MOTORSERVICE

Повреждения поршней – как выявить и устранить их

SERVICE
TIPS & INFOS

KOLBENSCHMIDT

Motorservice Gruppe.

Качество и сервис из одних рук.

Группа Motorservice – это организация по сбыту продукции концерна KSPG (Kolbenschmidt Pierburg), активно действующая на мировом рынке обслуживания автомобилей. Она является ведущей фирмой, предлагающей компоненты двигателей для свободного рынка запасных частей высококачественных марок KOLBENSCHMIDT, PIERBURG, BF и TRW Engine Components. Широкий и всеобъемлющий ассортимент позволяет клиентам приобретать детали двигателей из одних рук. Для решения задач торговых предприятий и мастерских она, являясь дочерней фирмой крупного поставщика автомобильной промышленности, обеспечивает, кроме того, обширный набор услуг и техническую компетенцию.

KSPG (Kolbenschmidt Pierburg).

Пользующийся хорошей репутацией поставщик международной автомобильной промышленности.

В качестве многолетних партнёров производителей транспортных средств предприятия группы KSPG обладают признанной компетентностью в разработке новаторских компонентов и системных решений для снабжения воздухом и уменьшения содержания вредных веществ, а также применительно к масляным, водяным и вакуумным насосам, поршням, блокам цилиндров двигателей и подшипникам скольжения. Продукты удовлетворяют высоким требованиям и стандартам качества автомобильной промышленности. Низкий уровень выброса вредных веществ, экономное потребление топлива, надёжность, качество и безопасность являются определяющими стимулами новаторских решений KSPG.

KOLBENSCHMIDT PIERBURG BF GERMANY TRW EngineComponents

4-е издание 10.2014 г.
Тов. № изделия 50 003 973-09
ISBN 978-3-86522-495-8

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 недоставать 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.

Оглавление		Стр.
1	Введение	4
2	Быстрая диагностика	5
3.1	Задиры из-за недостаточного зазора	10
3.2	Задиры от работы всухую	16
3.3	Задиры от перегрева	24
3.4	Нарушения режима сгорания	27
3.5	Изломы поршней и поршневых колец	46
3.6	Изломы поршневых пальцев	52
3.7	Повреждения на стопорах поршневых пальцев	54
3.8	Задиры в бобышках поршня	58
3.9	Стук поршня	62
3.10	Цилиндры и гильзы цилиндров	64
3.11	Чрезмерный расход масла	76
4	Глоссарий	86

1 Введение

Тема

Данная брошюра позволит ознакомиться с различными повреждениями поршней, рабочих поверхностей цилиндров и гильз цилиндров. Специалисту она поможет в проведении диагностики и выявлении причин, а неспециалист приобретет благодаря ей базовые знания.

Чтобы определить не всегда однозначные причины повреждений, при оценке повреждений двигателей требуется целостный подход. Довольно часто после ремонта двигателя появляются новые неисправности, потому что хотя и были заменены поврежденные детали, но не были устранены причины повреждений. При описании повреждения специалисту предоставляют лишь одну-единственную дефектную деталь, не упоминая срока службы или масштаб повреждения. В таком случае, однако, диагностика может быть только общей, а не специфической для данного повреждения.

Вспомогательная информация

Повреждения не всегда легко определяются. Часто трудно распознать повреждения особенно на фотографиях. Поэтому каждый вид повреждения дополнен пиктограммой повреждения (рис. 1). Пиктограммы помогают точнее распознать повреждения на фотографиях. При этом не изображается соответствующее повреждение в масштабе 1:1, а приводятся примеры частично с дополнительной информацией. Повреждения с характерными признаками, которые проявляются в различных местах или на различных деталях, описываются с использованием нескольких пиктограмм.

В приложении к брошюре приведен глоссарий, в котором поясняются наиболее важные специальные термины.

Рис. 1

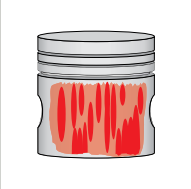
Задиры из-за недостаточного зазора	**10**
Задиры из-за недостаточного зазора на юбке поршня	11
Задиры под углом 45°	12
Задиры из-за недостаточного зазора в нижней части юбки поршня	
Задиры от работы всухую	**16**
Задиры от работы всухую на юбке поршня	17
Односторонний задир на юбке поршня	18
Места трения от работы всухую из-за избытка топлива в камере сгорания	20
Задиры на головке поршня дизельных двигателей	21
Задиры от работы всухую из-за прижогов на поршневых кольцах	22
Задиры от перегрева	**24**
Задиры от перегрева в основном на головке поршня	25
Задиры от перегрева в основном на юбке поршня	26
Нарушения режима сгорания	**27**
Прогары на головке и юбке поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси)	31
Прогары и отложения на головке поршня (дизельный двигатель)	32
Трещины в днище и в углублениях днища поршня (дизельный двигатель)	34
Поломки перемычек между канавками колец	36
Следы ударов на головке поршня (дизельный двигатель)	38
Дыра в днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси)	40
Задиры на головке поршня в результате использования неподходящих поршней (дизельный двигатель)	42
Эрозия на жаровом поясе и на днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси)	44
Изломы поршней и поршневых колец	**46**
Излом поршня в бобышке поршня	47
Излом поршня в результате сталкивания днища поршня с головкой блока цилиндров	48
Эрозия материала в области поршневых колец (излом поршневого кольца)	50
Изломы поршневых пальцев	**52**
Поломка поршневого пальца	53
Повреждения на стопорах поршневых пальцев	**54**
Повреждения поршней из-за поломанных стопоров поршневых пальцев	55
Задиры в бобышках поршня	**58**
Задиры в бобышках поршня (поршневой палец с плавающей опорой)	59
Задиры в бобышках поршня (шатун горячего прессования)	60
Задиры в бобышках поршня (с задирами на юбке поршня)	61
Стук поршня	**62**
Радиальные места ударов на жаровом поясе	63
Цилиндры и гильзы цилиндров	**64**
Продольные трещины гильз цилиндров	65
Отломавшийся буртик гильзы цилиндра	66
Кавитация на гильзах цилиндров	68
Неравномерный износ рабочей поверхности	70
Блестящие места в верхней части рабочей поверхности	72
Трещина гильзы цилиндра из-за гидравлического удара	74
Чрезмерный расход масла	**76**
Маслосъемное поршневое кольцо: дефект монтажа	77
Износ по причине загрязнений	78
Износ из-за избытка топлива в камере сгорания	80
Износ поршневых колец вскоре после ремонта двигателя	82
Несимметричное пятно контакта поршня	84

Volkswagen Technical Site: http://vwts.ru http://volkswagen.msk.ru http://vwts.info
огромный архив документации по автомобилям Volkswagen, Skoda, Seat, Audi

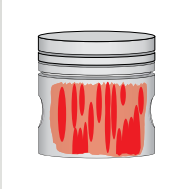
Повреждения юбки поршня

Задиры из-за недостаточного зазора на юбке поршня **11**

Задиры под углом 45° **12**

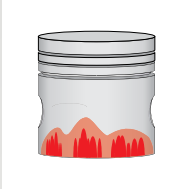


Односторонний задир на юбке поршня **18**



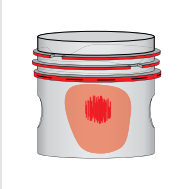
Задиры от перегрева в основном на юбке поршня **26**

Задиры от работы всухую на юбке поршня **17**



Задиры из-за недостаточного зазора в нижней части юбки поршня **14**

Места истирания от работы всухую из-за избытка топлива в камере сгорания **20**

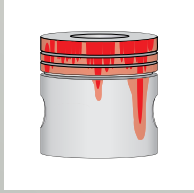


Износ поршней, поршневых колец и цилиндров из-за избытка топлива в камере сгорания **80**

Задиры на головке поршня

Задиры на головке поршня дизельных двигателей **21**

Задиры на головке поршня в результате использования неподходящих поршней (дизельный двигатель) **42**



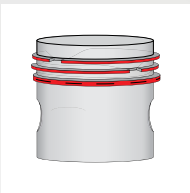
Задиры от перегрева в основном на головке поршня **25**

Задиры от работы всухую из-за прижогов на поршневых кольцах **22**

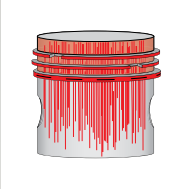
Повреждения поршневых колец

Задиры от работы всухую из-за прижогов на поршневых кольцах **22**

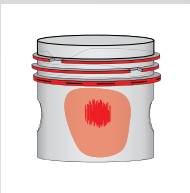
Маслосъемное поршневое кольцо: дефект монтажа **77**



Износ поршневых колец вскоре после ремонта двигателя **82**



Износ поршней, поршневых колец и рабочей поверхности цилиндра по причине загрязнений **78**



Износ поршней, поршневых колец и цилиндров из-за избытка топлива в камере сгорания **80**

Прочие повреждения в области поршневых колец и юбки поршня

Поломки перемычек между канавками колец **36**

Повреждения поршней из-за поломанных стопоров поршневых пальцев **55**

Несимметричное пятно контакта поршня **84**

Эрозия материала в области поршневых колец (излом поршневого кольца) **50**

Радиальные места ударов на жаровом поясе **63**

Повреждение, связанное с расходом масла

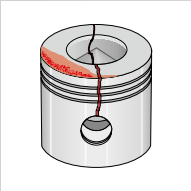
Повреждения головки поршня

Прогары на головке и юбке поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси) **31**

Прогары и отложения на головке поршня (дизельный двигатель) **32**

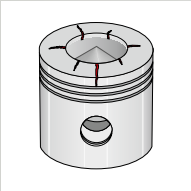
Дыра в днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси) **40**

Эрозия на жаровом поясе и на днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси) **44**

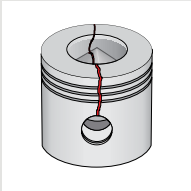


Излом поршня в результате сталкивания днища поршня с головкой блока цилиндров **48**

Следы ударов на головке поршня (дизельный двигатель) **38**

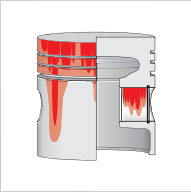


Трещины в днище и в углублениях днища поршня (дизельный двигатель) **34**



Излом поршня в бобышке поршня **47**

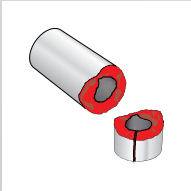
Задиры на поршневых пальцах и изломы поршневых пальцев



Задиры в бобышках поршня (с задирами на юбке поршня) **61**

Задиры в бобышках поршня (поршневой палец с плавающей опорой) **59**

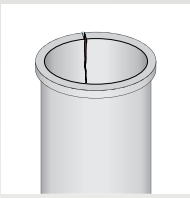
Задиры в бобышках поршня (шатун горячего прессования) **60**



Поломка поршневого пальца **53**

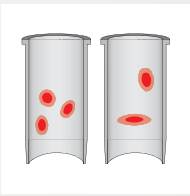
Повреждения гильз и отверстий цилиндров

Отломавшийся буртик гильзы цилиндра 66

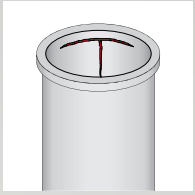


Продольные трещины гильзы цилиндра 65

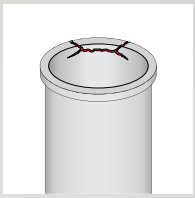
Кавитация на гильзах цилиндров 68



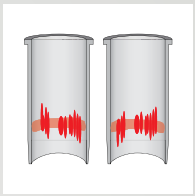
Неравномерный износ рабочей поверхности 70



Отломавшийся буртик гильзы цилиндра (предварительная ступень) 66



Трещина гильзы цилиндра из-за гидравлического удара 65



Задиры из-за недостаточного зазора в нижней части юбки поршня 68

Блестящие места в верхней части рабочей поверхности 70

Повреждение, связанное с расходом масла

3.1 Задиры из-за недостаточного зазора

3.1.1 Общая информация о задирах из-за недостаточного зазора

Зазор между поршнем и цилиндром может недопустимо сузиться почти до полного отсутствия при неправильных размерах движущихся деталей, при перекосе цилиндров или же при термической перегрузке.
Во время эксплуатации температура поршня намного выше, в результате чего он подвергается более сильному тепловому расширению, чем смежный цилиндр. Кроме того, ввиду высокого коэффициента теплового расширения алюминия поршень расширяется почти в два раза сильнее цилиндра, изготавливаемого, как правило, из серого чугуна. Оба этих фактора должны учитываться в конструкции.

При уменьшающемся зазоре между поршнем и цилиндром сначала возникает полусухое трение, потому что масляная пленка на стенке цилиндра вытесняется расширяющимся поршнем. В результате этого несущие поверхности на юбке поршня стираются до сильного блеска. Из-за полусухого трения и возникающего тепла трения повышается температура деталей. При этом поршень оказывает всё большее давление на стенку цилиндра, и в конечном итоге масляная пленка полностью исчезает. Поршень начинает работать всухую. В результате этого появляются первые места трения с гладкой, темной поверхностью.

Характерные признаки задира из-за недостаточного зазора:
- Имеются места нажима с сильным блеском, переходящие в гладкие, темные места трения.
- Задиры имеются как на нагруженной стороне, так и на ненагруженной стороне.

3.1.2 Задиры из-за недостаточного зазора на юбке поршня

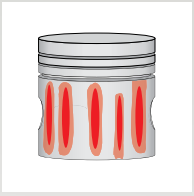


Рис. 1

Описание повреждения

- Несколько похожих задиров на поверхности юбки поршня.
- Задиры на нагруженной и ненагруженной сторонах юбки поршня, т. е. наличие задиров на одной стороне поршня и соответствующих задиров на противоположной стороне.
- Поверхность с переходом от мест нажима с сильным блеском к темным, гладким местам трения.
- Зона колец без повреждений.

Оценка повреждения

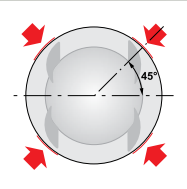
Зазор между юбкой поршня и рабочей поверхностью цилиндра либо был слишком малого размера, либо сузился в результате перекосов, возникших, вероятно, в процессе работы двигателя.

Указание:
В отличие от задира от работы всухую задир из-за недостаточного зазора всегда возникает по истечении короткого времени эксплуатации после ремонта двигателя.

Возможные причины

- Слишком малое отверстие цилиндра.
- Слишком сильная или неравномерная затяжка головки блока цилиндров (перекос цилиндра).
- Неровные торцевые поверхности на блоке цилиндров или на головке блока цилиндров.
- Загрязненные или поврежденные резьбовые отверстия или болты головки блока цилиндров.
- Поверхности прилегания головок болтов имеют задиры или неравномерно смазаны.
- Неправильные или неподходящие уплотнения головки блока цилиндров.
- Перекосы цилиндров в результате неравномерного нагрева из-за отложений извести, загрязнения или других неисправностей системы охлаждения.

3.1.3 Задиры под углом 45°



Описание повреждения

- Задиры на нагруженной и ненагруженной сторонах со смещением под углом ок. 45° относительно оси поршневого пальца.
- Задиры имеют поверхность с переходом от мест нажима с сильным блеском к темным, относительно гладким местам истирания (рис. 1).
- Поршневой палец имеет синий цвет побежалости (рис. 3). Причина: повышение температуры подшипника поршневого пальца в результате недостаточного зазора или нехватки масла.

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

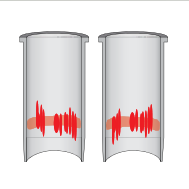
Оценка повреждения

Бобышка поршня чрезмерно сильно нагрелась. Тонкостенная и эластичная юбка поршня может компенсировать повышенное тепловое расширение на нагруженной и ненагруженной сторонах. Бобышка поршня с более толстыми стенками расширяется сильнее. Возникает сужение зазора и образуется задир на поршне. Основная часть задира на поршне расположена в месте сопряжения бобышки поршня и юбки поршня.

Возможные причины

- Чрезмерная механическая нагрузка на опору шатуна, например, из-за нарушений режима сгорания.
- Неисправность/поломка форсунки для распыления масла.
- Недостаточное или отсутствующее давление масляного насоса.
- Недостаток смазки при первом запуске двигателя. Отсутствие смазки или недостаточная смазка поршневого пальца при сборке.
- Выход из строя втулки нижней головки шатуна (заедание поршневого пальца) в результате недостаточного зазора или нехватки смазки.
- **Дефект монтажа при горячей посадке поршневого пальца (шатун горячего прессования).**
  При горячей посадке необходимо следить за тем, чтобы непосредственно после установки поршневого пальца подшипник пальца не был подвергнут контролю свободного хода путем качательных движений поршня. Непосредственно после установки холодного поршневого пальца в горячий шатун происходит выравнивание температур обеих деталей. Под влиянием тепла усиливается тепловое расширение поршневого пальца как при работе двигателя. Если подшипник в этом состоянии перемещают, может возникнуть место трения или задир. При работе двигателя это может привести к тяжелому ходу и неисправности подшипника пальца. По этой причине смонтированным деталям нужно дать остыть, прежде чем проводить контроль свободного хода.

3.1.4 Задиры из-за недостаточного зазора в нижней части юбки поршня



Описание повреждения

- Задиры из-за недостаточного зазора с местами нажима на одной стороне и на противоположной стороне на нижних концах юбки поршня.
- Переход от мест нажима с сильным блеском к гладким, темным местам трения (рис. 1).
- Отсутствие особых признаков на других частях поршня.
- Задиры на гильзе цилиндра в области нижних колец круглого сечения (рис. 2).

Рис. 1

Рис. 2

Оценка повреждения

Задир на нижней кромке юбки поршня возник в результате деформации/сужения зазора в нижней части гильзы цилиндра.

Возможные причины

- Неподходящие уплотнительные кольца: слишком толстые уплотнительные кольца могут привести к деформации гильзы цилиндра и уменьшению рабочего зазора поршня.
- Использование дополнительных жидких уплотнительных средств в канавке под уплотнительное кольцо. С целью уплотнения требуется гибкое изменение формы уплотнительных колец. Необходимое для этого свободное пространство в канавке нельзя заполнять дополнительными уплотнительными средствами.
- Перед монтажом не были удалены сохранившиеся остатки уплотнительных колец или загрязнения из канавок под уплотнительные кольца.
- Если при введении гильзы цилиндра уплотнительные кольца перекашиваются или выскальзывают из канавок под уплотнительные кольца, то гильза цилиндра в этой области зажимается. Чтобы избежать этого, при монтаже гильзы цилиндра всегда необходимо использовать средство скольжения.

3.2.1 Общая информация о задирах от работы всухую

Задиры от работы всухую могут возникнуть всегда, т. е. и при достаточном зазоре между цилиндром и поршнем. При этом масляная пленка прерывается, часто лишь в отдельных местах, из-за высокой температуры или избытка топлива в камере сгорания. В этих местах появляется трение несмазанных поверхностей поршня, поршневых колец и рабочей поверхности цилиндра, что за очень короткое время может привести к задирам с сильно истертой поверхностью. Подобные явления случаются, если между поршнем и цилиндром из-за нехватки масла образуется смазочная пленка недостаточной толщины.

Характерные признаки задира от работы всухую:

При полностью разрушенной масляной пленке:
Полностью узко ограниченные задиры, в основном на юбке поршня, с сильно истертой поверхностью темного цвета.

При нехватке масла:
За исключением цвета поверхности, признаки идентичны вышеописанным. Поверхность задиров имеет почти металлический блеск и не окрашена в темный цвет. Поскольку нехватка масла касается всей поверхности цилиндра, задиры на поршне часто наблюдаются еще в начальной стадии как на нагруженной стороне, так и на ненагруженной стороне.

3.2.2 Задиры от работы всухую на юбке поршня

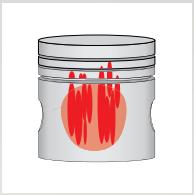


Рис. 1

Описание повреждения

- Задиры на юбке поршня на нагруженной стороне, частично распространяющиеся до области поршневых колец.
- Незначительные задиры на ненагруженной стороне.
- Поверхность задиров светлая и имеет почти металлический блеск.

Оценка повреждения

Между поршнем и отверстием цилиндра наблюдалась значительная нехватка смазки. Поверхность задиров с почти металлическим блеском показывает, что в процессе образования задира масляная пленка еще имелась, но была уже очень тонкой. В связи с незначительным повреждением речь здесь идет о временной нехватке масла или о повреждении в начальной стадии. Дальнейшая эксплуатация двигателя привела бы к увеличению масштаба повреждения.

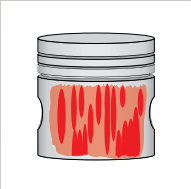
Указание:
При таком виде задира от работы всухую место повреждения всегда находится в той части юбки поршня, где при работе неповрежденного поршня поверхность имеет обычное пятно контакта.

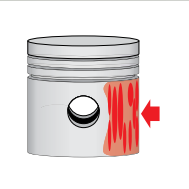
Возможные причины

Недостаток смазки по следующим причинам:

- Слишком мало моторного масла.
- Слишком низкое давление масла в двигателе (масляный насос, предохранительный клапан и т. д.). В местах установки подшипников коленчатого вала выступает слишком мало масла. Рабочая поверхность цилиндра, смазываемая в результате разбрызгивания масла от коленчатого вала, снабжается недостаточным количеством масла.
- Неисправность форсунки для распыления масла с целью охлаждения поршня.

3.2.3 Односторонний задир на юбке поршня без мест нажима на противоположной стороне





Описание повреждения

- Значительные задиры темного цвета с сильно истертой поверхностью на нагруженной стороне поршня.
- Противоположная сторона юбки поршня без повреждений.
- Область поршневых колец в начальной стадии, как правило, без повреждений.

Рис. 1

Рис. 2

Оценка повреждения

Здесь речь идет о типичном задире от работы всухую, который встречается в основном на нагруженной стороне, реже на ненагруженной стороне. Повреждение возникает в том случае, если смазочная пленка прерывается только на одной половине цилиндра. Причина заключается в локальной нехватке масла или в перегреве соответствующей стороны цилиндра. Недостаточный зазор не может быть причиной повреждения, поскольку несмотря на сильные задиры на противоположной стороне отсутствуют места нажима.

Возможные причины

- Частичное нарушение охлаждения из-за нехватки охлаждающего средства, воздушных пузырей, отложений грязи или прочих неисправностей охлаждающего контура.
- В цилиндрах с ребрами может возникнуть локальный перегрев из-за отложений грязи снаружи, в результате чего возможно прерывание масляной пленки.
- В двигателях с воздушным охлаждением: дефектные, отсутствующие или неправильно установленные спойлеры.
- Неисправность форсунки для распыления масла с целью охлаждения поршня.
- Слишком низкое давление масла: недостаточное количество смазки на нагруженной стороне цилиндра при использовании шатунов с форсунками для распыления масла.
- Недостаток смазки на более нагруженной стороне цилиндра из-за разбавления масла или использования масла, качество которого не подходит для предусмотренной цели применения.

3.2.4 Места трения от работы всухую из-за избытка топлива в камере сгорания

Рис. 1

Описание повреждения

- Узкие, продолговатые места трения с отчетливыми границами на юбке поршня там, где обычно находится пятно контакта поршня.

Оценка повреждения

Несгоревшее топливо конденсируется на рабочей поверхности цилиндра, разбавляя или смывая несущую масляную пленку. Это приводит к работе всухую таких сопряженных скользящих частей, как поршень и цилиндр, что вызывает образование узких, длинных мест трения. Область поршневых колец остается, как правило, без повреждений.

Указание:
Повреждение выражается в наличии мест истирания от избытка топлива в точках опоры юбки поршня. При работе неповрежденного поршня поверхность в этих местах имеет обычное пятно контакта.

Возможные причины

- Работа двигателя на переобогащенной смеси и нарушения режима сгорания из-за ошибок в приготовлении смеси или в системе зажигания.
- Неполное сгорание в результате недостаточного сжатия.
- Пусковое устройство холодного двигателя неисправно или слишком долго работает (карбюраторный двигатель).
- Разбавление масла из-за частых поездок на короткие расстояния или из-за переобогащения.

3.2.5 Задиры на головке поршня дизельных двигателей

Рис. 1

Описание повреждения

- Отдельные задиры, преимущественно на жаровом поясе.
- Поверхность задиров имеет шероховатости и места трения, отчасти вырваны большие куски материала.

Оценка повреждения

Из-за дефекта впрыскивающей форсунки нераспыленное топливо разбрызгивалось до стенки цилиндра и ослабляло там действие масляной пленки вплоть до работы полностью всухую. В результате этого на жаровом поясе образовалось так много задиров, что произошло его временное сваривание со стенкой цилиндра. По причине подобного сваривания из головки поршня были вырваны куски.

Возможные причины

- Негерметичные, подтекающие, загрязненные или неподходящие впрыскивающие форсунки.
- Заклинивание иглы форсунки из-за перекоса корпуса впрыскивающей форсунки (неверный момент затяжки).
- Неверный момент начала впрыска (начало подачи).

3.2.6 Задиры от работы всухую из-за прижогов на поршневых кольцах

Описание повреждения

- Задиры и прижоги на рабочих поверхностях поршневых колец (рис. 1 и 2).
- Отверстия цилиндров (не указаны на снимках) имеют продольные риски.
- В начальной стадии: первые места трения на жаровом поясе (рис. 3 – справа вверху).
- В следующей стадии: распространение мест истирания по всему поршню (рис. 4).

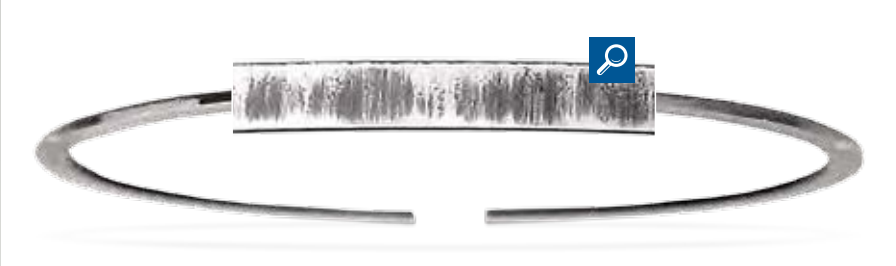


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Оценка повреждения

Такие повреждения появляются преимущественно во время фазы приработки под большой нагрузкой, когда поршневые кольца из-за недостаточной приработки еще не обеспечивают уплотнения в полном объеме (в основном на поршнях дизельных двигателей). Протекающие мимо поршневых колец отработавшие газы чрезмерно нагревают поршневые кольца и стенку цилиндра, вызывая прерывание масляной пленки.
Но и нарушения режима сгорания и повышенная температура или недостаточное охлаждение поршня и стенки цилиндра могут отрицательно повлиять на смазочную пленку или разрушить ее. Это означает работу поршневых колец всухую, вследствие чего появляются прижоги. Поршень перемещается также по несмазанным поверхностям цилиндра, что приводит сначала к появлению мест трения на жаровом поясе, а в дальнейшем — к задирам по всей юбке поршня (рис. 4).

Возможные причины

- Чрезмерная нагрузка на двигатель во время фазы приработки.
- Структура обработанной хонингованием поверхности цилиндра не была оптимальной для хорошего налипания моторного масла (сжатие графитовых жилок, образование металлической прослойки, слишком низкая шероховатость и/или неверный угол хонингования).
- Неподходящее смазочное масло (не то качество и не та вязкость масла).
- Слишком высокая температура рабочих поверхностей цилиндра (неисправность системы охлаждения или отложения в охлаждающих каналах вокруг цилиндра).
- Нарушения режима сгорания и в результате этого повышенная температура во время сгорания (обедненная смесь, калильное зажигание, подтекающие или негерметичные впрыскивающие форсунки).
- Недостаточное снабжение маслом рабочих поверхностей цилиндров из-за малого количества разбрызгиваемого масла от подшипников шатунов и коленчатого вала.

3.3 Задиры от перегрева

3.3.1 Общая информация о задирах от перегрева

При наличии задира от перегрева масляная пленка прерывается из-за слишком высокой температуры. Сначала появляются полусухое трение и отдельные места трения. В дальнейшем поршень в цилиндре работает полностью всухую из-за дополнительного нагрева в местах трения. Задиры имеют темный цвет и места сильного трения. В зависимости от причины повреждения задир от перегрева начинается либо на юбке поршня, либо на головке поршня.

Рис. 1

3.3.2 Задиры от перегрева в основном на головке поршня

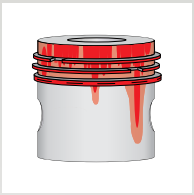


Рис. 1

Описание повреждения

- Сильные задиры, начинающиеся с головки поршня и заканчивающиеся в направлении конца юбки.
- Задиры по всей головке поршня.
- Поверхность задиров имеет темный цвет, большое количество рисок и отдельные вырванные куски.
- Задиры на рабочих поверхностях поршневых колец, причем они несколько слабее в направлении маслосъемного поршневого кольца.

Оценка повреждения

Из-за очень высокой термической нагрузки головка поршня сильно разогрелась, что привело к уменьшению зазора и разрушению масляной пленки. В результате этого вокруг головки поршня образовались как задиры из-за недостаточного зазора, так и задиры от работы всухую. Общая нехватка зазора из-за недостаточного зазора при монтаже поршня не может считаться причиной повреждения, поскольку в этом случае исходная точка повреждения находилась бы в области юбки (см. главу «Задиры из-за недостаточного зазора на юбке поршня»).

Возможные причины

- Длительная, высокая нагрузка на двигатель во время фазы приработки.
- Перегрев в результате нарушения процесса сгорания.
- Неисправности в системе охлаждения двигателя.
- Нарушения в снабжении маслом (поршни с масляным охлаждением или с охлаждающим каналом).
- Изогнутые или неисправные форсунки для распыления масла, которые охлаждают поршень снизу маслом в недостаточной степени.
- Неподходящие уплотнительные кольца на буртиках мокрых гильз цилиндров (см. главу «Кавитация на гильзах цилиндров»).

3.3.3 Задиры от перегрева в основном на юбке поршня

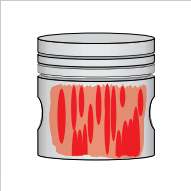


Рис. 1

Описание повреждения

- Задиры на юбке поршня с обеих сторон.
- Поверхность задиров имеет темный цвет, шероховатости и места сильного трения.
- Область поршневых колец имеет, как правило, лишь незначительные повреждения или остается без повреждений.

Оценка повреждения

Из-за сильного перегрева двигателя прервалась смазка на рабочей поверхности цилиндра. Это привело к образованию задира от работы всухую с сильно истертой поверхностью на юбке поршня.

Повреждение затрагивает область юбки, задиры в области головки поршня отсутствуют. Поэтому можно исключить перегрузку двигателя из-за нарушений режима сгорания.

Возможные причины

- Перегрев двигателя из-за следующих неисправностей в системе охлаждения:
  - нехватка охлаждающего средства,
  - загрязнения,
  - неисправный водяной насос,
  - неисправный термостат,
  - порванный или проскальзывающий клиновой ремень,
  - недостаточное удаление воздуха из систем охлаждения.
- В двигателях с воздушным охлаждением: перегрев из-за отложений грязи на наружных сторонах цилиндра, отломанные ребра охлаждения, отсутствие или нарушение вентиляции охлаждающего воздуха.

3.4.1 Общая информация о повреждениях поршня из-за нарушений режима сгорания

Нарушения режима сгорания в двигателях с принудительным воспламенением смеси
Сгорание топливо-воздушной смеси в цилиндре осуществляется в точно заданном порядке. Оно начинается от искры свечи зажигания незадолго до достижения верхней мертвой точки. Пламя распространяется в виде круга от свечи зажигания и проходит камеру сгорания с постоянно растущей скоростью сгорания от 5 до 30 м/с. В результате этого давление в камере сгорания резко поднимается и достигает максимального значения сразу после достижения верхней мертвой точки. Этот обычный процесс сгорания может, однако, быть нарушен под воздействием различных факторов. Ниже описываются три случая нарушения режима сгорания:

1. **Калильное зажигание (самопроизвольное воспламенение):**
   приводит к термической перегрузке поршня.
2. **Детонационное сгорание:**
   приводит к эрозионному съему материала и механической перегрузке на поршнях и кривошипно-шатунном механизме.
3. **Избыток топлива в камере сгорания**
   приводит к износу с повышенным расходом масла и образованию задиров на поршне.

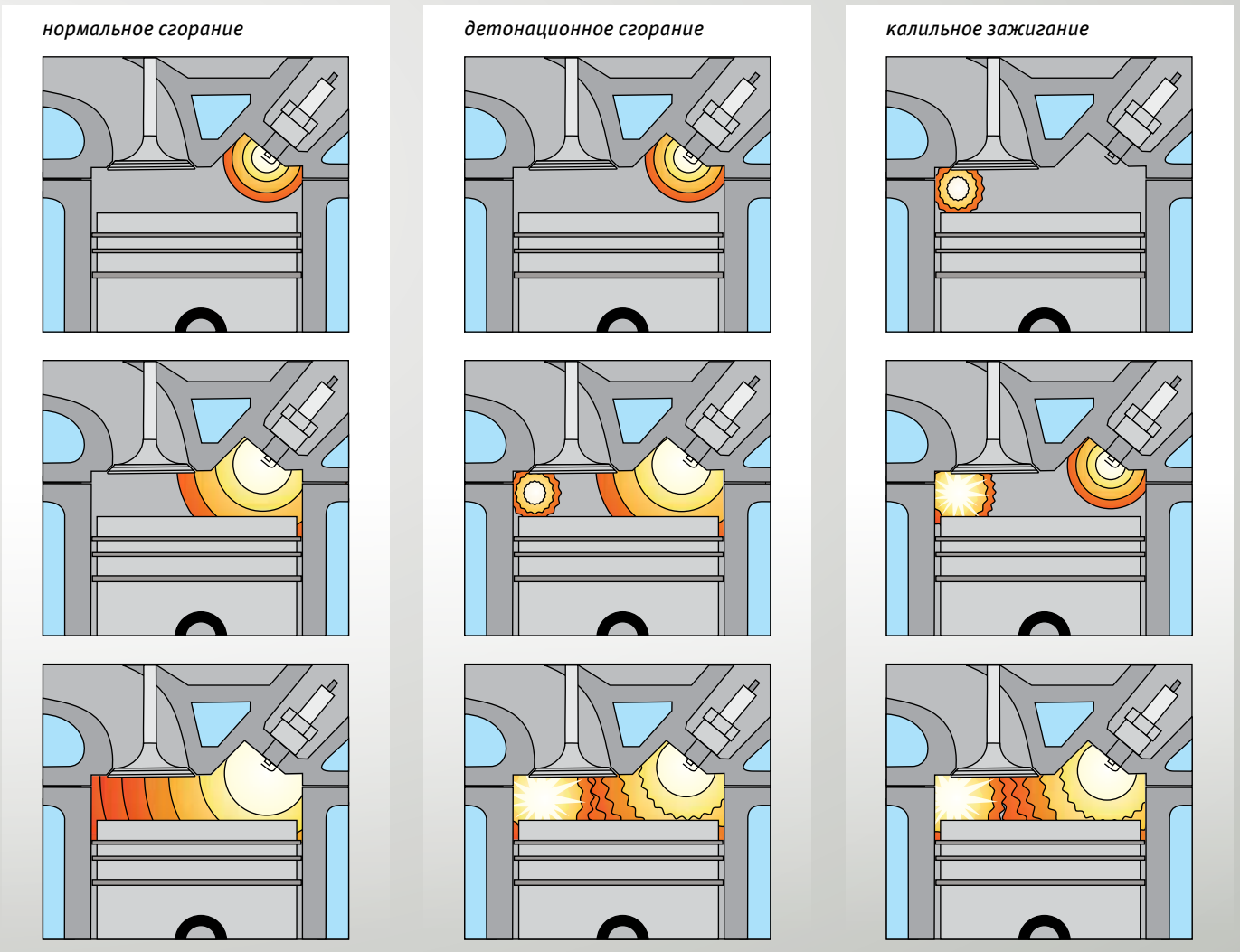


Рис. 1

3.4 Нарушения режима сгорания

К пункту 1. Калильное зажигание (самопроизвольное воспламенение):
При калильном зажигании процесс сгорания начинается от находящейся в камере сгорания раскаленной детали еще до наступления момента зажигания. Это могут быть горячий выпускной клапан, свеча зажигания, уплотнительные детали и отложения на этих деталях, а также поверхности, расположенные вокруг камеры сгорания. Пламя бесконтрольно воздействует на детали, в результате чего температура днища поршня очень сильно повышается, достигая при продолжающемся калильном зажигании уже в течение нескольких секунд точки плавления материала поршня.

В двигателях с камерами сгорания, имеющими полусферическую форму, это приводит к дырам в днище поршня, возникающим большей частью в продолжении оси свечи зажигания.
В камерах сгорания с большими поверхностями сжимания между днищем поршня и головкой блока цилиндров жаровой пояс плавится преимущественно в области поверхностей сжимания (см. глоссарий), в точке с наибольшей нагрузкой, что часто доходит до маслосъемного поршневого кольца и до внутренней части поршня.

Детонационное сгорание, приводящее к высокой температуре поверхностей отдельных деталей камеры сгорания, также может вызвать калильное зажигание.

К пункту 2. Детонационное сгорание:
При детонационном сгорании зажигание начинается, как обычно, от искры свечи зажигания. Распространяющийся от свечи зажигания фронт пламени создает ударную волну, вызывающую в несгоревшем газе критические реакции. В связи с этим в смеси остаточного газа во многих местах одновременно возникает самовоспламенение, из-за чего скорость сгорания возрастает в 10–15 раз. Рост давления на градус угла поворота коленчатого вала и пиковые значения давления существенно повышаются. Помимо этого во время рабочего хода возникают колебания давления очень высокой частоты. Кроме того, поверхности, расположенные вокруг камеры сгорания, очень сильно нагреваются. Камеры сгорания, из которых в процессе сжигания удаляются остатки, являются однозначным признаком детонационного сгорания. Легкие детонации с прерываниями большинство двигателей выдерживает – даже в течение длительного времени – без повреждений.
Сильные, продолжительные детонации приводят к эрозионному съему материала поршня на жаровом поясе и днище поршня. Головка блока цилиндров и уплотнение головки блока цилиндров также могут быть повреждены. Детали в камере сгорания (например, свеча зажигания) могут при этом настолько сильно нагреться, что это приведет к калильному зажиганию (самопроизвольному воспламенению) с перегревом поршня (прогары и отложения).

Сильная долговременная детонация по истечении короткого времени приводит к поломкам перемычек между канавками колец и юбки поршня, причем обычно без прогаров и отложений, а также без задиров.
На рис. 1 представлена кривая давления в камере сгорания. Синяя линия показывает кривую давления при обычном сгорании, а красная – при детонационном. Здесь наблюдаются пиковые значения давления.

К пункту 3. Избыток топлива в камере сгорания
Слишком богатая смесь, уменьшающееся давление сжатия и нарушения режима зажигания вызывают неполное сгорание и избыток топлива в камере сгорания. Смазка поршней, поршневых колец и рабочих поверхностей цилиндров теряет эффективность. Вследствие этого возникают полусухое трение с износом и повышенным расходом масла, а также задиры (см. главу «Расход масла и задиры на поршне»).

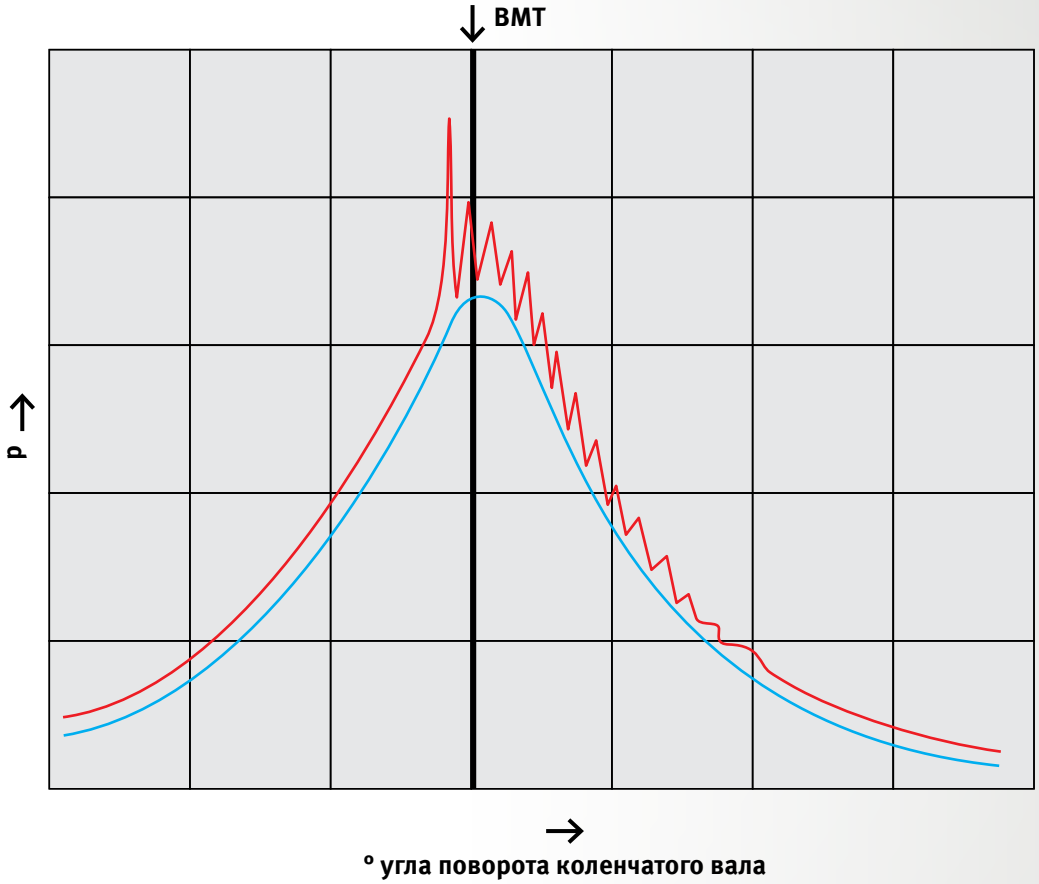


Рис. 1

3.4 Нарушения режима сгорания

Нарушения режима сгорания в дизельных двигателях
Для оптимального процесса сгорания наряду с механически безупречным состоянием двигателя важную роль играет также крайне тонкое и очень точное распыление впрыскивающей форсункой, а также правильное начало впрыска. Только таким образом впрыскиваемое топливо может воспламеняться с наименьшей задержкой зажигания и сгорает без остатка при нормальной характеристике давления. Различают три существенных вида нарушений режима сгорания:

1. Задержка зажигания
2. Неполное сгорание
3. Подтекание топлива из впрыскивающих форсунок

К пункту 1. Задержка зажигания:
Топливо воспламеняется лишь с определенной задержкой (задержка зажигания), если:
- не обеспечивается его достаточно тонкое распыление,
- оно впрыскивается в цилиндр не в нужный момент
- или если температура сжатия в момент начала впрыска недостаточно высока.

Степень распыления зависит только от состояния впрыскивающей форсунки. Форсунка, безупречно впрыскивающая при испытании на приборе контроля форсунок, может, однако, заклиниваться при монтаже или от температурных напряжений настолько, что в процессе работы уже не будет безупречного распыления.
Температура сжатия зависит от давления сжатия и тем самым от механического состояния двигателя. Холодный двигатель всегда имеет определенную задержку зажигания. Холодные стенки цилиндра при сжатии забирают столько тепла из еще более холодного всасываемого воздуха, что в момент начала впрыска имеющаяся температура сжатия оказывается недостаточной для того, чтобы вызвать немедленное воспламенение впрыскиваемого топлива. Лишь при продолжающемся сжатии температура зажигания достигается, и впрыснутое до тех пор топливо воспламеняется мгновенно. Это вызывает резкое, взрывообразное повышение давления с образованием шума и сильный нагрев днища поршня. Вследствие этого возникают поломки, например, перемычек между канавками колец поршня, и трещины от термических напряжений в днище поршня.

К пункту 2. Неполное сгорание:
Если топливо попадает в камеру сгорания не в нужный момент или без распыления, оно не может сгорать без остатка за имеющееся в распоряжении короткое время. То же самое происходит, если в цилиндр попадает недостаточное количество кислорода, т. е. всасываемого воздуха. Причинами могут быть забитый воздушный фильтр, неправильное открытие впускных клапанов, неисправности турбонагнетателя или износ поршневых колец и клапанов. Несгоревшее топливо частично отлагается на поверхностях цилиндра и понижает эффективность смазочной пленки или разрушает ее. Из-за этого рабочие поверхности цилиндра и поршневых колец, а также в конечном счете поверхности юбки поршня за короткий срок подвергаются сильному износу, или же на них образуются задиры. Вследствие этого повышается расход масла и понижается мощность (примеры повреждений см. в главе «Задиры от работы всухую» и «Чрезмерный расход масла»).

К пункту 3. Подтекание топлива из впрыскивающих форсунок:
Чтобы впрыскивающие форсунки после окончания впрыска из-за колебаний давления, исходящих от нагнетательного клапана топливного насоса высокого давления, трубопроводов или впрыскивающих форсунок, не открылись повторно, в системе снижается давление на определенную величину через нагнетательный клапан топливного насоса высокого давления. Если давление впрыска впрыскивающих форсунок отрегулировано на слишком низкое значение или если оно не может поддерживаться постоянно (механические впрыскивающие форсунки), форсунки могут еще несколько раз подряд открываться после окончания впрыска, несмотря на понижение давления. Негерметичные впрыскивающие форсунки или подтекание топлива из них также вызывают неконтролируемую подачу топлива в камеру сгорания. Из-за отсутствия кислорода топливо, впрыскиваемое без контроля, в обоих случаях попадает на днище поршня в несгоревшем виде. Там топливо сгорает при довольно высокой температуре и нагревает материал поршня в этом месте настолько сильно, что под действием силы инерции и эрозии отработавших газов возможен отрыв частиц поршня от его поверхности. Следствием этого является существенный съем материала или эрозионное разрушение на днище поршня.

3.4.2 Прогары на головке и юбке поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси)

Описание повреждения

- На головке поршня имеется прогар за поршневыми кольцами.
- Юбка поршня не имеет задиров, лишь со стороны повреждения на юбку поршня попал материал поршня.

Рис. 1

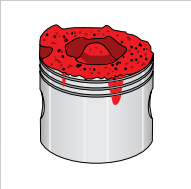
Оценка повреждения

Прогары в головке поршней двигателей с принудительным воспламенением смеси являются последствием калильного зажигания на поршнях с преимущественно ровным днищем и большими поверхностями сжимания. Калильное зажигание вызывается раскаленными деталями в камере сгорания, если их температура превышает температуру самовоспламенения газовой смеси. Это в основном свеча зажигания, выпускные клапаны и отложения масляного нагара на стенках камеры сгорания.
В результате калильного зажигания головка поршня сильно нагревается в области поверхности сжимания. Из-за высокой температуры материал поршня становится мягким, и под действием силы инерции и проникающих в место повреждения отработавших газов происходит съем материала до маслосъемного поршневого кольца.

Возможные причины

- Свечи зажигания с недостаточным калильным числом.
- Слишком бедная смесь и в результате этого повышенная температура сгорания.
- Поврежденные клапаны или слишком малый зазор в клапанном приводе, поэтому клапаны неправильно закрываются. От протекающих горячих отработавших газов клапаны начинают раскаляться. В первую очередь это касается выпускных клапанов, потому что впускные клапаны охлаждаются свежими газами.
- Раскаленные остаточные продукты сгорания на днищах поршней, головке блока цилиндров, клапанах и свечах зажигания.
- Неподходящее топливо со слишком низким октановым числом. Качество топлива должно соответствовать степени сжатия двигателя, т .е. октановое число топлива должно обеспечивать требуемую детонационную стойкость для двигателя во всех рабочих состояниях.
- Дизельное топливо в бензине и в результате этого понижение октанового числа топлива.
- Высокая температура двигателя или всасываемого воздуха из-за недостаточной вентиляции моторного отсека.
- Общий перегрев двигателя.

3.4.3 Прогары и отложения на головке поршня (дизельный двигатель)



Описание повреждения

Рис. 1:

- Полное разрушение головки поршня.
- Прогар жарового пояса до упрочняющей вставки для кольца.
- Задиры и повреждения на юбке поршня из-за расплавленного и истертого материала поршня.
- Частичное отсоединение упрочняющей вставки для кольца.
- Повреждения (следы ударов) во всех камерах сгорания из-за расплавления материала поршня и отсоединения частей упрочняющей вставки для кольца.

Рис. 1

Рис. 2:

- Эрозионные прогары на днище поршня или на жаровом поясе в направлении впрыска струй форсунками.
- Отсутствие задиров на юбке поршня и в области поршневых колец.

Рис. 2

Оценка повреждения

Повреждения такого рода возникают преимущественно в дизельных двигателях с непосредственным впрыском. В предкамерных двигателях они появляются только в том случае, если повреждена предкамера и в результате этого топливо впрыскивается также непосредственно в камеру сгорания.

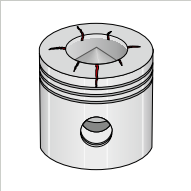
Если в дизельном двигателе с непосредственным впрыском впрыскивающая форсунка соответствующего цилиндра не поддерживает давление впрыска, то колебания в топливопроводе высокого давления могут еще раз поднять иглу форсунки. Топливо снова впрыскивается в камеру сгорания. Если кислород исчерпан, то капли топлива протекают через камеру сгорания и попадают на днище поршня. Там они сгорают при высокой температуре, и материал поршня смягчается.

Под действием силы инерции и эрозии быстро протекающих отработавших газов отдельные частицы отрываются от поверхности (рис. 2) или происходит съем всей головки поршня (рис. 1).

Возможные причины

- Негерметичные впрыскивающие форсунки или тяжело перемещающиеся или заклинившие иглы форсунок.
- Поломанные или ослабленные пружины форсунок.
- Неисправные клапаны уменьшения давления в топливном насосе высокого давления.
- Количество впрыскиваемого топлива и момент начала впрыска не отрегулированы по инструкции изготовителя двигателя.
- В предкамерных двигателях: Неисправность предкамеры в сочетании с одной из вышеназванных причин.
- Задержка зажигания из-за недостаточного сжатия в результате слишком большого зазора между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров, неправильных фаз газораспределения или негерметичных клапанов.
- Слишком большая задержка зажигания из-за несклонного к воспламенению дизельного топлива (слишком низкое цетановое число).
- Неудовлетворительное заполнение из-за неисправного турбонагнетателя.

3.4.4 Трещины в днище и в углублениях днища поршня (дизельный двигатель)



Описание повреждения

- Трещины от напряжения по краю углубления.
- Основная трещина до бобышки поршня.
- Прожженный канал от углубления до области под маслосъемным поршневым кольцом, возникший под действием отработавших газов, протекавших через основную трещину.

Рис. 1

Рис. 2

Оценка повреждения

Материал поршня местами сильно нагревается: в предкамерных двигателях в местах попадания предкамерных струй (рис. 3 и рис. 4), а в двигателях с непосредственным впрыском – по краю углубления (рис. 1). В этих местах материал сильнее расширяется. Поскольку перегретые места окружены холодным материалом, материал подвергается здесь выходящей за пределы эластичности деформации. При остывании происходит противоположный процесс: в местах, в которых материал сначала подвергался обжатию и вытеснению, возникает нехватка материала.

Рис. 3

Рис. 4

В результате этого появляются напряжения при растяжении, которые вызывают трещины от напряжения. Если на напряжения от термической нагрузки накладываются напряжения от прогибания пальца, то из трещин от напряжения образуется очень широкая основная трещина, которая приводит к поломке и выходу поршня из строя.

Возможные причины

- Ошибки в приготовлении смеси из-за неподходящих впрыскивающих форсунок, нарушений в работе топливного насоса высокого давления и повреждений предкамеры.
- Высокая температура из-за неисправностей в системе охлаждения.
- Неисправности моторного тормоза или его чрезмерное использование. Последствие: перегрев.
- Недостаточное охлаждение поршней с охлаждающим каналом, например, из-за забитых или изогнутых форсунок охлаждающего масла.
- Перепады температур в двигателях с часто меняющейся нагрузкой, например, в городских автобусах или землеройных машинах.
- Использование поршней неверной спецификации, например, без охлаждающего канала, хотя нужно было использовать поршень с охлаждающим каналом.
- Монтаж поршней других изготовителей, не усиленных волокнистыми вставками по краю углубления.
- Монтаж поршней с неподходящей для двигателя формой углубления (см. главу «Задиры на головке поршня в результате использования неподходящих поршней»).

3.4.5 Поломки перемычек между канавками колец

Описание повреждения

- Поломка перемычки между канавками первого и второго компрессионных поршневых колец на одной стороне поршня (рис. 1).
- Повреждение начинается на дне верхней канавки и проходит под углом внутрь поршня, заканчиваясь на дне расположенной ниже канавки (рис. 2).
- Повреждение распространяется по направлению вниз.
- Задиры на поршне или проявления перегрева отсутствуют.

Рис. 1

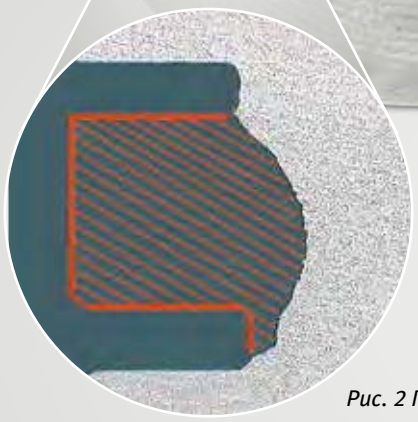


Рис. 2 Поперечное сечение места поломки

Оценка повреждения

Причиной поломок перемычек между канавками являются не дефекты материала, а чрезмерная нагрузка на материал. Различают 3 причины:

1. Детонационное сгорание:

Октановое число топлива не покрывает потребность двигателя во всех режимах работы и нагрузки (см. главу «Общая информация о повреждениях поршня из-за нарушений режима сгорания в двигателях с принудительным воспламенением смеси»).

Поломки перемычек между канавками колец из-за детонационного сгорания возникают большей частью на нагруженной стороне. Причиной детонационного сгорания в дизельном двигателе является задержка зажигания.

2. Гидравлические удары:
В неработающем или работающем двигателе жидкость (вода, охлаждающее средство, масло или топливо) случайно попадает в камеру сгорания. Поскольку жидкости не поддаются сжатию, во время такта сжатия возникает огромная нагрузка на поршень и кривошипно-шатунный механизм. Последствие: поломки перемычек между канавками колец, поломки бобышек или повреждения шатунов и коленчатого вала.

На рис. 3 показано прохождение трещины, образовавшейся в результате детонационного сгорания и гидравлических ударов: вызвавшее поломку усилие воздействовало сверху на перемычку между канавками колец, из-за чего концы трещины разошлись книзу.

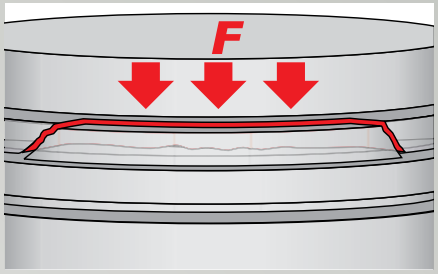


Рис. 3

3. Ошибки при монтаже:
Из-за неправильно сжатых поршневых колец во время монтажа поршней требуется приложить больше усилий. В результате применения силы при вдавливании или вбивании поршня возникают повреждения перемычек между канавками колец в виде тонких трещин. Перемычки между канавками колец выламываются в обратном направлении, потому что в этом случае давление действует снизу (рис. 4).

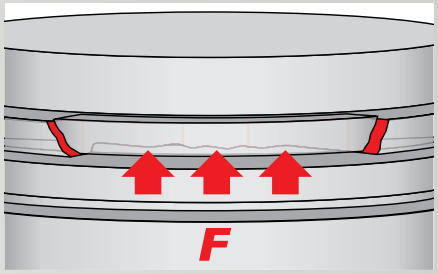


Рис. 4

Возможные причины

Детонационное сгорание в двигателях с принудительным воспламенением смеси:

- Использование топлива с недостаточной детонационной стойкостью. Качество топлива должно соответствовать степени сжатия двигателя, т.е. октановое число топлива должно обеспечивать требуемую детонационную стойкость для двигателя во всех рабочих состояниях.
- Дизельное топливо в бензине и в результате этого понижение октанового числа топлива.
- Слишком высокая степень сжатия, вызванная чрезмерным шлифованием торцевой поверхности блока цилиндров двигателя и головки блока цилиндров, например, в ходе ремонта или тюнинга двигателя.
- Слишком большое опережение зажигания.
- Слишком бедная смесь и в результате этого повышенная температура сгорания.
- Слишком высокая температура всасываемого воздуха, например, из-за недостаточной вентиляции моторного отсека или несвоевременного переключения заслонки всасываемого воздуха на летний режим (особенно в старых карбюраторных двигателях).

Детонационное сгорание в дизельных двигателях:

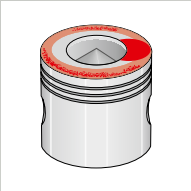
- Впрыскивающие форсунки плохо распыляют топливо или негерметичны.
- Слишком низкое давление впрыска впрыскивающих форсунок.
- Слишком низкое давление сжатия из-за использования неподходящих уплотнений головки блока цилиндров, слишком малые выступы поршней, негерметичные клапаны, поврежденные или изношенные поршни.
- Неисправные уплотнения головки блока цилиндров.
- Повреждения предкамеры.
- Ненадлежащее или чрезмерное применение средств для облегчения пуска (пусковая жидкость в аэрозольной упаковке) при запуске холодного двигателя.
- Неисправный турбонагнетатель.

При гидравлических ударах:

- Случайное всасывание воды при переезде через скопления воды или из-за попадания большого количества брызг от движущихся впереди или проезжающих мимо транспортных средств.
- Заполнение цилиндра при неработающем двигателе:
  - водой из-за негерметичности уплотнения головки блока цилиндров или трещин в деталях.
  - топливом из-за негерметичности впрыскивающих форсунок (только у двигателей с принудительным воспламенением смеси и системой впрыска). Остаточное давление в системе впрыска сбрасывается через негерметичную форсунку в цилиндр.

В обоих случаях описанное повреждение возникает при пуске.

3.4.6 Следы ударов на головке поршня (дизельный двигатель)



Описание повреждения

- Следы сильных ударов на головке поршня (рис. 1). Масляный нагар почти полностью удален.
- Царапины и вдавленные отложения масляного нагара на днище поршня.
- Сильный износ поршневых колец, особенно маслосъемного поршневого кольца.
- Отпечаток вихревой камеры на передней кромке днища поршня (рис. 2).
- Отпечаток клапана на правой стороне днища.
- Первые признаки начинающегося места истирания от работы всухую на юбке поршня (рис. 4).

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Оценка повреждения

Во время эксплуатации поршни ударялись о головку блока цилиндров или о вихревую камеру и один из клапанов. Данное воздействие силы еще пока не привело к поломкам. Однако следы износа поршневых колец и юбки поршня указывают на то, что в результате этих ударов возникло нарушение режима сгорания из-за избытка топлива в камере сгорания.

Удары поршня вызывают сотрясения головки блока цилиндров. Под действием этих сотрясений во впрыскивающей форсунке также возникают колебания. Поэтому форсунка в закрытом состоянии не может поддерживать давление, из-за чего происходит бесконтрольное впрыскивание топлива в цилиндр. Следствием этого является избыток топлива в камере сгорания, приводящий к повреждению масляной пленки. В связи с этим усиливается полусухое трение, вызывающее износ поршневых колец, а также повышается расход масла. По мере разрушения масляной пленки под действием топлива, приводящего к недостатку смазки, образуются характерные места истирания от избытка топлива (см. главу «Места трения от работы всухую из-за избытка топлива в камере сгорания»).

В начальной стадии наблюдается незначительное повреждение юбки поршня, так как она регулярно снабжается кривошипно-шатунным механизмом свежим маслом, еще обладающим смазочными свойствами. Лишь после того, как абразивные частицы из зоны хода поршней перемешаются со смазочным маслом и смазочное масло утратит прочность из-за разбавления, происходит дальнейшее распространение износа.

Возможные причины

- Неверный размер выступа поршня. Выступ поршня не был проверен или откорректирован в рамках ремонта двигателя.
- Несоосно просверленное отверстие втулки нижней головки шатуна в ходе замены.
- Эксцентрическое (несоосное) шлифование коленчатого вала.
- Несоосная доработка отверстия под подшипник (при доработке крышек подшипников коленчатого вала).
- Монтаж уплотнений головки блока цилиндров недостаточной толщины.
- Отложения масляного нагара на головке поршня и в результате этого уменьшение или полное исчезновение зазора между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров.
- Неверные фазы газораспределения из-за неправильной регулировки, удлинения цепи, соскакивания зубчатых ремней.
- Отклонение длины шатуна.
- Чрезмерная доработка торцевой поверхности головки блока цилиндров и в результате этого смещение фаз газораспределения. (Изменяется расстояние между ведущим и ведомым колесами, которое иногда невозможно откорректировать из-за определенной настройки ремней или цепей, вызванной особенностями конструкции.)
- При замене колец седел клапанов не обратили внимание на правильное положение седел клапанов. Если поверхность седел клапанов размещается в головке блока цилиндров недостаточно глубоко, то из-за неправильного расположения в головке блока цилиндров клапаны слишком далеко выступают за кромку.
- Превышение максимально допустимого числа оборотов двигателя. Из-за повышенной силы инерции клапаны несвоевременно закрываются и сталкиваются с поршнем.
- Слишком большой зазор в опорах шатунов или изношенный шатунный подшипник, особенно при движении на спуск на очень высоких оборотах.

3.4.7 Дыра в днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси)

Рис. 1

Описание повреждения

- Сквозная дыра в днище поршня, покрытом расплавленным материалом.
- Задиры в области юбки поршня. Причина: высокая температура и истертый материал поршня.

Оценка повреждения

Повреждения такого рода вызваны калильным зажиганием. Температура раскаленных деталей превышает температуру самовоспламенения газовой смеси в камере сгорания. Речь идет в основном о свече зажигания, выпускном клапане и остаточных продуктах сгорания в камере сгорания. При этом смесь воспламеняется от свечи зажигания еще до момента собственного воспламенения. Вследствие этого пламя дольше воздействует на днище поршня в отличие от обычного процесса сгорания.

Из-за калильного зажигания днище поршня нагревается за короткое время настолько, что происходит размягчение материала. Под действием силы инерции, возникающей во время хода поршня, и быстро протекающих отработавших газов происходит съем размягченного материала. При этом давление сгорания продавливает оставшееся тонкое днище поршня вовнутрь. В большинстве случаев задиры не образуются.

Указание:
Причиной такого быстрого локального нагревания днища поршня может быть только калильное зажигание.

Возможные причины

- Свечи зажигания с недостаточным калильным числом.
- Слишком бедная смесь и в результате этого повышенная температура сгорания.
- Поврежденные, негерметичные клапаны или слишком малый зазор в клапанном приводе, поэтому клапаны неправильно закрываются. Под действием протекающих отработавших газов клапаны сильно нагреваются и накаливаются. В первую очередь это касается выпускных клапанов, потому что впускные клапаны охлаждаются свежими газами.
- Раскаленные остаточные продукты сгорания и отложения масляного нагара в камере сгорания.
- Неверный монтажный размер инжекторов (отсутствующие или двойные уплотнительные кольца).
- Неподходящее топливо со слишком низким октановым числом. Качество топлива должно соответствовать степени сжатия двигателя, т .е. октановое число топлива должно обеспечивать требуемую детонационную стойкость для двигателя во всех рабочих состояниях.
- Дизельное топливо в бензине и в результате этого понижение октанового числа топлива.
- Высокая температура двигателя или всасываемого воздуха из-за недостаточной вентиляции моторного отсека.
- Общий перегрев двигателя.

3.4.8 Задиры на головке поршня в результате использования неподходящих поршней (дизельный двигатель)

Описание повреждения

- Локальные задиры на головке поршня, распределенные по всему периметру поршня.
- Задиры начинаются на днище поршня и кончаются на 2-ом компрессионном поршневом кольце.
- Большая часть задиров находится на жаровом поясе.

Рис. 1

Оценка повреждения

Данный вид повреждения возникает в результате нарушений режима сгорания. Однако его причина связана не с системой впрыска, а с использованием неподходящего поршня. Двигатели выполняются в соответствии с предписанными законом нормами по выхлопным газам. Часто поршни, отвечающие требованиям соответствующей нормы по выхлопным газам, зрительно почти не отличаются друг от друга.

В случае данного вида повреждения в рамках одного и того же конструктивного ряда двигателей для различных норм по выхлопным газам использовались поршни с различными диаметрами углубления. Поршень согласно норме по выхлопным газам Евро 1 (диаметр углубления: 77 мм) в ходе ремонта двигателя был заменен поршнем согласно норме по выхлопным газам Евро 2 (диаметр углубления: 75 мм).

Из-за меньшего диаметра углубления струя впрыскивающей форсунки попадала не только в само углубление, но и на его край. В местах попадания струй топлива нагрелся и сильно расширился материал поршня по краю углубления, что вызвало образование локальных задиров.

Использование поршней, не предусмотренных для данного типа двигателя и требуемой нормы по выхлопным газам, может вызвать серьезные нарушения режима сгорания с непредвидимыми последствиями. К менее серьезным побочным явлениям относятся более высокий уровень выбросов выхлопных газов, более низкая мощность и повышенный расход топлива.

Возможные причины

- Использование поршней с неправильными формой, глубиной или диаметром углубления.
- Использование поршней других размеров (например, высота головки поршня).
- Использование поршней неправильной конструкции. Например, не разрешается использовать поршень без охлаждающего канала, если изготовителем двигателя с определенной целью предусмотрен охлаждающий канал.
- Использование неправильных или не подходящих для предусмотренной цели применения деталей (впрыскивающие форсунки или топливные насосы высокого давления, уплотнения головки блока цилиндров или прочие детали, влияющие на рабочую смесь или процесс сгорания).

3.4.9 Эрозия на жаровом поясе и на днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси)

Описание повреждения

- Эрозионный съем на жаровом поясе (рис. 2) или поверхности днища поршня (рис. 3).

Рис. 1

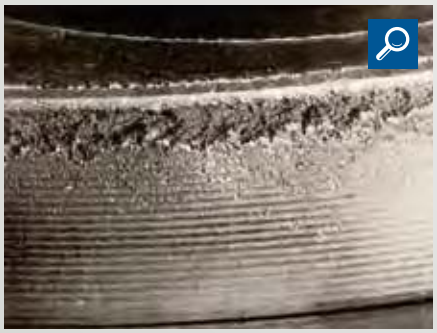


Рис. 2

Рис. 3

Оценка повреждения

Эрозионный съем материала на жаровом поясе и днище поршня всегда являются последствием детонационного сжигания средней интенсивности в течение длительного времени. При этом создается ударная волна, распространяющаяся в цилиндре также между жаровым поясом и стенкой цилиндра до первого компрессионного поршневого кольца. В точке поворота ударной волны под действием кинетической энергии из поверхности поршня вырываются мельчайшие частицы.

Возможные причины

- Использование топлива с недостаточной детонационной стойкостью. Качество топлива должно соответствовать степени сжатия двигателя, т.е. октановое число топлива должно обеспечивать требуемую детонационную стойкость для двигателя во всех рабочих состояниях.
- Загрязнение бензина дизельным топливом. Причина: заправка неподходящим топливом или попеременное использование баков или канистр для обоих видов топлива. Даже минимальное количество примесей дизельного топлива приводит к сильному понижению октанового числа бензина.
- Большое количество масла в камере сгорания, например, из-за изношенных поршневых колец, направляющих клапанов и турбонагнетателя, работающего на отработавших газах, приводит к снижению детонационной стойкости топлива.
- Слишком высокая степень сжатия. Причина: остаточные продукты сгорания на днищах поршней и на головке блока цилиндров или чрезмерное шлифование поверхности блока цилиндров и головки блока цилиндров в ходе ремонта двигателя или с целью тюнинга.
- Слишком большое опережение зажигания.
- Слишком бедная смесь и в результате этого повышенная температура сгорания.
- Слишком высокая температура всасываемого воздуха. Причины: недостаточная вентиляция моторного отсека или обратный напор в выхлопной трубе, несвоевременное переключение заслонки всасываемого воздуха на летний режим или неисправное переключающее автоматическое устройство (особенно в старых карбюраторных двигателях).
- Выход из строя системы регулирования по детонации.
- Модификация программного обеспечения блока управления.

Указание:
Современные двигатели оснащены системами, распознающими детонационное сгорание. Подобная система регулирования по детонации предупреждает детонационное сгорание путем адаптации момента зажигания. Однако система регулирования по детонации начинает действовать только тогда, когда детонационное сгорание уже состоялось. Несмотря на наличие действующей системы регулирования по детонации, повреждения возможны, если:

- диапазон регулирования блока системы управления двигателем становится недостаточным
- или постоянно достигается граница детонации.

3.5.1 Общая информация об изломах поршней

При работе двигателя поршни могут ломаться от воздействия силы или в результате усталостного излома.

Рис. 1

Поломка от воздействия силы (рис. 1) всегда вызывается инородным телом, сталкивающимся с поршнем при работе двигателя. Инородными телами могут быть отломавшиеся части шатуна, коленчатого вала, клапанов и тому подобное. В случае попадания воды или топлива в цилиндры также возможна поломка поршня от воздействия силы.

Поверхности излома в результате поломки от воздействия силы имеют серый цвет, без истирания и растровых линий. Поршень ломается внезапно, без постепенно образующегося излома.

Рис. 2

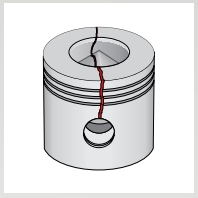
При усталостном изломе (рис. 2) на поверхности излома образуются растровые линии, позволяющие выявить происхождение и постепенное развитие излома. Поверхности излома часто имеют блеск и места истирания. Причиной усталостного излома является чрезмерная нагрузка на материал поршня.

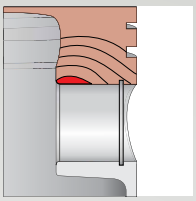
Чрезмерная нагрузка возникает из-за:

- детонационного сгорания;
- сильных сотрясений поршня, например, в результате сталкивания головки поршня с головкой блока цилиндров;
- дефектов материала;
- слишком большого зазора между юбкой поршня и цилиндром.

Слишком большие деформации поршневого пальца из-за чрезмерной нагрузки (прогиб и овальная деформация) приводят к образованию трещин в бобышке или опоре. Кроме того, усталостные изломы могут быть вызваны трещинами от термических напряжений на днищах поршней.

3.5.2 Излом поршня в бобышке поршня





Описание повреждения

- Образование так называемого излома в виде трещины, проходящей до днища поршня. Последствие: поршень ломается на две части (рис. 1).
- Усталостная трещина бобышки в области средней оси отверстия для поршневого пальца (рис. 2 и 3).

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3 Поперечное сечение бобышки поршня

Оценка повреждения

Усталостные изломы бобышки появляются в результате чрезмерной механической нагрузки. Следствиями постоянной чрезмерной нагрузки на материал поршня являются повышенные переменные нагрузки при изгибе и усталость материала. Недостаточное снабжение маслом способствует образованию излома: малая трещина в бобышке поршня постепенно увеличивается даже при нормальной нагрузке. В конечном счете это приводит к расколу поршня.

Возможные причины

- Нарушения режима сгорания, особенно внезапное воспламенение из-за задержки зажигания.
- Чрезмерное или ненадлежащее применение средств для облегчения пуска при запуске холодного двигателя.
- Цилиндр при неработающем двигателе заполнился водой, топливом или маслом (гидравлический удар).
- Повышение мощности (например, электронный тюнинг) с использованием серийного поршня.
- Применение неподходящего или облегченного поршневого пальца. Из-за овальной деформации поршневого пальца подшипник пальца подвергается чрезмерной нагрузке.

3.5.3 Излом поршня в результате сталкивания днища поршня с головкой блока цилиндров

Описание повреждения

- Следы ударов на днище поршня (рис. 1), торцевой поверхности головки блока цилиндров и обоих клапанах (без рис.).
- Излом в направлении поршневого пальца вследствие сотрясений и воздействия силы.
- Юбка поршня имеет излом в нижней кольцевой канавке для масла, поверхности излома имеют характер усталостного излома (рис. 2).

Рис. 1

Рис. 2

Оценка повреждения

Причиной являются продолжительные жесткие удары при сталкивании днища поршня с головкой блока цилиндров. При этом поршень подвергается такому сотрясению, что в нем образуются трещины. Кроме того, происходит перекос поршня в цилиндре, а юбка поршня ударяется о стенку цилиндра. В поршнях с нижним маслосъемным поршневым кольцом (рис. 2) при этом часто ломается юбка в области нижней кольцевой канавки для масла.

Возможные причины

- Слишком большой зазор в опорах шатунов или сработавшийся шатунный подшипник, особенно при движении на спуск на очень высоких оборотах.
- Слишком малый зазор между днищем поршня и головкой блока цилиндров (минимальное расстояние между днищем поршня и головкой блока цилиндров) в верхней мертвой точке поршня.
  Возможные причины:
  - Поршни с неверной высотой головки поршня. При ремонте двигателя часто дополнительно обрабатывается торцевая поверхность блока цилиндров. Если после обработки используются поршни с первоначальной высотой головки, то выступ поршня может оказаться слишком большим. Поэтому на случай ремонта предлагаются поршни с уменьшенной высотой головки, так что выступ поршня остается в пределах диапазона допуска, установленного изготовителем двигателя.*
  - Недостаточная толщина уплотнения головки блока цилиндров. Многие изготовители предусматривают для одного и того же двигателя уплотнения головки блока цилиндров различной толщины. С одной стороны, это необходимо для компенсации суммирования допусков деталей при производстве, а с другой стороны, для регулирования выступа поршня при ремонте.
    Поэтому при ремонте необходимо следить за тем, чтобы использовались уплотнения головки блока цилиндров только с предписанной толщиной материала. Только так можно гарантировать, что после ремонта будет достигнут предписанный зазор между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров. Толщина уплотнения должна быть вновь определена по указаниям изготовителя двигателя на основе выступа поршня, если в ходе ремонта предусмотрена доработка или замена блока цилиндров.

Внимание:
Контроль свободного хода, который проводится вручную прокручиванием двигателя в холодном состоянии, не является гарантией того, что поршень при достижении рабочей температуры не будет сталкиваться с головкой блока цилиндров. Причина: удлинение поршней и шатунов из-за теплового расширения. В результате этого уменьшается расстояние между днищем поршня и головкой блока цилиндров. Особенно в двигателях для коммерческих автомобилей с большой высотой головки поршня появляются существенные изменения размеров, из-за которых свободный ход поршня в верхней мертвой точке уменьшается еще на несколько десятых долей миллиметра.

* Фирма Motorservice поставляет для многих дизельных двигателей поршни с уменьшенной высотой головки (KH-). Подробности см. в каталоге фирмы Motorservice «Поршни и компоненты».

3.5.4 Эрозия материала в области поршневых колец (излом поршневого кольца)

Описание повреждения

- Значительная эрозия материала до днища поршня, в области первой кольцевой канавки зоны колец.
- Сильный осевой износ первой кольцевой канавки.
- Сильное механическое повреждение днища поршня.
- Пятно контакта юбки поршня имеет матовый отшлифованный вид.

Рис. 1

Рис. 2

Оценка повреждения

Повреждение возникает в результате попадания загрязнений в камеру сгорания. На это указывает сильный осевой износ канавки, особенно первой кольцевой канавки. Загрязнения откладывались также в кольцевой канавке и стали причиной абразивного износа поршневого кольца и кольцевой канавки.

В результате этого постепенно увеличивался зазор кольца по высоте. Поршневое кольцо с сильно уменьшенным поперечным сечением в конечном счете не смогло выдержать давления сгорания и сломалось. Отломившийся кусок поршневого кольца мог почти беспрепятственно перемещаться в быстро увеличивающейся канавке. Своим постоянным биением он вызвал изображенную на рисунке эрозию. Когда эрозия достигла днища поршня, куски поршневого кольца попали в камеру сгорания и стали причиной возникновения в ней дополнительных повреждений.

Возможные причины

- Сильный осевой износ кольцевой канавки и поршневых колец из-за попадания инородных тел в камеру сгорания.
- При сильном радиальном износе поршневых колец без осевого износа вероятной причиной является износ в результате полусухого трения из-за избытка топлива в камере сгорания.

См. главу «Износ из-за избытка топлива в камере сгорания».

- В случае наличия неизношенных кольцевых канавок и поршневых колец и эксплуатации в течение короткого времени вскоре после ремонта двигателя часто причиной повреждения является неправильный монтаж поршня. Поршневые кольца могут поломаться при установке поршня, если их недостаточно глубоко вдавливают в кольцевую канавку. Это происходит при использовании неподходящего или поврежденного инструмента для ввода поршня или в том случае, если используемая натяжная лента поршневых колец была неправильно установлена и натянута вокруг поршня.
- Вибрация поршневых колец из-за слишком большого зазора колец по высоте. Причина заключается в том, что при ремонте двигателя устанавливается только новый комплект поршневых колец, хотя кольцевые канавки в поршне тоже уже изношены. Из-за слишком большого зазора поршневые кольца начинают вибрировать и могут поломаться. Другой возможной причиной является использование комплекта неподходящих поршневых колец: кольца могут иметь недостаточную высоту, поэтому осевой зазор в канавке слишком большой.
- Использование неподходящего для цели применения поршня. В связи с высокой нагрузкой и для обеспечения долгого срока службы поршни для дизельных двигателей имеют упрочняющую вставку для кольца из никелесодержащего чугуна. Дизельные двигатели, конструкция которых предусматривает более короткий срок службы, из экономических соображений часто оснащаются поршнями без упрочняющих вставок для колец, например, в сельскохозяйственных машинах. Если такой поршень без упрочняющих вставок для колец используется при повышенном пробеге автомобиля, то износостойкость кольцевых канавок может оказаться недостаточной.

3.6.1 Общая информация об изломах поршневых пальцев

Изломы поршневых пальцев могут возникнуть в результате чрезмерной нагрузки при нарушениях режима сгорания или из-за попадания инородных тел в камеру сгорания. Чрезмерное или ненадлежащее применение средств для облегчения пуска (пусковая жидкость в аэрозольной упаковке) равносильно воздействию значительных нарушений режима сгорания.

Под действием давления отработавших газов, оказываемого на поршень, поршневой палец подвергается овальной деформации. При чрезмерной нагрузке на концах поршневого пальца может образоваться продольная трещина, которая исходит от наружной поверхности или от внутренней стороны отверстия в поршневом пальце. Трещина проходит затем дальше в виде усталостного излома в направлении оси поршневого пальца. В зоне наибольшей нагрузки сдвига и изгиба между отверстием для поршневого пальца и головкой шатуна трещина переходит в поперечную трещину. В конечном счете это приводит к поломке поршневого пальца. Наряду с описанными здесь дефектами, поломка возможна также в связи с повреждениями.

3.6.2 Поломка поршневого пальца

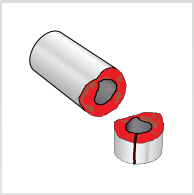


Рис. 1

Описание повреждения

- Поперечный излом поршневого пальца (рис. 1) на переходе между шатуном и бобышкой поршня.
- Трещина по длине более короткого куска.
- Поверхности излома имеют характер усталостного излома.

Оценка повреждения

Изломы поршневых пальцев всегда возникают в результате чрезмерной нагрузки. Из-за овальной деформации поршневого пальца в отверстиях для поршневого пальца при чрезмерной нагрузке на концах поршневого пальца сначала образуется продольная трещина, которая может исходить как от наружной поверхности, так и от внутренней стороны отверстия. Трещина проходит затем дальше в направлении оси поршневого пальца. В зоне наибольшей нагрузки сдвига и изгиба между бобышкой поршня и головкой шатуна трещина изменяет направление и переходит в поперечную трещину, что в конечном счете приводит к поломке всего поршневого пальца.
На рис. 2 показано, что первая трещина может возникнуть не только из-за чрезмерной нагрузки, но и от ненадлежащего монтажа поршневого пальца. На торцевой стороне поломанного поршневого пальца ясно видно, что трещина появилась вследствие ударного повреждения (удар молотком). Имеющаяся трещина – даже при нормальной нагрузке – может привести к поломке поршневого пальца.

Рис. 2

Возможные причины

- Нарушения режима сгорания, особенно из-за детонационного сгорания.
- Гидравлические удары.
- Ненадлежащее выполнение работ при монтаже поршневого пальца.
- Чрезмерная нагрузка на поршневой палец из-за повышения мощности двигателя.
- Ослабление поршневого пальца в результате тюнинга (уменьшение веса).
- Использование неподходящего поршневого пальца.

3.7 Повреждения на стопорах поршневых пальцев

3.7.1 Общая информация о повреждениях на стопорах поршневых пальцев

Для фиксации поршневого пальца используются проволочные пружинные замковые кольца или так называемые кольца Зегера. Кольца обоих видов могут поломаться или выскочить из канавки поршня, или же они могут быть выбиты. Поломка упорных колец или отламывание концов колец связаны с чрезмерной нагрузкой или ненадлежащим выполнением работ при установке упорных колец. Упорные кольца подвергаются нагрузке в осевом направлении только в том случае, если поршневой палец принудительно выполняет осевое движение. Это происходит тогда, когда из-за несоосного шатуна или качающегося, большей частью асимметричного шатуна ось поршневого пальца и ось вала поршня выводятся из параллельного положения. Поршневой палец быстро, попеременно ударяет о стопоры поршневого пальца и постепенно выталкивает их из канавки. Затем они дальше прижимаются к рабочей поверхности цилиндра и истираются. В конце концов упорные кольца ломаются. Обломки колец защемляются между поршнем и цилиндром. Некоторые обломки под действием силы инерции перебрасываются в разные стороны в выемках бобышек поршней и вызывают там значительную эрозию материала. Нередко обломки попадают также через внутреннее отверстие поршневого пальца на другую сторону поршня, вызывая там сильные повреждения.

3.7.2 Повреждения поршней из-за поломанных стопоров поршневых пальцев

Описание повреждения I

- На обеих сторонах поршня концы отверстия для пальца сильно повреждены, отчасти вплоть до зоны колец (рис. 1).
- Упорное кольцо выскочило из канавки для упорного кольца и сломалось.
- Второе упорное кольцо повреждено.
- Поршневой палец выходил наружу до рабочей поверхности цилиндра из-за отсутствия стопора поршневого пальца.
- Бочкообразный износ торцевой поверхности поршневого пальца в результате длительного контакта с рабочей поверхностью цилиндра (рис. 2).
- Несимметричное пятно контакта поршня.

Рис. 1

Рис. 2

3.7 Повреждения на стопорах поршневых пальцев

Рис. 4

Описание повреждения II

- Несимметричное пятно контакта поршня (рис. 4).
- Поломанные бобышка поршня и поршневой палец (рис. 5 и 6).
- Отверстие для пальца в области упорных колец повреждено под действием ударов.

Рис. 5

Рис. 6

Оценка повреждения

Стопоры поршневых пальцев, выполненные в виде проволочных пружинных замковых колец или колец Зегера, во время эксплуатации выдавливаются или выбиваются только в результате осевого смещения поршневого пальца. Условием для этого является их правильная установка и отсутствие у них повреждений. Поперечное ускорение поршневого пальца возникает всегда в том случае, если ось поршневого пальца не параллельна оси коленчатого вала. Это обычно имеет место тогда, когда из-за изогнутого шатуна возникает сильное наклонное положение поршня. В результате этого во время хода поршня происходит переменное осевое смещение, из-за которого выбивается упорное кольцо. Выскочившее упорное кольцо защемляется между выходящим наружу поршневым пальцем, поршнем и рабочей поверхностью цилиндра. Там оно подвергается износу и в конце концов ломается на несколько частей. В течение очень короткого времени обломки разрушают материал поршня под действием своей силы инерции во время движения поршня вверх и вниз (рис. 2). Отдельные обломки перемещаются через пустотелый поршневой палец и вызывают также на противоположной стороне поршня соответствующие повреждения.

Возможные причины

- Осевое смещение поршневого пальца при работе двигателя в результате:
  - изгиба или скручивания шатуна.
  - косо просверленного отверстия в головке шатуна (непараллельность осей).
  - расположения оси цилиндра не перпендикулярно оси коленчатого вала.
  - слишком большого люфта шатунного подшипника, особенно в случае асимметричных шатунов.
  - расположения шатунной шейки не параллельно оси коленчатого вала (ошибка при обработке).
- Использование старых или поврежденных упорных колец.
- Ненадлежащий монтаж упорных колец.

3.8 Задиры в бобышках поршня

3.8.1 Общая информация о задирах в бобышках поршня

Бобышка поршня снабжается маслом не напрямую, а за счет лишь разбрызгиваемого масла. Поэтому задиры в местах опоры поршневого пальца почти всегда являются задирами от работы всухую с сильно истертой поверхностью и сварившимся материалом.

Повреждения в отверстиях для поршневого пальца с плавающей опорой появляются главным образом:

- из-за слишком малого зазора поршневого пальца во втулке нижней головки шатуна.
- при наличии задиров на поршневом пальце или его заклинивании во втулке нижней головки шатуна.

Признаком этого являются поршневые кольца, имеющие синий цвет побежалости в области втулки нижней головки шатуна.

В случае ограничения свободного хода поршневого пальца во втулке нижней головки шатуна он вынужден вращаться в бобышке поршня. Однако для этого слишком мал зазор поршневого пальца с плавающей опорой в отверстиях для поршневого пальца. Последствиями являются сильный нагрев, нарушение режима смазки и появление задира от работы всухую в бобышке поршня.

В результате сильного нагрева поршень намного сильнее расширяется в зоне отверстий для поршневого пальца, а также в области юбки. Это может и в этих местах вызвать недостаточный зазор и появление задира от работы всухую в области отверстия цилиндра (см. главу «Задиры под углом 45°»).

Для поршневых пальцев, установленных горячей посадкой в шатуне, зазор в отверстии для поршневого пальца будет настолько большим, что там всегда может образоваться масляная пленка достаточной толщины. При повторном использовании уже работавших шатунов горячего прессования не должно быть перекоса в отверстии шатуна или других повреждений. Иначе поршневой палец в запрессованном состоянии может настолько сильно деформироваться, что зазор в отверстиях для поршневого пальца станет недостаточным, в результате чего легко могут образоваться задиры.
При монтаже поршней всегда необходимо смазывать подшипник пальца, чтобы для первых оборотов было достаточно смазочного материала.

Указание:
При горячей посадке поршневого пальца в шатун необходимо учитывать не только вышеназванную смазку поршневого пальца. Непосредственно после установки поршневого пальца не допускается контроль свободного хода подшипника пальца путем качательных движений поршня! Ведь на этом этапе происходит выравнивание температур обеих деталей (холодный поршневой палец, горячий шатун). Поршневой палец может очень сильно нагреться; он сильно расширяется и зажимается в бобышке поршня. Если подшипник в этом состоянии перемещают, может возникнуть место трения или задир. Возможное последствие: в дальнейшем тяжелый ход подшипника и в результате этого повышенное трение и образование тепла. Поэтому смонтированным деталям всегда нужно дать остыть, прежде чем проводить контроль свободного хода.

3.8.2 Задиры в бобышках поршня (поршневой палец с плавающей опорой)

Рис. 1

Описание повреждения

- Задиры поршневого пальца в области отверстий для поршневого пальца.
- Наваривание материала поршня на поршневом пальце (рис. 1).
- В области втулки нижней головки шатуна поршневой палец имеет синий цвет побежалости.

Оценка повреждения

Синий цвет поршневого пальца в области втулки нижней головки шатуна говорит о том, что там имелся недостаточный зазор. Поэтому поршневой палец мог вращаться лишь с трудом или вообще не мог вращаться во втулке нижней головки шатуна. Вращение поршневого пальца осуществлялось только в отверстии для поршневого пальца. Однако для этого слишком мал зазор поршневого пальца с плавающей опорой. Повышенное трение приводит к чрезмерному нагреву в опоре, в результате чего масляная пленка потеряла эффективность, и возник задир на поршневом пальце.

Возможные причины

- Выбор слишком узкого зазора между втулкой нижней головки шатуна и поршневым пальцем.
- Зазор во втулке нижней головки шатуна исчез из-за несоосности шатуна и поэтому заклинило поршневой палец.
- Подшипник пальца не был смазан при монтаже поршня.

Указание:
С тем чтобы для первых оборотов двигателя смазка была достаточной и не возникло мест трения при запуске двигателя, во время монтажа поршня необходимо хорошо смазать подшипник пальца.

3.8.3 Задиры в бобышках поршня (шатун горячего прессования)

Описание повреждения

- Поршень работал лишь короткое время.
- Отсутствие следов износа на юбке поршня.
- Задиры в бобышках поршня на верхней нагруженной стороне (рис. 1).
- Поверхность задиров металлически чиста, отсутствуют следы нагара масла.

Рис. 1

Оценка повреждения

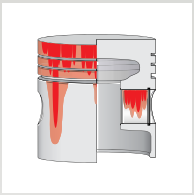
Поршень почти не имеет следов износа, поэтому он работал лишь короткое время. Задиры на поршневом пальце образовались уже на первых оборотах двигателя.

Металлически чистые задиры являются одним из признаков нехватки масла в подшипнике пальца.

Возможные причины

- Перед монтажом поршня не был смазан подшипник пальца.
- При горячей посадке поршневого пальца в шатун, непосредственно после установки поршневого пальца подшипник пальца был подвергнут контролю свободного хода. В это время на подшипник могли отрицательно повлиять необычные, не возникающие в процессе эксплуатации перепады температуры деталей.

3.8.4 Задиры в бобышках поршня (с задирами на юбке поршня)



Описание повреждения

- Задиры на юбке поршня с обеих сторон, начинающиеся на головке поршня.
- Застрявшие компрессионные поршневые кольца в кольцевых канавках.
- Задиры в бобышках поршня.

Рис. 1

Оценка повреждения

Поскольку большая часть задиров находится на головке поршня, повреждение началось там из-за нарушений режима сгорания. В дальнейшем заклинило поршневые кольца, и задиры заняли всё большую поверхность юбки.

Отработавшие газы протекали мимо заклинивших компрессионных поршневых колец. Поршень нагрелся до такой степени, что масляная пленка в подшипнике пальца потеряла эффективность, и задиры возникли также и здесь.

Возможные причины

- Нарушения режима сгорания приводят к образованию комбинированных задиров из-за недостаточного зазора и от работы всухую на головке и юбке поршня. Это приводит к появлению задиров в подшипнике пальца.

3.9.1 Общая информация о стуке поршня

Стук от движения поршня возникает под влиянием самых разных факторов в процессе работы двигателя.

- **Перекос поршня из-за слишком большого зазора:**
  Слишком большое отверстие цилиндра, износ или деформация юбки приводят к перекосу поршня, которому способствуют маятниковое движение шатуна и перекладка поршня в цилиндре. При этом головка поршня сильно ударяется о рабочую поверхность цилиндра.
- **Несоблюдение направления сборки поршня:**
  Для перекладки поршня перед верхней мертвой точкой и перед началом такта расширения ось поршневого пальца смещена на несколько миллиметров в сторону нагруженной стороны поршня. Если поршень вводится в цилиндр смещенным на 180° и поршневой палец из-за смещается не в ту сторону, то перекладка поршня осуществляется в неправильный момент. Качание поршня в результате этого происходит сильнее и громче.
- **Перекос поршня из-за тяжелого хода опоры шатуна:**
  Зазор между поршневым пальцем и втулкой нижней головки шатуна может быть слишком малым или может исчезнуть в результате заклинивания или перекоса из-за несоосности шатуна (изгиб и скручивание).
- **Удары поршня в направлении пальца**:
  Причиной боковых ударов поршня об отверстие цилиндра в большинстве случаев является несоосный шатун (изгиб или особенно скручивание): поршень выполняет качающееся движение во время своего хода в продольной оси двигателя и в результате этого попеременно ударяется о цилиндр. Несимметричные шатуны или эксцентрическая опора поршня в шатуне имеют тот же эффект.
- **Попеременные удары поршневого пальца о стопоры поршневого пальца:**
  Осевое смещение поршневого пальца всегда является последствием несоосности между осью поршневого пальца и осью коленчатого вала. Как описано выше, изгиб или скручивание шатуна, а также асимметрия в шатуне являются наиболее частыми причинами таких дефектов. Слишком большой люфт шатунного подшипника (шатунная шейка на коленчатом валу) может вызвать боковое качание шатуна, особенно при низкой частоте вращения. Из-за этого происходит перекос поршневого пальца в головке шатуна, и он начинает совершать маятниковое движение в отверстии для поршневого пальца. При этом поршневой палец ударяется о стопоры пальца.

3.9.2 Радиальные места ударов на жаровом поясе

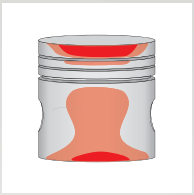


Рис. 1

Описание повреждения

- Жаровой пояс со следами ударов в направлении качания (рис. 1).
- Пятно контакта юбки поршня ярче выражено сверху и снизу, чем посередине юбки.

Оценка повреждения

Попеременные удары головки поршня о рабочую поверхность цилиндра вызывают хорошо слышимый снаружи стук поршня.

В зависимости от причины, жаровой пояс ударяется либо в направлении качания, либо в плоскости овальности (направление пальца) о стенку цилиндра.

Возможные причины повреждений при ударах в направлении качания

- Слишком большой монтажный зазор и из-за этого неправильное направление поршней в связи с расточкой или хонингованием цилиндров со слишком большим диаметром.
- Несоблюдение направления сборки поршней со смещенной осью.
- Тяжелый ход подшипника пальца: из-за этого головка поршня ударяется о рабочую поверхность цилиндра в так называемой плоскости наклона. Причины:
  - Слишком малый зазор в головке шатуна или в отверстии для пальца.
  - Слишком узкая посадка поршневого пальца во втулке нижней головки шатуна (шатун горячего прессования). При горячей посадке поршневого пальца и при слишком узкой посадке пальца в головке шатуна происходит деформация головки шатуна в направлении стенки наименьшей толщины. При этом головка шатуна и поршневой палец приобретают овальную форму. В результате этого происходит сужение зазора между поршнем и поршневым пальцем.
  - Задиры на поршневом пальце.

Возможные причины повреждений при ударах в направлении поршневого пальца

- При несоосности шатуна, особенно при его скручивании, или при слишком большом люфте шатунного подшипника головка поршня качается в направлении пальца и ударяется о цилиндр.
- Несоосность шатуна (изгиб/скручивание): возникает попеременное осевое смещение поршневого пальца, вследствие чего поршневой палец ударяется об упорные кольца.

3.10 Цилиндры и гильзы цилиндров

3.10.1 Продольные трещины гильз цилиндров

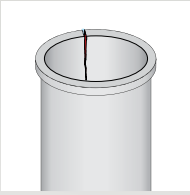


Рис. 1

Описание повреждения

- Вертикальная трещина, начинающаяся у буртика гильзы.
- Повреждение распространяется также на сухие гильзы цилиндров из-за малой толщины стенки цилиндра.

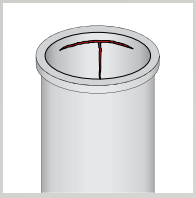
Оценка повреждения

Причиной подобных трещин часто является неосторожное обращение с гильзами цилиндров (ударные нагрузки). Даже если повреждение гильзы цилиндра не сразу видно, микротрещина или насечка может при последующей работе двигателя привести к поломке. Дефектная опора буртика гильзы или загрязнение между гильзой цилиндра и блоком цилиндров также может вызвать такие повреждения. Если дефектная опора буртика гильзы является причиной появления продольных трещин, то вместе с продольными трещинами часто наблюдается также возникновение поперечных трещин.

Возможные причины

- Появление трещин или насечек в результате ненадлежащего обращения с гильзами цилиндров во время транспортировки или ремонта.
- Гидравлические удары.
- Инородные тела под контактными или уплотнительными поверхностями.
- Дефектные опоры буртиков (см. главу «Отломавшийся буртик гильзы цилиндра»).
- Съем материала (эрозия) на кромке гильзы цилиндра из-за детонационного сгорания и в результате этого ослабление гильзы цилиндра.

3.10.2 Отломавшийся буртик гильзы цилиндра



Описание повреждения

- Отломавшийся буртик гильзы.
- Трещина в буртике гильзы начинается в углублении нижней кромки буртика гильзы и проходит под углом ок. 30° наверх.

Рис. 1

Оценка повреждения

Такие повреждения вызваны изгибающими моментами, появляющимися при некачественном монтаже (загрязнения и дефекты формы). В большинстве случаев буртик гильзы цилиндра отжимается уже при затяжке головки блока цилиндров. В двигателях новых поколений для грузовых автомобилей с системой впрыска «насос-форсунка» или «общий топливопровод высокого давления» нагрузка на блок цилиндров двигателя возрастает в связи с более высоким давлением сгорания. Так как в двигателях данных типов используются очень прочные стальные уплотнения головки блока цилиндров, после большого пробега автомобиля может возникнуть перекос картера в области опоры буртика гильзы.

Указание:
Деформация опорной поверхности буртика гильзы не распознается визуально без применения вспомогательных средств. С помощью подшипниковой туши можно легко проверить наличие перекоса: тушь наносится очень тонким слоем на опорную поверхность буртика гильзы на блоке цилиндров двигателя. После этого устанавливают новую гильзу без уплотнений и нажимают на седло. Затем снова снимают гильзу цилиндра. Опорная поверхность гильзы цилиндра должна быть равномерно покрыта тушью по всему периметру. В противном случае седло гильзы необходимо доработать: лучше всего на стационарном сверлильном станке или на переносном приборе расточки торца для посадочного буртика гильзы. Таким образом обеспечивается плоскопараллельность относительно поверхности картера (рис. 2).

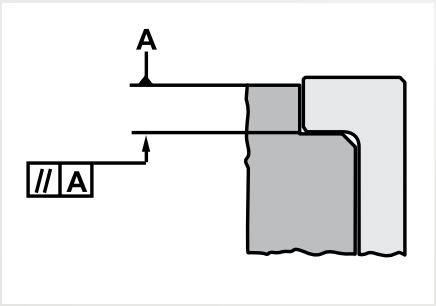


Рис. 2

Возможные причины

- Изношенная опора буртика гильзы в двигателе после длительного срока эксплуатации.
- Загрязненная или поражённая коррозией опора буртика гильзы.
- Отсутствие перпендикулярности и/или ровности опоры буртика (рис. 2 и рис. 5).
- Неподходящее уплотнение головки блока цилиндров.
- Несоблюдение предписанных изготовителем двигателя моментов и углов затяжки при монтаже головки блока цилиндров.
- Неверное количество уплотнительных колец.
- Зажатые под буртиком гильзы уплотнительные кольца.
- Использование уплотнений неверных размеров.
- Использование жидких уплотнительных средств.
- В случае использования сухих гильз цилиндров «Pressfit»: ошибки при монтаже из-за слишком высокого давления при запрессовке.
- Несоблюдение предписанного выступа гильзы (рис. 6):
  - При слишком большом выступе гильзы цилиндра буртик гильзы отжимается при затяжке болтов головки блока цилиндров.
  - При слишком малом выступе гильза цилиндра недостаточно сильно прижимается к седлу гильзы и под действием хода поршня приходит в качающееся движение. Данное воздействие силы приводит к тому, что буртик гильзы отламывается.
- Несоблюдение правильной формы при доработке седла гильзы. Форма седла гильзы должна соответствовать форме гильзы цилиндра. Переход поверхности буртика к диаметру установочного седла должен иметь фаску в 0,5 – 1,0 мм x 45° во избежание насадки закругленного перехода буртика гильзы на кромку. При несоблюдении этого буртик гильзы может быть легко отжат при затяжке головки блока цилиндров (рис. 3). Кроме того, радиус закругления на седле гильзы («D» на рис. 4) не должен быть слишком большим, чтобы гильза цилиндра опиралась на буртике гильзы не на наружную или внутреннюю кромку.

Указание:
При доработке опоры буртика гильзы во время ремонта двигателя должен быть обеспечен требуемый выступ гильзы цилиндра относительно поверхности цилиндра: либо путем подкладывания опорных шайб из стали, либо за счет использования гильз цилиндров с припуском буртика* (рекомендуется).

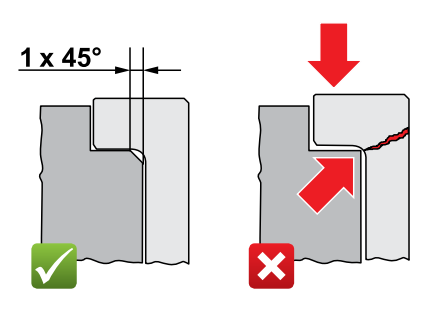


Рис. 3

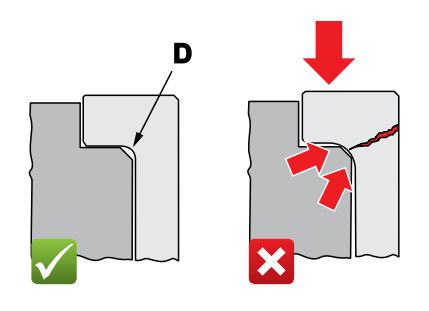


Рис. 4

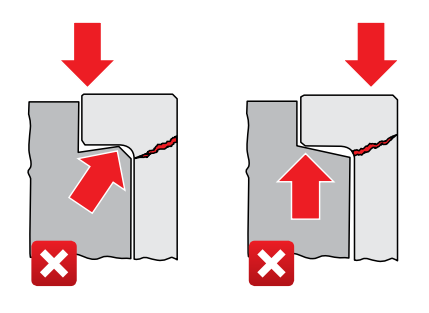


Рис. 5

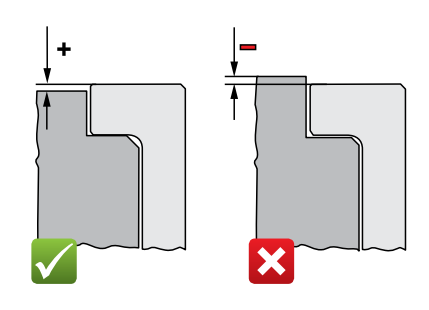


Рис. 6

* Фирма Motorservice поставляет для большинства двигателей гильзы цилиндров с припуском буртика. Подробности приведены в актуальном каталоге «Поршни и компоненты».

3.10.3 Кавитация на гильзах цилиндров

Описание повреждения

- Ярко выраженные проявления кавитации на водяной рубашке мокрой гильзы цилиндра (рис. 1 и 2).
- Протекание охлаждающего средства в камеру сгорания.

Рис. 1

Рис. 2

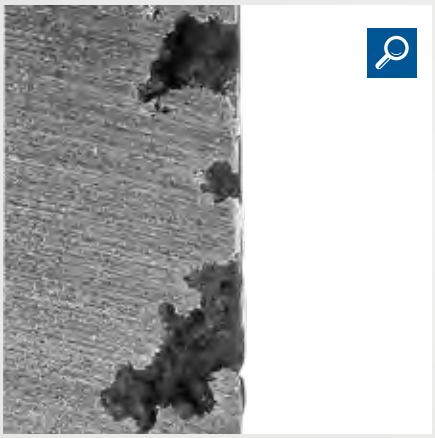


Рис. 3 Поперечное сечение гильзы цилиндра

Оценка повреждения

Кавитация возникает преимущественно в плоскости наклона поршня (нагруженная или ненагруженная сторона) под действием высокочастотных колебаний стенки цилиндра. Колебания вызываются боковыми усилиями поршня, давлением сгорания и перекладкой поршня в нижней и верхней мертвых точках. Если охлаждающая жидкость больше не может повторять колебания стенки цилиндра, водяная пленка приподнимается с гильзы цилиндра. Образуется зона разрежения с пузырьками пара, которые при обратном движении стенки цилиндра разрушаются (имплозия) с очень высокой скоростью. Вытесненная пузырьками вода резко ударяется о поверхность цилиндра. Под действием энергии столкновения от нее отрываются мельчайшие частицы, вследствие чего постепенно образуются (вымываются) дыры.

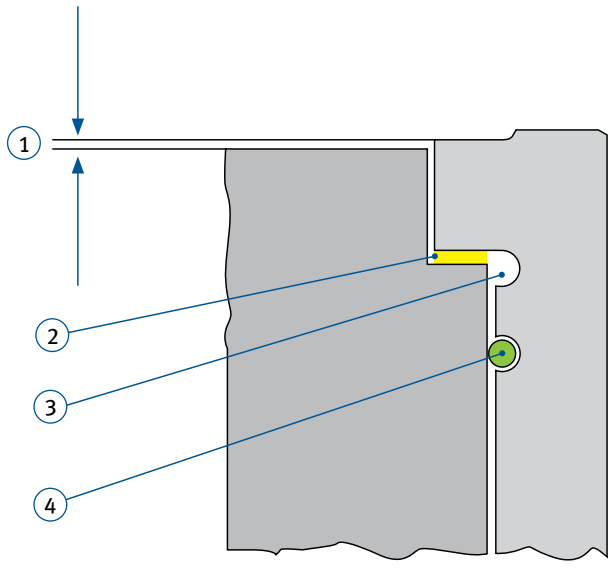
Особенность кавитации заключается в том, что происходит расширение дыр вовнутрь (рис. 3), из-за чего в материале образуются полости.

Факторы, вызывающие кавитацию

- Слишком высокая температура охлаждающей жидкости.
- Слишком низкое давление охлаждающей жидкости.
- Слишком низкая точка кипения охлаждающей жидкости.
- Сочетание вышеназванных факторов.

Возможные причины

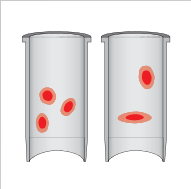
- Несоблюдение правильного зазора между юбкой поршня и стенкой цилиндра, например, при повторной установке уже работавших поршней или при использовании цилиндров слишком больших размеров.
- Погрешность формы опоры буртика гильзы – некачественная или неточная посадка гильзы цилиндра в картере (см. главу «Отломавшийся буртик гильзы цилиндра»).
- Отсутствие предписанного средства для защиты от замерзания и коррозии или соответствующих присадок в охлаждающей жидкости. Антикоррозионное средство содержит ингибиторы, предотвращающие вспенивание. Поскольку ингибиторы со временем теряют свою эффективность, необходимо заменять антикоррозионное средство каждые 2 года и устанавливать правильное соотношение компонентов смеси.
- Использование неподходящих охлаждающих средств, например, соленой воды (морской воды), агрессивной или содержащей кислоту воды или других жидкостей.
- Недостаточное начальное давление в системе охлаждения. Причина: неподходящая пробка радиатора (недостаточная герметизация из-за неисправного предохранительного клапана) или негерметичная система охлаждения. При надлежащем начальном давлении в системе охлаждения температура кипения охлаждающего средства выше, чем при атмосферном давлении. Начальное давление не устраняет причину образования пузырьков пара, но во всяком случае препятствует их образованию.
- Неподходящие уплотнительные кольца и/или неподходящая уплотнительная паста или силикон на буртике гильзы.
- Неверное количество уплотнительных колец.
- Слишком низкая рабочая температура двигателя: если двигатель из-за определенных условий эксплуатации или из-за неисправности термостата не достигает обычной рабочей температуры, то в системе охлаждения не может образоваться избыточное давление по причине более низкого теплового расширения охлаждающего средства. Из-за слишком низкой рабочей температуры поршни также не достигают надлежащего теплового расширения и поэтому работают с повышенным зазором между юбкой поршня и стенкой цилиндра. И то, и другое способствует образованию пузырьков и тем самым кавитации.
- Монтаж дополнительных уплотнительных колец в выточке на буртике гильзы (рис. 4): На этом месте уплотнительные кольца можно монтировать только в том случае, если это однозначно предусмотрено изготовителем.



1 Выступ гильзы
2 Кольцо из томпака
3 Выточка
4 Кольцо круглого сечения

Рис. 4

3.10.4 Неравномерный износ рабочей поверхности



Описание повреждения

- Коррозия по наружному диаметру гильзы цилиндра (рис. 1).
- Нерегулярное пятно износа с отдельными блестящими, отполированными местами на поверхности цилиндра (рис. 2).
- Поршень не поврежден.
- Утечка масла в местах уплотнений, особенно в области радиальных уплотнительных колец для вала.

Рис. 1

Рис. 2

Оценка повреждения

Блестящие, неравномерные пятна контакта на рабочих поверхностях цилиндров всегда являются признаком перекоса цилиндров. Перекос мокрых и сухих гильз цилиндров может возникнуть непосредственно во время монтажа. Поршневые кольца в деформированных отверстиях цилиндров не обеспечивают безупречного уплотнения от проникновения масла и отработавших газов.

Масло проходит мимо поршневых колец, попадает в камеру сгорания и сжигается. Отработавшие газы протекают в большом объеме мимо поршня и приводят к увеличению давления в картере. Это избыточное давление вызывает утечку масла в местах уплотнений двигателя, особенно в области радиальных уплотнительных колец для вала.

Кроме того, масло продавливается во впускной и выпускной каналы через направляющие клапанов, а затем сжигается или выбрасывается двигателем.

Возможные причины

- В глухих отверстиях блока цилиндров двигателя, при использовании сухих гильз цилиндров, часто образуются значительные неровности из-за контактной коррозии (посадочная ржавчина, рис. 1). Противодействующие меры: тщательная очистка глухого отверстия в цилиндре или, если это не поможет, доработка глухих отверстий в цилиндрах и последующий монтаж гильз цилиндров с наружным припуском*. Тонкостенные гильзы цилиндров должны прилегать по всей длине и по всему периметру. Иначе гильзы цилиндров деформируются уже при установке в глухие отверстия. В процессе эксплуатации подобная деформация усиливается. Среди сухих гильз цилиндров различают исполнения «Pressfit» и «Slipfit». Гильзы цилиндров «Pressfit» впрессовываются в блок цилиндров двигателя, после чего их необходимо подвергнуть расточке и хонингованию. Гильзы цилиндров «Slipfit» полностью обработаны, их только вводят в глухое отверстие. Из-за зазора между гильзой цилиндра и глухим отверстием в цилиндре это исполнение – в отличие от гильзы цилиндра «Pressfit» – скорее вызывает проблемы, связанные с перекосом и коррозией.
- Неравномерная или неправильная затяжка болтов головки блока цилиндров.
- Неровные торцевые поверхности блока цилиндров двигателя и головки блока цилиндров.
- Загрязненная или перекошенная резьба болтов головки блока цилиндров.
- Неправильное или неподходящее уплотнение головки блока цилиндров.
- Сильный перекос цилиндра из-за дефектной опоры буртика гильзы в картере, неверного выступа гильзы и перекоса и/или износа нижней направляющей буртика.
- Слишком слабая или слишком прочная посадка гильзы в картере (при использовании сухих гильз цилиндров).

Специально для цилиндров с ребрами:

- Несоосные цилиндры с ребрами. Отдельно стоящие цилиндры с ребрами должны точно плоскопараллельно прилегать к картеру и головке блока цилиндров, а также иметь одинаковую высоту.
- Неправильно установленные или отсутствующие спойлеры.
- Крепежные болты имеют в отверстиях контакт с корпусом цилиндра.
- Механический контакт с соседним цилиндром.
- Несоосные уплотнительные поверхности впускного и выпускного коллекторов. Впускной и выпускной коллекторы должны быть предварительно смонтированы перед затяжкой головок блоков цилиндров. Причина: все уплотнительные поверхности должны быть соосными, при затяжке коллектора не допускается перекос цилиндров с ребрами и головок блоков цилиндров.

Специально для двигателей без гильз цилиндров:

- Перекошенные отверстия цилиндров. Определенные двигатели склонны к перекосу при монтаже головки блока цилиндров. Если расточка и хонингование в этих двигателях осуществляются обычным способом, то при последующей эксплуатации могут возникнуть проблемы в связи с перекосами.

Рекомендация:

При использовании блоков цилиндров двигателей без гильз цилиндров, с цилиндрами, просверленными непосредственно в блок цилиндров двигателя, перед обработкой цилиндров рекомендуется навинтить на торцевую поверхность цилиндров нажимную пластину (хонинговальные очки). Эта нажимная пластина имеет те же отверстия, что и блок цилиндров двигателя, за исключением каналов подачи воды; ее толщина составляет несколько сантиметров. Благодаря навинчиванию с соблюдением заданных моментов затяжки нажимная пластина создает условия напряжений, как если бы была установлена головка блока цилиндров. Перекосы в отверстиях цилиндров, которые могут возникнуть при затяжке болтов головки блока цилиндров, создаются таким образом в определенном виде и учитываются при обработке. Это обеспечивает (при условии безупречной обработки) максимальную круглость и цилиндричность отверстия цилиндра при последующей работе двигателя.

* Фирма Motorservice поставляет для большинства двигателей гильзы цилиндров с наружным припуском. Подробности см. в каталоге фирмы Motorservice «Поршни и компоненты».

3.10.5 Блестящие места в верхней части рабочей поверхности

Описание повреждения

- Блестящие, отполированные места без структуры хонингования на рабочей поверхности цилиндра (рис. 1 и 2).
- Поршень без следов износа.
- Отложения масляного нагара на жаровом поясе.
- Повышенный расход масла.

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Оценка повреждения

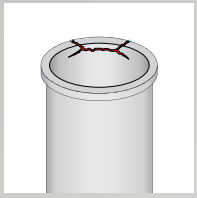
Такие виды износа появляются тогда, когда при эксплуатации на жаровом поясе поршня образуется твердый масляный нагар от сгоревшего масла и остаточных продуктов сгорания (рис. 3). Этот нагар имеет абразивные свойства и во время эксплуатации приводит к повышенному износу в верхней части цилиндра от движения поршня вверх и вниз, а также при перекладке поршня. Чрезмерный расход масла не вызывается местами блеска. Из-за возникновения отполированных мест цилиндр не теряет существенно свою круглую форму. Поршневые кольца по-прежнему выполняют функцию уплотнения. Также не ухудшается смазка цилиндра, потому что в открытых графитовых жилках на поверхности цилиндра все еще находится достаточное количество масла, несмотря на утрату структуры хонингования. При оценке такого повреждения важно, что места блеска появились только в тех местах цилиндра, которые вступают в контакт с жаровым поясом, покрытым масляным нагаром. Если места блеска имеются также в других местах, то причина повреждения связана скорее:

- с перекосом цилиндра (см. главу «Неравномерный износ цилиндра»),
- с избытком топлива в камере сгорания (см. главу «Износ поршней, поршневых колец и цилиндров из-за избытка топлива в камере сгорания»),
- с попаданием загрязнений (см. главу «Износ поршней, поршневых колец и цилиндров по причине загрязнений»).

Возможные причины

- Попадание чрезмерно большого количества моторного масла в камеру сгорания из-за неисправного турбонагнетателя, недостаточного маслоотделения при вентиляции картера двигателя, неисправных уплотнений стержней клапанов и т. д.
- Избыточное давление в картере из-за повышенного уровня выбросов газов, проникших в картер двигателя из камеры сгорания, или из-за неисправного клапана вентиляции картера.
- Недостаточная окончательная обработка цилиндра и в результате этого повышенный выход масла в камеру сгорания (см. главу «Износ поршневых колец вскоре после ремонта двигателя»).
- Использование недопущенных к применению или низкосортных моторных масел.

3.10.6 Трещина гильзы цилиндра из-за гидравлического удара



Описание повреждения

- Гильза цилиндра имеет в верхней части большую трещину и задиры на рабочей поверхности (рис. 2 и 3).
- Задиры на нагруженной и ненагруженной сторонах поршня.
- В днище поршня: в месте образования задиров углубление в виде выемки (рис. 4).

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Оценка повреждения

Гильза цилиндра была повреждена из-за гидравлического удара. Под его действием разорвалась гильза цилиндра и образовалось углубление в днище поршня.

Материал поршня выдавился наружу, что привело к резкому уменьшению зазора поршня в отверстии цилиндра. Невозможно определить, произошел ли гидравлический удар во время эксплуатации двигателя или его запуска.

Возможные причины

- Случайное всасывание воды при переезде через скопления воды или из-за попадания большого количества воды от движущихся впереди или проезжающих мимо транспортных средств.
- Заполнение цилиндра при неработающем двигателе:
  - охлаждающим средством из-за негерметичности уплотнения головки блока цилиндров или трещин в деталях.
  - топливом из-за негерметичности впрыскивающих форсунок. Остаточное давление в системе впрыска сбрасывается через негерметичную форсунку в цилиндр. Повреждение возникает при запуске двигателя.

3.11.1 Общая информация о расходе масла

Общий расход масла двигателя слагается в основном из расхода масла (сжигаемое в камере сгорания масло) и потерь масла (негерметичности). Доля масла, попадаемого в камеру сгорания через поршни и поршневые кольца и сжигаемого в ней, сегодня играет лишь второстепенную роль. Благодаря постоянному усовершенствованию компонентов двигателей, составов материалов и производственных процессов уменьшается износ цилиндров, поршней и поршневых колец, в результате чего сокращается также расход масла. Доказательствами этого являются большой пробег автомобилей и меньшее количество повреждений кривошипно-шатунного механизма.
Однако расход масла в камере сгорания невозможно полностью исключить, его можно лишь свести к минимуму: такие сопряженные скользящие части, как поршень, поршневые кольца и рабочая поверхность цилиндра, требуют постоянной смазки для безупречной работы. Во время сгорания масляная пленка на стенке цилиндра подвергнута высокой температуре процесса сгорания. В зависимости от мощности двигателя, нагрузки на него, качества моторного масла и температуры здесь испаряется или сжигается различное количество моторного масла.
Причина износа поршней, поршневых колец и цилиндров, а также вытекающего из этого повышенного расхода масла в большинстве случаев не связана с самими деталями. Почти всегда износ деталей вызван внешними воздействиями: нарушениями режима сгорания из-за ошибок в приготовлении смеси, попадающими в двигатель извне загрязнениями, недостаточным охлаждением двигателя, нехваткой масла, маслами неподходящего качества и дефектами монтажа. Подробные описания повреждений, касающихся поршней и цилиндров, приведены на нижеследующих страницах.

Указание:
По теме расхода масла предлагается отдельная брошюра «Расход масла и потери масла».

3.11.2 Маслосъемное поршневое кольцо: дефект монтажа

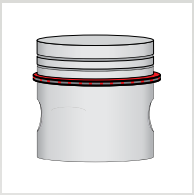


Рис. 1

Описание повреждения

- Поршни и поршневые кольца без следов износа (рис. 1).
- Отломанный конец пружины-расширителя трехсоставного маслосъемного поршневого кольца.
- Царапины на дне канавки маслосъемного поршневого кольца.

Оценка повреждения

Из-за монтажа пружины-расширителя внахлест сокращается длина окружности. Последствие: поломка пружины-расширителя и/или потеря напряжения пластинок. Пластинки больше не прилегают плотно к стенке цилиндра и не снимают масло. Масло попадает в камеру сгорания и сжигается там. Последствие: чрезмерный расход масла.

Возможные причины

- Неподходящие маслосъемные поршневые кольца.
- Ошибки при монтаже.

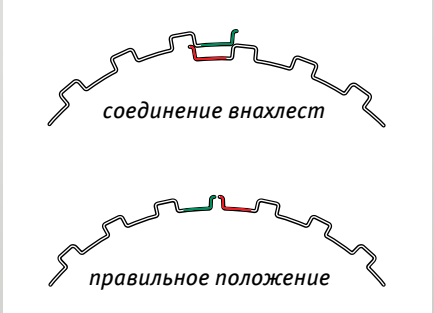
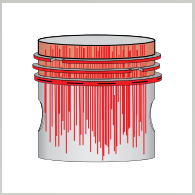


Рис. 2

Внимание:
После монтажа пластинчатых колец должны быть видны оба цвета пружины-расширителя. Поэтому всегда необходимо проверить это цветовое обозначение – также в предварительно собранных поршневых кольцах – перед монтажом поршней (рис. 2).

3.11.3 Износ поршней, поршневых колец и рабочей поверхности цилиндра по причине загрязнений



Описание повреждения

- Поршень: матовое отшлифованное пятно контакта с тонкими, мелкими продольными рисками на жаровом поясе и юбке поршня.
- Стертые на юбке риски от токарной обработки поршня.
- Изношенные боковые поверхности компрессионных поршневых колец, особенно первого поршневого кольца, а также изношенные боковые поверхности кольцевых канавок (рис. 2).
- Сильно увеличен зазор компрессионных поршневых колец по высоте, особенно у первого поршневого кольца.

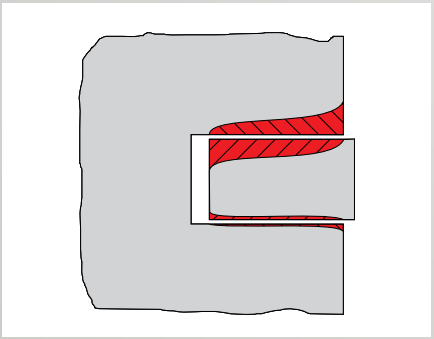


Рис. 2

Рис. 1

Рис. 3

Оценка повреждения

Риски на поршнях и поршневых кольцах, матовое пятно контакта на юбке поршня и следы от катания на боковых поверхностях колец появляются из-за абразивных инородных тел, имеющихся в масляном контуре (рис. 4 и 5). Поршневые кольца с изношенными рабочими и боковыми поверхностями больше не обеспечивают достаточного уплотнения цилиндров от просачивания масла в камеру сгорания. Вместе с этим повышается давление в картере из-за протекающих мимо поршней отработавших газов. Возможное последствие: выход масла в области радиальных уплотнительных колец для вала, уплотнений стержней клапанов и других мест уплотнений. Следы от катания появляются на поршневых кольцах в случае отложения частиц грязи в кольцевых канавках. Каждый раз при вращении поршневое кольцо задевает находящуюся в канавке частицу грязи, в результате чего на нем образуются типичные следы от катания.

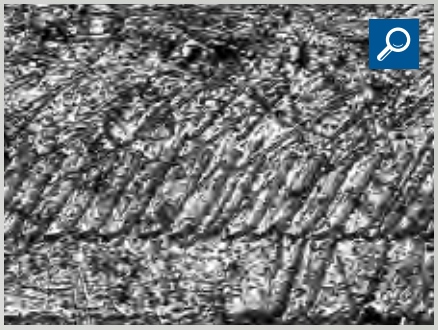


Рис. 4

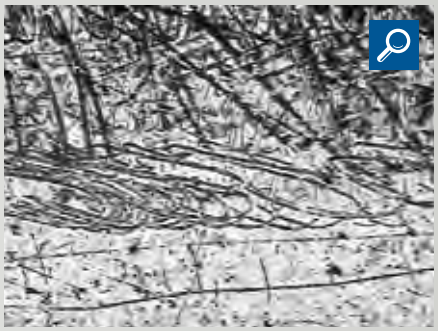


Рис. 5

Возможные причины

- Абразивные частицы грязи, попавшие в двигатель вместе со всасываемым воздухом в результате недостаточного фильтрования, например, из-за:
  - отсутствующих, неисправных, деформированных воздушных фильтров или некачественного их обслуживания.
  - негерметичной системы всасывания, например, по причине перекоса фланцев, отсутствия уплотнений, неисправности или пористости материала шлангов.
- Оставшиеся после ремонта двигателя частицы грязи. Часто при ремонте детали двигателя подвергаются пескоструйной или стеклоструйной обработке для очистки поверхности от трудно удаляемых отложений или остаточных продуктов сгорания. Если при этом материал обработки проникает в материал двигателя и не будет тщательно удален, он может высвободиться при работе двигателя и вызвать абразивный износ. На рис. 6 и 7 представлены сделанные под микроскопом снимки с изображением повреждения из-за частиц грязи в поляризованном свете. Четко видны кусочки материала стеклоструйной обработки или даже целые стеклянные шарики.
- Частицы истирания, появляющиеся при обкатке двигателя, затем в результате слишком поздней первой смены масла снова попадающие через масляный контур к сопряженным скользящим частям и вызывающие их износ. Повреждению подвергаются в особенности острые маслосъемные кромки поршневых колец.

Рис. 6

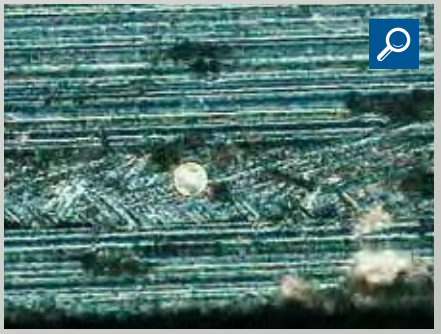
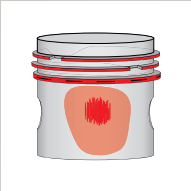


Рис. 7

3.11.4 Износ поршней, поршневых колец и цилиндров из-за избытка топлива в камере сгорания



Описание повреждения

- Следы значительного износа на жаровом поясе и юбке поршня.
- На юбке поршня места трения, характерные для работы всухую из-за избытка топлива в камере сгорания.
- Поршневые кольца с сильным радиальным износом (рис. 1). Стерты обе перемычки (несущие поверхности) маслосъемного поршневого кольца (рис. 2). Для сравнения на рис. 3: профили нового и старого маслосъемных поршневых колец (маслосъемные коробчатые поршневые кольца со сходящимися фасками и со спиральным витым пружинным расширителем).
- Повышенный расход масла.

Рис. 1

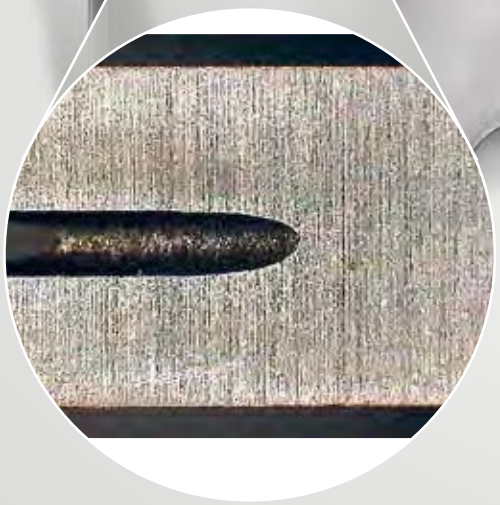


Рис. 2

Рис. 3

Оценка повреждения

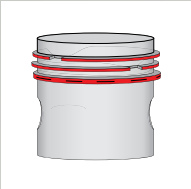
Избыток топлива в камере сгорания из-за нарушений режима сгорания всегда приводит к повреждению масляной пленки. Вследствие этого наблюдаются усиленное полусухое трение и значительный радиальный износ поршневых колец по истечении короткого времени эксплуатации. По мере разрушения масляной пленки под действием топлива, приводящего к недостатку смазки, образуются характерные места истирания от избытка топлива (см. главу «Места трения от работы всухую из-за избытка топлива в камере сгорания»). В результате постепенной утраты эффективности смазки возникает значительный износ поршневых колец, кольцевых канавок и рабочих поверхностей цилиндров.

В начальной стадии наблюдается незначительное повреждение юбки поршня, так как она регулярно снабжается кривошипно-шатунным механизмом свежим маслом, еще обладающим смазочными свойствами. Лишь после того, как абразивные частицы из зоны хода поршней перемешаются со смазочным маслом и смазочное масло утратит прочность из-за разбавления, происходит дальнейшее распространение износа на все места установки подшипников в двигателе. Это относится особенно к поршневому пальцу и шатунной шейке коленчатого вала.

Возможные причины

- Частый режим езды на короткие дистанции и в результате этого разбавление масла топливом.
- Примесь охлаждающего средства в моторном масле.
- Некачественное моторное масло.
- Избыток топлива в камере сгорания из-за неполного сгорания вследствие нарушений в приготовлении смеси.
- Неисправности в системе зажигания (перебои в зажигании).
- Недостаточное давление сжатия или плохая наполняемость из-за изношенных или сломанных поршневых колец.
- Неверный размер выступа поршня: поршень ударяется о головку блока цилиндров. В дизельных двигателях с непосредственным впрыском возникающие при этом колебания приводят к неконтролируемому впрыску топлива впрыскивающими форсунками и тем самым к избытку топлива в цилиндре (см. главу «Следы ударов на головке поршня»).
- Плохая наполняемость из-за забитых воздушных фильтров.
- Неисправные и негерметичные впрыскивающие форсунки.
- Неисправный или неправильно настроенный топливный насос высокого давления.
- Неправильно проложенные топливопроводы высокого давления (колебания).
- Плохая наполняемость из-за неисправных или изношенных турбонагнетателей.
- Некачественное топливо (слабое самовоспламенение и неполное сгорание).

3.11.5 Износ поршневых колец вскоре после ремонта двигателя



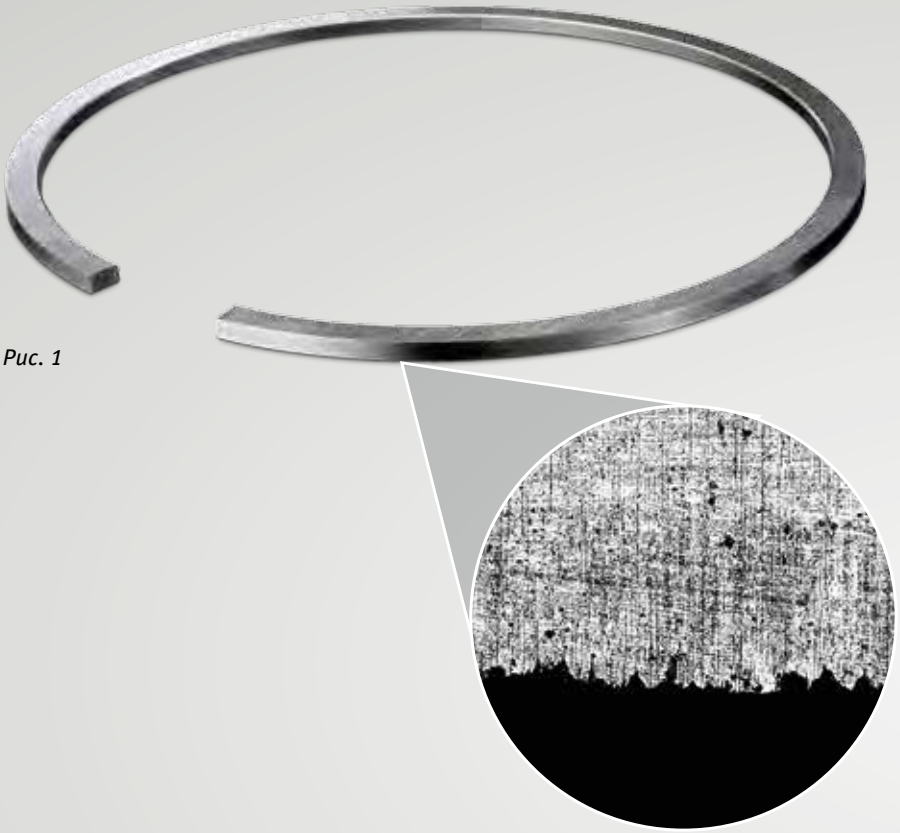


Рис. 1

Описание повреждения

- Поршень без повреждений и износа.
- При поверхностном взгляде: отсутствие следов износа на поршневых кольцах; при более тщательном рассмотрении: повышенный износ маслосъемных кромок колец, особенно нижних кромок колец (см. увеличенный вид).
- Ощутимые заусенцы на нижней кромке рабочей поверхности поршневого кольца.

Оценка повреждения

Из-за изношенных кромок поршневых колец между рабочими поверхностями поршневых колец и рабочей поверхностью цилиндра появляются значительные гидродинамические силы (рис. 2), вызванные образованием так называемого масляного клина.

Поршневые кольца наплывают на масляную пленку при движении поршня вверх и вниз и слегка приподнимаются с рабочей поверхности цилиндра. В результате этого смазочное масло в большем количестве попадает в камеру сгорания и сжигается.

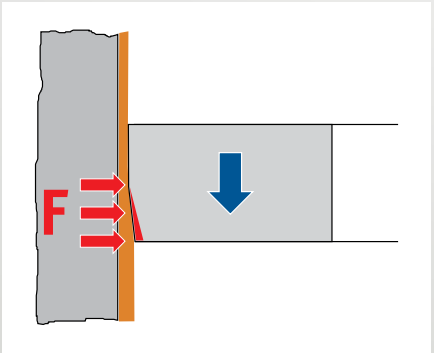


Рис. 2

Возможные причины

Заусенцы появляются, если условия для поршневых колец после ремонта двигателя не оптимальны. Причины этого связаны прежде всего с недостаточной или неподходящей окончательной обработкой цилиндра. Если при финишном хонинговании используются затупившиеся хонинговальные бруски или если хонингование проводится под слишком высоким давлением, то на стенке цилиндра появляются заусенцы и возвышения. Эти металлические выступы загибаются в направлении обработки (*рис. 3*). Речь идет об образовании металлической оболочки, которая приводит к повышенному трению в фазе приработки и предотвращает попадание моторного масла в тонкие графитовые жилки.

Если эти заусенцы не удаляются путем проведения заключительной операции обработки, платохонингования, то в фазе приработки возникает преждевременный износ кромок поршневых колец. При этом поршневые кольца непроизвольно снимают металлическую оболочку и очищают графитовые жилки. Это приводит к износу кромок поршневых колец и появлению заусенцев. Опыт показывает, что заусенцы, возникшие таким образом на кромках поршневых колец, снимаются лишь с большим трудом. Поврежденные поршневые кольца подлежат замене.

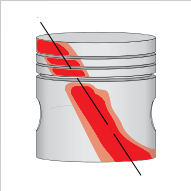
Второй комплект поршневых колец, установленный в качестве замены, имеет намного более благоприятные, почти нормальные условия работы. Это связано с тем, что первый комплект поршневых колец из-за износа большей частью уже снял мешающий наружный слой с рабочей поверхности цилиндра, т. е. металлическую оболочку. После замены поршневых колец расход масла нормализуется. Часто неправильно считают, что установленные вначале поршневые кольца изготовлены из материала низкого качества. На рис. 4 показано микроскопическое увеличение загнутых выступов в разрезе поверхности цилиндра после ненадлежащего хонингования рабочей поверхности цилиндра (металлическая оболочка). На рис. 5 показана поверхность после платохонингования. Большая часть заусенцев и выступов удалена, графитовые жилки очищены. Поршневые кольца имеют хорошие условия для приработки и благодаря этому большой срок службы. Особая эффективность наблюдается при создании плато хонинговальными щетками.

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

3.11.6 Несимметричное пятно контакта поршня



Описание повреждения

Рис. 1:

- Асимметричное пятно контакта поршня по всей высоте поршня.
- Истертый до блеска жаровой пояс на левой стороне поршня над бобышкой пальца и на противоположной нижней кромке поршня.
- Неравномерное пятно контакта компрессионного поршневого кольца.

Рис. 2:

- Поршень, работавший в наклонном положении, со значительным износом на нижней правой кромке, в области выемки для форсунки охлаждающего масла и под отверстием для поршневого пальца.

Рис. 1

Рис. 2

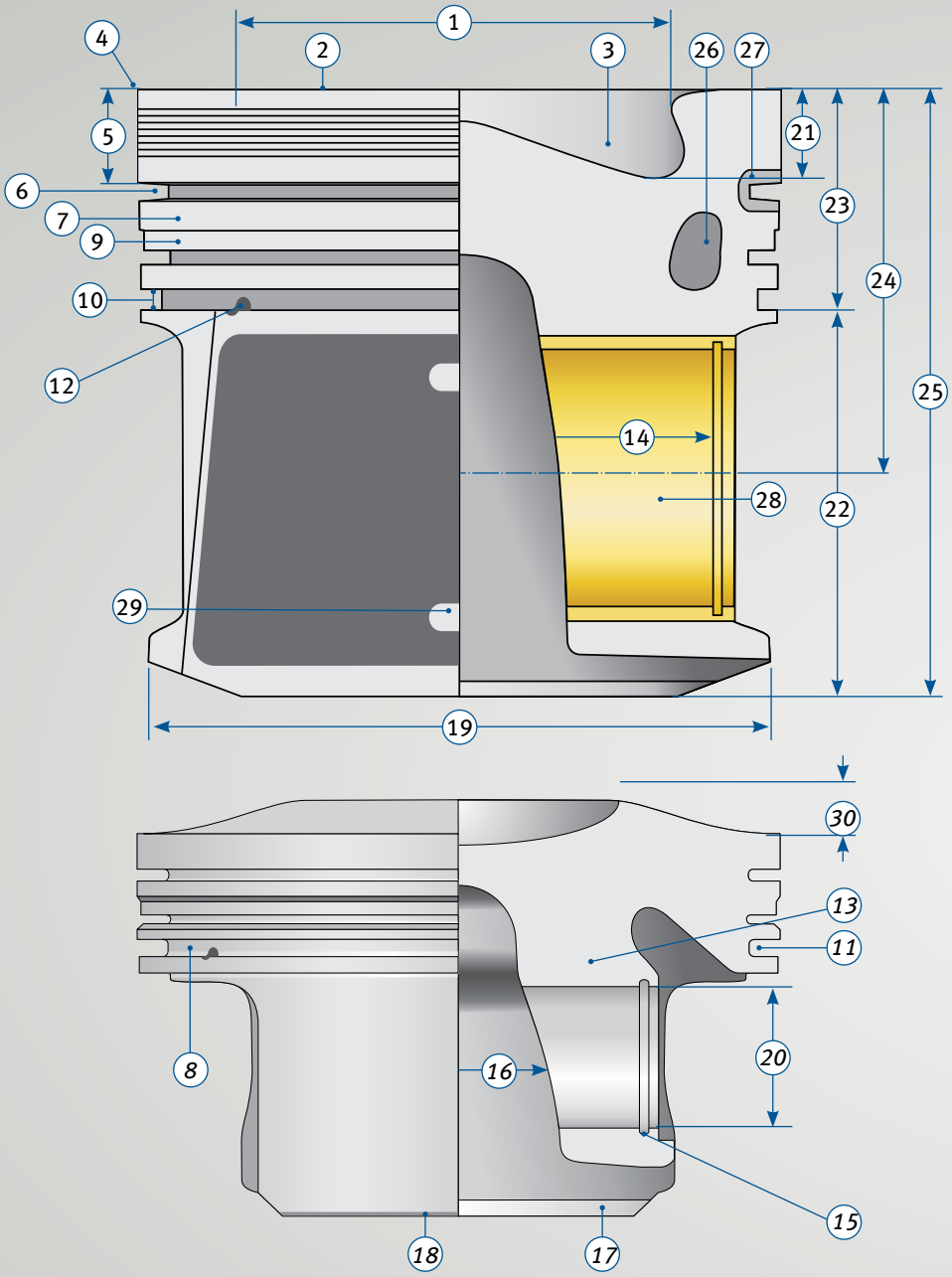
Оценка повреждения

Такие асимметричные пятна контакта поршня являются признаком работы поршня в отверстии цилиндра в наклонном положении и признаком непараллельности осей поршневого пальца и коленчатого вала. Из-за плохого прилегания к цилиндру поршневые кольца обеспечивают уплотнение в недостаточной степени. Горячие отработавшие газы протекают мимо и чрезмерно нагревают поршневые кольца и стенку цилиндра. Из-за этого утончается масляная пленка, что может привести к образованию задира от работы всухую. В результате работы поршня в цилиндре в наклонном положении и его движения вверх и вниз на поршневых кольцах возникает насосный эффект. Под действием этого эффекта масло перекачивается в камеру сгорания, и повышается расход масла. В определенных случаях поршневой палец подвергается осевому смещению, что может вызвать износ или поломку стопора поршневого пальца (см. главу «Повреждения поршней из-за поломанных стопоров поршневых пальцев»).

Возможные причины

- Изгиб или скручивание шатунов.
- Наклонно просверленные отверстия в головках шатунов.
- Отверстие цилиндра не перпендикулярно оси коленчатого вала.
- Косо смонтированные отдельные цилиндры (перекосы при монтаже).
- Шатунная шейка не параллельна оси коленчатого вала.
- Косо просверленное отверстие в головке шатуна (непараллельность осей).
- Слишком большой люфт шатунного подшипника, особенно в сочетании с асимметричными шатунами (смещение центров головки шатуна и большого шатунного подшипника).

4 Глоссарий – специальные термины и названия в связи с поршнем



1 *Ø углубления*
2 *Днище поршня*
3 *Углубление*
4 *Кромка днища*
5 *Жаровой пояс*
6 *Канавка для компрессионного поршневого кольца*
7 *Перемычка между канавками колец*
8 *Дно канавки*
9 *Смещенная перемычка между канавками колец*
10 *Боковые поверхности канавки*
11 *Канавка для маслосъемного поршневого кольца*
12 *Отверстие для обратного стока масла*
13 *Бобышка поршня*
14 *Предохранительное расстояние между канавками*
15 *Канавка для упорного кольца*
16 *Расстояние между внутренними торцами бобышек поршня*
17 *Посадочный поясок*
18 *Нижняя кромка юбки поршня*
19 *Диаметр поршня 90° по отношению к отверстию для поршневого пальца*
20 *Отверстие для поршневого пальца*
21 *Глубина выемки (МТ)*
22 *Направляющий пояс*
23 *Пояс поршневых колец*
24 *Высота головки поршня*
25 *Длина поршня*
26 *Канал масляного охлаждения*
27 *Упрочняющая вставка для кольца*
28 *Втулка поршневого пальца*
29 *Ø измерительного окна*
30 *Превышение днища (ВЙ)*

Пояснение использованных специальных терминов

Абразивный
Шлифующий/истирающий.

Асимметричный
Не зеркально отраженный, несимметричный.

Бочкообразность
Слегка выпуклая форма поршня в области юбки.

Вихревая камера
Часть камеры сгорания в дизельных двигателях с непосредственным впрыском. В отличие от предкамеры выходное отверстие этой камеры больше и входит тангенциально в вихревую камеру. При сжатии поступающий в камеру воздух ввиду ее формы подвергается сильному завихрению. Это способствует хорошему сгоранию.

Выступ поршня
Выступ поршня для дизельного двигателя в верхней мертвой точке за уплотнительную поверхность блока цилиндров. Размер выступа является важным размером, который подлежит точному соблюдению и проверке при ремонте двигателя. Этим гарантируется, что будет соблюдена правильная степень сжатия и что поршень не будет ударяться о головку блока цилиндров.

Газы, проникшие в картер двигателя из камеры сгорания
Количество газов, просачивающихся через поршневые кольца в картер при сгорании. Чем хуже уплотнение поршня в цилиндре, тем больше количество просачивающихся газов. Среднее количество просачивающихся газов составляет 1% от количества всасываемого воздуха.

Графитовые жилки
Графитовые включения в основной материал при производстве чугуна с пластинчатым графитом (серый чугун). Если надрезанные при окончательной обработке цилиндра жилки очищаются хонинговальными щетками, то в них может отложиться масло для смазки поршня.

Двигатель с непосредственным впрыском
Двигатели, в которых топливо впрыскивается непосредственно в камеру сгорания.

Движение поршня вверх
Движение поршня от коленчатого вала в направлении головки блока цилиндров (такт сжатия и такт выпуска в четырехтактном ДВС).

Движение поршня вниз
Движение поршня в направлении коленчатого вала во время такта впуска и такта расширения (четырехтактный ДВС).

Детонационная стойкость
Стойкость топлива для двигателей с принудительным воспламенением смеси (бензин) к самовоспламенению.

Деформация материала
Изменение структуры и в связи с этим изменение формы юбки работавшего поршня (см. термин «Зазор при монтаже поршня» в глоссарии).

Директивы по отработавшим газам
Национальные или международные законодательные предписания по ограничению выбросов отработавших газов транспортных средств.

Долговременная детонация
Непрерывное детонационное сгорание при работе двигателя.

Зазор между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров
Оставшееся расстояние между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров. При ремонте двигателя необходимо следить за соблюдением предписанного изготовителем зазора между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров (см. термин «Выступ поршня» в глоссарии).
Зазор между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров называют также свинцовым размером, так как его можно определить с помощью свинцовой проволоки: ее вкладывают при сборке в цилиндр и один раз прокручивают двигатель. При этом свинцовая проволока раздавливается до плоского состояния и может быть затем измерена. Размер, определяемый на основе раздавленной проволоки, является так называемым свинцовым размером.

Зазор при монтаже поршня
Зазор между поршнем и цилиндром, обеспечивающий свободный ход нового поршня в цилиндре при монтаже и во время эксплуатации.

В течение первых часов эксплуатации поршень подвергается сохраняющейся деформации; речь идет о так называемой «деформации» поршня. С одной стороны, это вызвано нагревом и возникающими в результате этого изменениями структуры, а с другой стороны, механической нагрузкой. Поэтому максимальный размер поршня, имеющийся всегда в области юбки, во время фазы приработки подвергается определенным изменениям, зависящим от типа конструкции, состава материала и нагрузки. Это свойство относится к обычным эксплуатационным свойствам алюминиевых поршней и не является причиной для рекламации. Также при повреждениях поршня, возникающих в результате недостатка смазки, перегрева или чрезмерной нагрузки на двигатель, наблюдается пластичная деформация юбки поршня. Это приводит к еще более сильным деформациям и изменениям размеров.

В случае повреждений для оценки износа часто используют зазор при монтаже поршня, или впоследствии рассчитывают монтажные зазоры, что неверно. Такой подход не применим, так как работавший поршень отличается по форме и заданным размерам от первоначального нового поршня. Часто считают, что максимальный размер поршня в области юбки слишком мал, и предполагают, что поршень изношен, хотя тонкие риски обработки или покрытие на юбке поршня полностью сохранились.

4 Глоссарий

На основании вычисленных размеров работавшего поршня и рассчитанных по ним монтажных зазоров невозможно оценить качество ремонта двигателя. Кроме того, невозможно сделать выводы о качестве материала и соблюдении заданных размеров поршня в новом состоянии.

Если монтажный зазор слишком мал, могут появиться задиры из-за недостаточного зазора (см. главу «Задиры из-за недостаточного зазора»). При слишком большом монтажном зазоре в холодном состоянии двигателя наблюдается повышенный уровень шума из-за перекоса поршня. Задиры на поршне, повышенный расход масла или другие повреждения вследствие этого возникнуть не могут.

Монтажный зазор нельзя путать с рабочим зазором поршня. Рабочий зазор устанавливается только после теплового расширения поршня и не может быть измерен.

Избыток топлива в камере сгорания
Чрезмерная подача топлива в камеру сгорания. При этом топливо осаждается на деталях в результате некачественного распыления или использования слишком богатой смеси и может разбавить масляную пленку на рабочей поверхности цилиндра или смыть ее. Последствие: недостаток смазки, который может привести к образованию мест истирания или задиров.

Исполнение «Pressfit»
Сухая гильза цилиндра, впрессовываемая в глухое отверстие в цилиндре с помощью специального средства скольжения. При этом почти всегда речь идет о полуобработанных гильзах, т. е. отверстие цилиндра подлежит еще окончательной обработке расточкой и хонингованием.
Преимущество: прочная посадка гильзы в глухом отверстии в цилиндре.

Исполнение «Slipfit»
Сухая гильза цилиндра, которую можно от руки ввести в блок цилиндров. Как правило, она уже была подвергнута окончательной обработке, т. е. отверстие цилиндра больше не требует расточки и хонингования.
Недостаток: зазор между гильзой цилиндра и глухим отверстием в цилиндре.

Кавитация
Вымывание материалов, окруженных водой или другими жидкостями. При образовании разрежения и в зависимости от температуры на поверхности, как при кипении, появляются пузырьки пара, которые сразу лопаются. При лопании пузырьков водяной столб с большой силой ударяется о материал и вырывает при этом из поверхности мельчайшие частицы материала. Пузырьки образуются под действием колебаний или сильного разрежения.

Калильное зажигание
Самовоспламенение топливо-воздушная смеси от свечи зажигания перед собственным процессом зажигания. Калильное зажигание вызывается раскаленными деталями (уплотнение головки блока цилиндров, свеча зажигания, выпускной клапан, отложения масляного нагара и т. п.).

Лямбда-регулирование
В бензиновом двигателе устройство для регулирования соотношения количества подаваемого воздуха и топлива.

Мертвая точка
Точка, в которой изменяется направление движения поршня при его движении вверх и вниз в цилиндре. Различают нижнюю и верхнюю мертвые точки.

Места истирания
Первый контакт двух сопряженных скользящих частей, возникающий в результате повреждения смазочной пленки. В отличие от задира в месте истирания изменяется структура поверхности, а размеры остаются практически без изменений.

Место трения
Первая стадия задира при нехватке смазочного масла или начинающемся сужении зазора.

Металлическая оболочка
Оторванный или сжатый материал, покрывающий рабочую поверхность цилиндра при неправильной или неполной окончательной обработке цилиндра (хонингование/перекрестное шлифование).

Нагруженная сторона
Та сторона поршня или цилиндра, на которую поршень опирается во время сгорания. Нагруженная сторона расположена противоположно направлению вращения коленчатого вала.

Направление качания
Направление вращения вокруг оси поршневого пальца. В связи с тем, что поршень вращается не вокруг этой оси, а лишь качается в цилиндре, здесь также говорят о направлении качания.

Насос-форсунка
Специальная конструкция в дизельных двигателях с непосредственным впрыском, в которой впрыскивающая форсунка и система создания давления (насос) образуют единый блок и встроены непосредственно в головку блока цилиндров. Давление впрыска создается поршнем насоса, который в отличие от распределительного или рядного ТНВД управляется непосредственно распределительным валом двигателя. Впрыскивающие форсунки имеют электрическое управление. Время впрыска и количество впрыскиваемого топлива регулируются электронным блоком управления.

Недостаток смазки
Недостаток смазки возникает в случае утончения масляной пленки и тем самым ограничения ее эффективности. Причины: слишком малое количество масла, разбавление масляной пленки топливом или прерывание масляной пленки. В результате этого появляются сначала полусухое трение, а затем места истирания или задиры на деталях.

Ненагруженная сторона
Сторона поршня или цилиндра, расположенная напротив нагруженной стороны.

Несоосность шатуна
Непараллельность осей коленчатого вала и поршневого пальца.

Образование металлической оболочки
Сжимание материала на рабочей поверхности цилиндра затупившимися хонинговальными брусками или из-за слишком сильного наклона хонинговальных брусков.

Общий топливопровод высокого давления
Название систем непосредственного впрыска дизельного топлива современной конструкции. Клапаны впрыска с электрическим приводом питаются через общий топливопровод находящимся под высоким давлением топливом.

Октановое число
Октановое число топлива (ROZ = октановое число, определенное по исследовательскому методу) характеризует детонационную стойкость топлива для двигателей с принудительным воспламенением смеси. Чем выше октановое число, тем лучше детонационная стойкость топлива.

Перекладка поршня
Перекладка поршня в цилиндре от ненагруженной стороны к нагруженной стороне или наоборот. При движении поршня вверх он прилегает к ненагруженной стороне цилиндра и переходит к нагруженной стороне в зоне верхней мертвой точки.

Перекос поршня
Перекладка поршня в цилиндре от нагруженной стороны к ненагруженной стороне и наоборот. После шума, возникающего в процессе сгорания, перекос поршня является вторым по громкости видом шума в поршневом ДВС.

Платохонингование
Окончательная обработка при шлифовании цилиндров, при которой срезаются имеющиеся на поверхности материала выступы и создается так называемое плато. За счет этого сглаживается поверхность, улучшается режим работы при приработке и уменьшается износ.

Поверхность сжимания
Часть днища поршня, которая очень близко подходит к головке блока цилиндров. В конце такта сжатия смесь плотнее сжимается и выдавливается из краевой зоны в середину камеры сгорания. Это вызывает вихревое движение газов и улучшает сгорание.

Поломка от воздействия силы
Поломка, возникающая при чрезмерной нагрузке за доли секунды без образования предварительной трещины. Поверхности излома имеют матовую, зернистую поверхность без истирания.

Полусухое трение
Полусухое трение возникает тогда, когда утончается масляная пленка между двумя сопряженными скользящими частями, механически отделенными друг от друга масляной пленкой. Из-за этого отдельные выступы материала одной сопряженной скользящей части вступают в контакт с выступами материала другой части, в результате чего возникает трение металла о металл. Полусухое трение называется также полужидкостным трением.

Поршни с охлаждающими каналами
Работающие под высокой термической нагрузкой поршни изготавливаются с залитым в днище охлаждающим каналом. При работе двигателя в этот охлаждающий канал подается масло.

Предкамера
Часть камеры сгорания в дизельных двигателях с непосредственным впрыском. Топливо впрыскивается в предкамеру, где оно воспламеняется. В результате создаваемого в предкамере избыточного давления поршень перемещается вниз.

Прохождение трещины
Направление излома.

Процент вскрытия зерен графита
Количество вскрытых при щеточном хонинговании графитовых жилок; ориентировочное значение составляет ≥20%.

Пятно контакта поршня
Пятно контакта на юбке поршня там, где юбка поршня прилегает к цилиндру.

Работающий в наклонном положении поршень
Поршень, который из-за скрученного или изогнутого шатуна работает в цилиндре в перекошенном положении. После разборки на нем видно несимметричное пятно контакта.

Рабочий зазор поршня
Рабочий зазор поршня устанавливается во время эксплуатации после теплового расширения деталей. Поскольку отдельные детали имеют различные особенности конструкции и значения толщины стенок, при нагреве поршень изменяет свою форму. При этом поршень расширяется в области более толстых материалов сильнее, что соответственно учитывается в конструкции.

Рабочий ход
Такт расширения.

Разбавление масла
О разбавлении масла говорят в том случае, если масло разбавлено топливом. Причины: частый режим езды на короткие дистанции, нарушения в приготовлении смеси или неисправности в системе зажигания, недостаточное сжатие вследствие механических неисправностей двигателя. Несгоревшее топливо осаждается на стенке цилиндра, перемешивается там с маслом и таким образом попадает также в масляный поддон. Вязкость и смазывающая способность масла снижаются, а износ и расход масла повышаются.

Разбрызгиваемое масло
Масло, по назначению выступающее из мест установки подшипников коленчатого вала. Оно служит для смачивания и смазки рабочих поверхностей цилиндра снизу.

Растровые линии
Линии, имеющиеся на поверхностях усталостных изломов и вызванные относительно быстрым образованием излома. Излом образуется поэтапно. Для каждого последующего участка излома создается растровая линия. Начало излома находится в середине растровых линий.

Сборочный комплект
Ремонтный набор, включающий в себя гильзу цилиндра и поршень.

4 Глоссарий

Следы от катания
Следы износа на боковых поверхностях поршневых колец, возникшие в результате занесения пыли или грязи в двигатель. Отложения грязи в кольцевой канавке вызывают образование следов износа в канавке и на боковой поверхности поршневого кольца. Следы износа появляются из-за того, что при вращении поршневого кольца на поверхности остаются царапины от контакта с загрязнениями.

Смещение относительно оси
Конструктивное смещение оси поршневого пальца на несколько десятых долей миллиметра в направлении нагруженной стороны поршня. Из-за этого перекладка поршня в верхней мертвой точке происходит до начала самого процесса сгорания. Благодаря этому перекладка поршня проходит менее шумно и более мягко, как будто она происходит в связи с началом процесса сгорания и при намного более значительной нагрузке. В дизельных двигателях смещение относительно оси поршневого пальца может иметь место также на ненагруженной стороне вследствие высокой температуры.

Структура хонингования
Характерный внешний вид шлифованной поверхности, возникающий при перекрестном шлифовании (хонинговании).

Тангенциальное напряжение
Сила, которая давит поршневое кольцо в установленном состоянии к стенке цилиндра.

Требуемая детонационная стойкость
Требуемая детонационная стойкость двигателя вытекает из особенностей его конструкции. Она повышается по мере увеличения степени сжатия, температуры двигателя, опережения зажигания, коэффициента наполнения, нагрузки двигателя и неблагоприятных условий в камере сгорания. Октановое число двигателя (MOZ = октановое число, определенное по моторному методу) должно быть всегда на несколько баллов ниже октанового числа имеющегося в распоряжении топлива. Это позволит исключить детонационный режим работы двигателя во всех рабочих состояниях.

Упрочняющая вставка для кольца
Залитое в алюминиевый поршень кольцо из чугуна с высоким содержанием никеля, в которое врезается первая кольцевая канавка. Таким образом, первое, а иногда и второе, компрессионное поршневое кольцо находится в износостойкой канавке. Благодаря этому возможно увеличение рабочего давления и тем самым нагрузки. Упрочняющие вставки для колец устанавливаются в поршнях для дизельных двигателей методом многослойного литья.

Усиление волокнистыми вставками
Усиление волокнистыми вставками по краю углубления поршней дизельных двигателей с непосредственным впрыском. Перед литьем в литейную форму поршня вкладывается волокнистое кольцо из оксида алюминия, в которое в процессе литья проникает жидкий алюминий. Это повышает стойкость края углубления к образованию трещин. Усиление волокнистыми вставками возможно только при использовании метода литья под давлением, при котором алюминий под высоким давлением (ок. 1000 бар) впрессовывается в литейную форму.

Усталостный излом
Излом, возникающий не внезапно из-за чрезмерной нагрузки на материал, а постепенно. Скорость образования излома может длиться от нескольких секунд до нескольких часов или дней. Образование излома вызвано трещиной, повреждением или колебаниями. Поверхности излома не имеют неравномерный серый и матовый цвет, а содержат растровые линии, по которым прослеживается поэтапное развитие излома.

Хонингование
Окончательная обработка цилиндра путем перекрестного шлифования.

Цетановое число
Показатель воспламеняемости дизельного топлива. Чем выше цетановое число, тем лучше воспламеняемость.

Цилиндры с ребрами
Цилиндры, прежде всего в двигателях с воздушным охлаждением, оснащенные с наружной стороны ребрами для охлаждения двигателя.

Шатун горячего прессования
Шатун, жестко соединенный с поршневым пальцем. При сборке поршня с шатуном головку шатуна нагревают, а поршневой палец сильно охлаждают. В результате усадки поршневого пальца и расширения отверстия шатуна возникает воздушный зазор, позволяющий ввести поршневой палец от руки. При последующем остывании или нагреве деталей зазор исчезает, и поршневой палец зажимается в шатуне. При горячей посадке поршневого пальца в головку шатуна отсутствует необходимость в нагреве поршня.

Шлаковый остаток
Остаток шлака, отложившийся в материале при горячей деформации частей двигателя в процессе производства (клапаны, поршневые пальцы и т. д.). При последующей работе двигателя он может вызвать ослабление материала и связанную с этим поломку.

Щеточное хонингование
Последний процесс обработки при хонинговании.
Поверхность цилиндра освобождается от выступов и заусенцев, графитовые жилки вскрываются и очищаются. Благодаря щеточному хонингованию процент вскрытия зерен графита достигает 50%.

Электронный тюнинг
Модификация программного обеспечения блока системы управления двигателем для повышения мощности двигателя.

Эрозия
Съем материала вследствие кинетической энергии воздействующих на поверхность твердых, жидких или газообразных веществ.

MOTORSERVICE

Передача ноу-хау

www.ms-motorservice.com

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ ОТ ЭКСПЕРТОВ

Курсы обучения по всему миру
Непосредственно от изготовителя

Виртуальный магазин
Прямой доступ к нашим продуктам

Техническая информация
Практические навыки для практического применения

Новости
Регулярно рассылаемая по e-mail информация

Технические видеоподкасты
Подробно разъясненный профессиональный монтаж

Социальные сети
Всегда в курсе

Продукты в фокусе внимания онлайн
Интерактивная информация о продуктах

my MOTORSERVICE

Индивидуальная информация
Специально для наших заказчиков

MOTORSERVICE

Партнёр Motorservice:

Headquarters:
MS Motorservice International GmbH
Wilhelm-Maybach-Straße 14–18
74196 Neuenstadt, Germany
www.ms-motorservice.com

4 028977 389801

50 003 973-09 – 10/14 RU
© MS Motorservice International GmbH

KSPG
Automotive