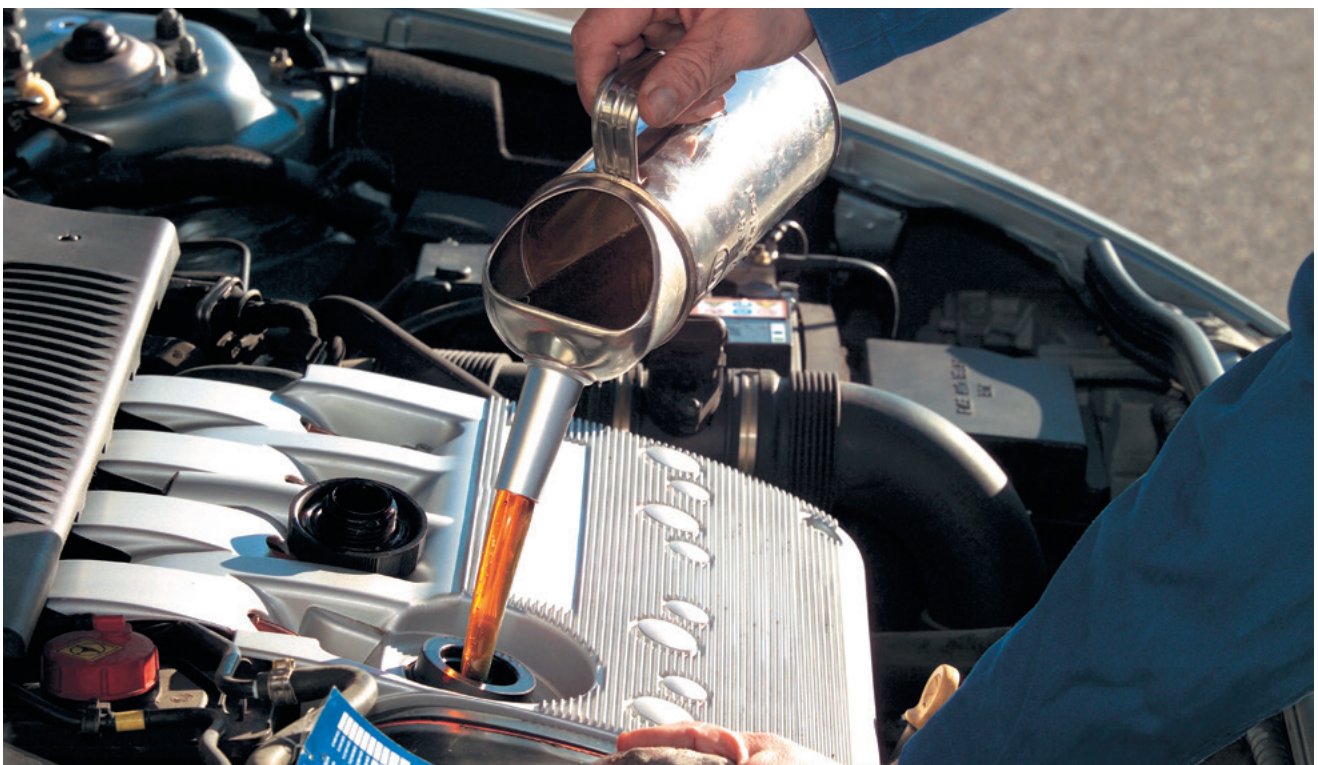
Рис. 1. Имеющиеся в шатуне отверстия для разбрызгивания масла обеспечивают надежное смазывание рабочей поверхности цилиндра

2.7.2 МОТОРНОЕ МАСЛО

Моторное масло является самым важным компонентом двигателя. Если бы компоненты двигателя внутреннего сгорания не смазывались и не охлаждались маслом, использование двигателя, каким мы его знаем сегодня, было бы невозможным. Масло в виде тонкой масляной пленки разделяет сопряженные металлические поверхности скольжения и обеспечивает их смазывание, предотвращая трение между ними и, следовательно, их износ. Помимо этого, моторное масло обеспечивает отвод тепла и загрязнений внутри двигателя.

Основные функции моторного масла

- Смазывание (разделение трущихся металлических поверхностей)
- Охлаждение (отвод тепла)
- Отвод загрязнений
- Устойчивость к действию усилий сдвига (вызываемых, например, острыми кромками поршневых колец)
- Герметизация камеры сгорания относительно картера,
- а также впускных и выхлопных каналов через направляющие втулки клапанов относительно полости привода клапанов
- Связывание твердых примесей, пыли, продуктов износа и сгорания, например, сажи или золы
- Защита компонентов двигателя от коррозии, вызываемой агрессивными продуктами сгорания, путем образования на металлических поверхностях защитных слоев
- Нейтрализация кислотных компонентов продуктов сгорания путем химической конверсии
- Передача усилий в гидравлических натяжителях цепи и толкателях клапанов
- Очистка компонентов двигателя от остаточных продуктов сгорания и продуктов старения моторного масла с помощью растворенных в нем моющих присадок
- Защита от износа (сопряженных трущихся деталей двигателя)
- Нейтрализация нежелательных продуктов сгорания





Моторное масло состоит из базового масла (основы) и пакета присадок. Присадки добавляются в базовое масло для улучшения его свойств. Доля содержания присадок и их состав зависят от предъявляемых к маслу требований.

Примеры свойств и факторов, на которые присадки оказывают влияние:

- Вязкость и текучесть
- Поверхностно-активные свойства
- Нейтрализующая способность
- Нейтральные свойства в отношении уплотнительных материалов
- Низкая склонность к вспениванию
- Длительный срок службы, увеличенные интервалы замены масла
- Низкий расход масла
- Низкий расход топлива
- Совместимость с топливом
- Экологичность

Моторное масло утрачивает свои свойства в результате старения и загрязнения. Содержащиеся в масле присадки расходуются, а агрессивные продукты сгорания и частицы загрязнений приводят к загрязнению масла. Старение масла отчасти происходит под действием высоких температур.

Моторное масло состоит из длинных цепочек молекул углеводов. Вязкость масла определяется длиной молекулярных цепочек. Вязкость длинных цепочек молекул выше, чем коротких. Во время работы двигателя, под действием усилий сдвига длинные цепочки молекул разделяются на более короткие. Это отрицательно сказывается на вязкости и смазочных свойствах масла. При этом в экстремальных условиях снижается устойчивость масла, и его необходимые смазочные свойства утрачиваются.

Нецелесообразно подвергать моторное масло тонкой фильтрации путем установки вне двигателя специальных фильтров, чтобы таким образом удалить из него как можно больше частиц загрязнений. Масло теряет свои свойства само по себе, а не в результате загрязнения. Примечание: в некоторых странах масло фильтруют через ткань и после этого снова продают.

В процессе сгорания образуются кислоты и другие вредные вещества, под действием которых масло постепенно разлагается. Кроме того, высокие температуры вызывают испарение некоторых компонентов масла, имеющих низкую температуру кипения, что также приводит к изменению состава масла. Поэтому установка так называемых фильтров предельно тонкой очистки, которые сулят возможность использования масла в течение неограниченного срока без необходимости его замены, вызывает сомнения.

Естественный расход масла в любом двигателе вызывает необходимость его регулярной доливки и добавления в него дорогостоящих присадок, иначе спустя какое-то время масла в двигателе совсем бы не осталось. По этой причине установка таких дополнительных систем едва ли выгодна для владельца автомобиля.

Заключение

Как базовое масло, так и присадки со временем расходуются и теряют свои свойства, поэтому масло необходимо регулярно заменять. Благодаря смене масла и фильтра из двигателя удаляются и нейтрализуются вредные продукты сгорания. Свежее масло лучше смазывает и очищает, а также имеет большие резервы для защиты от воздействия вредных факторов.



2.7.3 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О РАСХОДЕ МАСЛА

Под расходом масла специалисты понимают то количество моторного масла, которое попадает в камеру сгорания и там сгорает. При этом не принимается в расчет масло, которое просачивается через уплотнения и вытекает из двигателя наружу. В таких случаях речь идет не о расходе масла, а о его утечке.

Основные причины расхода масла:

- Неисправности турбоагнетателя (поврежденные подшипники, засоренные магистрали слива масла)
- Неисправности механических топливных насосов высокого давления (изношенные компоненты)
- Изношенные сальники стержней клапанов и направляющие втулки клапанов
- Неисправности уплотнительной системы поршень-поршневое кольцо-отверстие цилиндра (см. следующую главу)



ЗАМЕЧАНИЕ

Более подробную информацию вы найдете в брошюре «Расход масла и утечка масла».

2.7.4 РАСХОД МАСЛА В СИСТЕМЕ ПОРШЕНЬ-ПОРШНЕВОЕ КОЛЬЦО-ОТВЕРСТИЕ ЦИЛИНДРА

НОРМАЛЬНЫЙ ИЛИ ОБУСЛОВЛЕННЫЙ КОНСТРУКЦИЕЙ РАСХОД МАСЛА

Масло, поступающее через систему поршень-поршневое кольцо-отверстие цилиндра из картера в камеру сгорания, сгорает в ней, что в результате приводит к расходу масла. Ввиду особенностей конструкции двигателя внутреннего сгорания и уплотнительной системы поршень-поршневое кольцо-отверстие цилиндра, во время работы двигателя естественным образом возникает «обычный» расход масла.

Масло в виде тонкой масляной пленки (толщиной примерно 1–3 мкм) находится на стенке цилиндра и при движении поршня вниз во время такта рабочего хода подвергается сгоранию при высокой температуре. Каждый раз, во время такта рабочего хода, небольшое количество масла под действием горячих отработанных газов испаряется и даже сгорает, что в итоге и формирует

естественный расход масла, заметный при продолжительном периоде эксплуатации. Помимо этого, в результате изменения направления движения поршня в верхней мертвой точке и возникновения при этом сил инерции, с поршневых колец стряхивается определенное количество масла, которое также сгорает во время последующего такта рабочего хода.

ПОВЫШЕННЫЙ И ЧРЕЗМЕРНЫЙ РАСХОД МАСЛА

Чрезмерный расход масла, вызванный исключительно уплотнительной системой поршень-поршневое кольцо-отверстие цилиндра, всегда обусловлен причинами, которые первоначально не имеют прямого отношения к поршневым кольцам. Поршневые кольца хотя и участвуют в этом процессе, но не являются непосредственной причиной.

Причины чрезмерного расхода масла, вызванного нарушением уплотняющей функции поршневых колец:

- Износ колец (уменьшение значений радиальной и осевой толщины)
- Неправильно выполненное хонингование
- Абразивный износ под действием загрязнений (глава 2.6.4 «Загрязнения»)
- Овальные и/или некруглые цилиндры (см. также главу 2.3.5 «Геометрические характеристики и круглость отверстий цилиндров»)
- Износ поршней (кольцевых канавок) из-за попадания загрязнений и длительной эксплуатации
- Износ цилиндров (некруглости, шлифованные поверхности, деформации)
- Перекос поршней в результате изгиба шатунов (см. главу 2.6.1 «Перекас поршней»)
- Масло неверной спецификации
- Масло с большим сроком эксплуатации
- Полусухое трение, возникшее в результате избытка топлива в камере сгорания (см. главу 2.6.5 «Избыток топлива в камере сгорания»)
- Вибрация поршневых колец (см. главу 2.6.7 «Вибрация поршневого кольца»)
- Появление царапин на уплотнительных поверхностях (нижние поверхности поршневых канавок) в результате их неквалифицированной очистки
- Блокировка колец в кольцевых канавках в результате попадания загрязнений, появления масляного нагара или деформации колец (из-за неправильной установки)
- Отсутствие зазора до дна канавки из-за использования неподходящего кольца или образования нагара (масло неверной спецификации)
- Ошибочная комплектация колец, неправильная высота колец, неправильная радиальная толщина, неправильная форма (кольцо прямоугольного сечения в канавке трапецевидной формы и наоборот)
- Неверный монтаж маслосъемных поршневых колец (неправильная установка пружины-расширителя)

2.7.5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА МАСЛА (СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ)

Количество расходуемого масла определяется разными способами. Во время тестирования двигателя на испытательном стенде расход масла указывается в граммах на киловатт-час. Находящаяся в хорошем состоянии уплотнительная система обеспечивает расход масла в пределах от 0,5 до 1 г/кВт·ч. Данный вид показаний не подходит для практического применения, так как невозможно измерить ни расход масла с точностью до грамма, ни развиваемую двигателем мощность в процессе его эксплуатации.

По этой причине расход масла часто указывается в литрах на 1000 км или в процентах от расхода топлива. Последняя величина применяется чаще, так как она точнее значения в литрах на 1000 км. Причина этого состоит в том, что двигатели используются также и в стационарном варианте, а двигатели автомобилей часто долго работают холостую (пробки, ожидание на светофорах, погрузочные процессы, работа системы кондиционирования воздуха). К этому добавляются ситуации, когда двигатель должен продолжать работать с целью эксплуатации вспомогательных агрегатов, таких как краны-погрузчики или насосы, а сам автомобиль не проходит и километра.



2.7.6 КОГДА ИМЕЕТ МЕСТО ПОВЫШЕННЫЙ РАСХОД МАСЛА?

Мнения по поводу того, когда имеет место повышенный расход масла, в разных странах сильно расходятся. Широко распространено предположение, что двигатель не расходует или не должен расходовать масла, однако по приведенным выше причинам оно принципиально неверно.

Каждый производитель двигателей указывает ориентировочные или предельные значения расхода масла для каждого типа выпускаемых им двигателей. Если обнаруживается повышенный расход масла, необходимо запросить у соответствующего производителя двигателя ориентировочное или предельное значение расхода масла. В большинстве случаев информация о расходе масла приводится также в справочной документации и руководствах по эксплуатации.

Если производитель двигателя не предоставляет точных данных, то можно исходить из того, что расход масла у грузовых автомобилей составляет 0,25–0,5 % от действительного расхода топлива. У двигателей легковых автомобилей с меньшим рабочим объемом этот показатель может быть несколько ниже. В этом случае расход масла составляет 0,1–0,5 % от расхода топлива.

Дизельные двигатели расходуют больше моторного масла, чем бензиновые, что связано с принципом их работы. Двигателям с турбонагнетателем по причине необходимости смазывания турбонагнетателя требуется больше масла, чем двигателям без турбонагнетателя.

Очевидно, что после окончания периода обкатки двигатель имеет самый низкий показатель расхода масла, который постепенно увеличивается в процессе дальнейшей эксплуатации. Поэтому минимальные значения относятся скорее к новым двигателям, а максимальные – к тем двигателям, срок службы которых уже превысил 2/3 от ожидаемого. Невозможно ожидать, что после ремонта двигателей, у которых были заменены, например, только поршни или только поршневые кольца, показатель их расхода масла станет ниже максимального значения. Довольно часто наблюдается как раз обратное. Все детали двигателя изнашиваются в равной степени. Если заменить только 10 % деталей двигателя, то ожидаемое от частичной замены снижение расхода масла будет составлять в идеальном случае также только 10 %.



ПРИМЕР РАСЧЕТА ДЛЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Грузовой автомобиль расходует на 100 км пробега около 40 литров топлива.

Это значит, что на 1000 км пробега расходуются примерно 400 литров топлива.

- 0,25 % от 400 литров топлива составляют 1 литр расходуемого масла.
- 0,5 % от 400 литров топлива составляют 2 литра расходуемого масла.



ПРИМЕР РАСЧЕТА ДЛЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Легковой автомобиль расходует на 100 км пробега около 8 литров топлива.

Это значит, что на 1000 км пробега расходуются 80 литров топлива.

- 0,1 % от 80 литров топлива составляет 0,08 литра расходуемого масла.
- 0,5 % от 80 литров топлива составляют 0,4 литра расходуемого масла.

2.7.7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА МАСЛА И ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ

ПРИ ОЦЕНКЕ РАСХОДА МАСЛА НЕОБХОДИМО РАЗЛИЧАТЬ СЛЕДУЮЩИЕ СИТУАЦИИ:

НОРМАЛЬНЫЙ РАСХОД МАСЛА

Показатель расхода масла находится в пределах значений, указанных производителем или в предыдущей главе. Дефект или основание для рекламации отсутствует.

ПОВЫШЕННЫЙ РАСХОД МАСЛА

Расход масла грузового автомобиля превышает нормальный показатель, например, в два или три раза. У двигателей легковых автомобилей он составляет примерно 0,5–1 литр на 1000 км. Двигатель работает нормально, наличие признаков синего дыма из выхлопного тракта необязательно.

Случаи проявления

Автомобили с двигателями, срок службы которых уже превысил 2/3 от ожидаемого. Также новые и отремонтированные двигатели, которые находятся на стадии обкатки. Двигатели, работающие в неблагоприятных условиях (высокая температура окружающей среды, частые поездки на короткие расстояния, продолжительная работа на режиме холостого хода, эксплуатация автомобиля с прицепом и т. д.).

Меры по устранению

Необходимо регулярно проверять уровень и добавлять масло, чтобы не допускать снижения его уровня ниже минимальной отметки во время эксплуатации. Если необходимо, следует выяснить причину повышенного расхода масла. Причиной может являться не только сам двигатель, но и такие компоненты, как турбонагнетатель, механический топливный насос высокого давления и вакуумный насос, причем как по отдельности, так и все вместе. В некоторых случаях повышенный расход масла можно устранить путем проведения соответствующих ремонтных работ. Повреждение одного из компонентов, который вносит существенный вклад в расход масла, как правило, приводит к скачкообразному повышению расхода масла.

Подобные скачки расхода масла не происходят, однако, в результате обычного износа деталей. Нарушения процессов приготовления смеси или впрыска топлива, на которые указывает выхлоп черного цвета из выхлопного тракта, также вызывают повышенный расход масла в результате значительного повышения износа поршней и цилиндров, поэтому их необходимо обязательно устранять.



ЧРЕЗМЕРНЫЙ РАСХОД МАСЛА

В этом случае расход масла у легковых автомобилей составляет более 1,5 литров на 1000 км, а у большегрузных грузовых автомобилей – более 5 литров на 1000 км. Помимо заметного снижения уровня масла на щупе, наблюдается также выхлоп синего цвета (особенно после работы на режиме принудительного холостого хода). Постоянный долив масла приводит к существенным дополнительным расходам, что делает необходимым проведение тщательной инспекции и последующего ремонта.

Случаи проявления

Полностью изношенные двигатели и двигатели, отремонтированные некачественно или частично. Такие повреждения двигателя, как задиры на поршнях, разрушение поршней, повреждения головки блока цилиндров, а также повреждения турбоагнетателя или выход из строя других смазываемых маслом компонентов.



2.7.8 ПРАВИЛЬНАЯ ПРОВЕРКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ И РАСХОДА МАСЛА

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ МАСЛА

Часто уровень масла определяется неправильно, что приводит к неверному расчету действительного расхода масла. Для определения уровня масла автомобиль должен стоять на ровной поверхности, и после выключения двигателя необходимо подождать пять минут, чтобы масло полностью стекло обратно в масляный поддон. Щуп для контроля уровня масла необходимо вынуть и держать его наконечником вниз, чтобы не допустить обратного стока масла по щупу и искажения результата измерения.

Если масла действительно недостаточно, его медленно доливают небольшими порциями (по 0,1 литра). Если масло залить быстро и в большом количестве, то его уровень окажется слишком высоким. Это приведет к погружению коленчатого вала в масляную ванну и разбрызгиванию большого количества вспененного масла, которое в виде капель выносится в систему вентиляции картера двигателя. Поскольку система вентиляции картера подсоединена к впускному тракту, масло попадает в камеру сгорания и там сгорает.

При замене масла, его заливают в двигатель не сразу полностью в указанном количестве, а только до минимальной отметки. Затем двигатель запускают, чтобы давление масла достигло необходимого значения. После выключения двигателя следует подождать несколько минут, чтобы масло стекло обратно в масляный поддон. Только после этого уровень масла измеряют еще раз, а затем доливают его до максимальной отметки.

ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА МАСЛА В ДВИЖЕНИИ

- Правильно измерьте уровень масла и долейте его до максимальной отметки.
- Проехав примерно 1000 км, зафиксируйте расход топлива.
- Вновь измерьте уровень масла и долейте его до максимальной отметки. Добавленное количество и является показателем расхода масла на 1000 км.
- В качестве альтернативы используется также более точный метод: добавленное количество масла соотносят с количеством израсходованного топлива и сравнивают с приведенными выше контрольными значениями.
- Метод измерения путем слива масла и определения его объема до и после контрольной поездки не получил широкого распространения на практике. Поскольку искажения результатов, вызванные потерями масла из-за его скопления в различных полостях и каналах, не позволяют выполнить точное измерение.

КОЛИЧЕСТВО ДОЛИВАЕМОГО МАСЛА

Данные о количестве заливаемого при замене масла, указанные в справочной документации или руководстве по эксплуатации, следует рассматривать критически. Поскольку часто не делается различия между количеством масла, заливаемого при первом заполнении (в сухой, не содержащий масла двигатель) и количеством масла, требуемого при его замене (с заменой/без замены масляного фильтра).

Фактом является то, что при замене масла, определенное его количество остается в двигателе (маслопроводах, каналах, масляном теплообменнике, масляном насосе, вспомогательных механизмах и на поверхностях деталей). Если при замене масла залить количество, указанное для первого заполнения, уровень масла окажется слишком высоким. Однако может иметь место и обратный случай, когда указывают слишком малое для замены количество масла. В этом случае уровень масла после запуска двигателя окажется недостаточным. Если заливается неверное количество масла, а контроль его уровня не производится, очень часто это приводит к неверному выводу о якобы имеющемся расходе масла. В любом случае необходимо использовать масло надлежащей вязкости. Маловязкое (жидкое) масло расходуется быстрее, чем масло высокой вязкости. Используйте только предписанное масло, допущенное к применению производителем двигателя.

2.7.9 РЕКЛАМАЦИИ В СВЯЗИ С РАСХОДОМ МАСЛА И МЕРЫ ПО УСТРАНЕНИЮ

Рекламации по расходу масла должны приниматься только в том случае, если проводилось регулярное техническое обслуживание автомобиля и если всегда соблюдалась периодичность такого обслуживания. Кроме того, должны использоваться запасные части соответствующего качества и предписанное моторное масло. Увеличение расхода масла не происходит внезапно. Даже при повышенном расходе масла двигатель может продолжать безупречно работать. Пренебрежение периодичностью технического обслуживания и связанный с этим повышенный износ часто встречаются только у автомобилей более старых моделей.

Средства, сэкономленные на техническом обслуживании двигателя, приходится затем тратить на ремонт, вызванный повышенным расходом масла.

Успех ремонтных работ по устранению чрезмерного расхода масла в значительной степени зависит от затрат времени и материалов. Тем самым сам владелец автомобиля или ремонтное предприятие определяет, насколько ремонт будет успешным. Однако очевидно одно: путем установки новых поршневых колец можно на некоторое время продлить срок эксплуатации изношенного двигателя, но невозможно добиться снижения расхода масла.



ПЕРЕДАЧА НОУ-ХАУ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ ОТ ЭКСПЕРТА

КУРСЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ВСЕМУ МИРУ

Напрямую от изготовителя

Ежегодно около 4 500 механиков и техников приобретают новые знания на наших курсах обучения и семинарах, которые мы проводим как на местах, в различных странах мира, так и в наших учебных центрах, расположенных в Нойенштадте, Дормагене и Тамме (Германия).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Практические навыки для практического применения

Благодаря нашим Product Information, Service Information, техническим брошюрам и плакатам Вы всегда будете идти в ногу со временем.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ВИДЕОФИЛЬМЫ

Передача знаний по видео

Наши видеофильмы содержат проверенные на практике инструкции по монтажу и системные пояснения к нашим продуктам.



ПРОДУКТЫ В ФОКУСЕ ВНИМАНИЯ ОНЛАЙН

Наглядное описание наших решений

Вы узнаете много интересного о наших продуктах, установленных внутри двигателя и вокруг него, благодаря интерактивным элементам, анимации и видеороликам.

ВИРТУАЛЬНЫЙ МАГАЗИН

Ваш прямой доступ к нашим продуктам

Оформление заказов круглосуточно. Быстрый контроль наличия. Обширный поиск продуктов по двигателю, транспортному средству, размерам и т. д.

НОВОСТИ

Регулярно рассылаемая по e-mail информация

Подпишитесь онлайн на наш бюллетень, и Вы будете регулярно и бесплатно получать информацию о новых продуктах в программе, технические издания и многое другое.

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Специально для наших заказчиков

Подробная информация и сервис из нашего обширного спектра услуг, например: индивидуализированные материалы для содействия сбыту, поддержка сбыта, техническая поддержка и многое другое.



ТЕХНИПЕДИЯ

Техническая информация, связанная с двигателями

В нашей технпедии мы поделимся с Вами своими ноу-хау. Здесь Вы найдете специальные знания напрямую от эксперта.

ПРИЛОЖЕНИЕ MOTORSERVICE

Мобильный доступ к техническому ноу-хау

Здесь Вы быстро и просто получите самую актуальную информацию и услуги по нашим продуктам.

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ

Всегда в курсе





HEADQUARTERS:

MS Motorservice International GmbH

Wilhelm-Maybach-Straße 14–18

74196 Neuenstadt, Germany

www.ms-motorservice.com



www.ms-motorservice.com

© MS Motorservice International GmbH – 50 003 98-09 – RU – 06/18 (062018)