



Повреждения поршней – как выявить и устранить их

SERVICE
TIPS & INFOS





Я дам вам силу
от KOLBENSCHMIDT,
PIERBURG и TRW ENGINE
COMPONENTS!



Группа Motor Service. Качество и сервис из одних рук.

Группа Motor Service – это организация по сбыту продукции концерна 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 и TRW Engine Components. Широкий и всеобъемлющий ассортимент позволяет заказчикам приобретать детали двигателей из одних рук. Для решения задач торговых предприятий и мастерских она, являясь дочерней фирмой крупного поставщика автомобильной промышленности, предлагает, кроме того, обширный набор услуг и техническую компетенцию.

Kolbenschmidt Pierburg. Пользующийся хорошей репутацией поставщик международной автомобильной промышленности.

В качестве многолетних партнёров производителей транспортных средств предприятия группы Kolbenschmidt Pierburg с признанной компетентностью разрабатывают новаторские компоненты и системные решения в области снабжения воздухом и снижения содержания вредных веществ, масляных, водяных и вакуумных насосов, поршней, блоков цилиндров двигателей и подшипников скольжения. Изделия 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 Kolbenschmidt Pierburg.



2. издание 04.2010
№ издания: 50 003 973-09
ISBN 978-3-86522-495-8

Редакция:
Motor Service Technical Market Support
Motor Service Product Management

Разработка и производство:
Motor Service Marketing
DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn

Перепечатка, размножение и перевод, в том числе и отдельных частей, 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 Motor Service International GmbH

Ответственность

Все данные этой брошюры были тщательно исследованы и составлены. И всё же ошибки могут быть, данные могут быть неверно переведены, может не хватать информации или предоставленная информация может тем временем устареть. В отношении правильности, полноты, актуальности или качества предоставленной информации мы не можем ни дать гарантии, ни взять на себя юридическую ответственность. Любая ответственность с нашей стороны за ущерб, особенно за прямой или косвенный, материальный или нематериальный, возникший в результате использования или неверного применения, а также из за неполноты или неверности содержащейся в данной брошюре информации, исключается, если только это не произошло намеренно или в результате грубой небрежности с нашей стороны.

Соответственно, мы не несём ответственности за ущерб, возникший по причине того, что то или иное предприятие по ремонту двигателей 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.



Содержание	Страница
1 Вступление	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 Поломки поршня и поршневых колец	46
3.6 Поломки поршневого пальца	52
3.7 Повреждения на стопорах пальцев	54
3.8 Задиры в бобышках поршневых пальцев	58
3.9 Стук поршня	62
3.10 Цилиндры и гильзы цилиндров	64
3.11 Чрезмерный расход масла	76
4 Глоссарий	86



Тема

Данная брошюра даст заинтересованному читателю возможность ознакомиться с различными источниками повреждений внутри двигателя внутреннего сгорания и поможет специалисту в диагностике и выявлении причин. Как и в медицине при оценке повреждений двигателей также необходим целостный подход, чтобы выявить не всегда однозначную причину / однозначные причины. Довольно часто после ремонта двигателя появляются снова повреждения и отказы, потому что, конечно, дефектные детали были заменены, но причины повреждений не были устранены. Поэтому для обнаружения дефекта необходимо основательно выявить причины. Говоря о повреждении специалисту часто предъявляют только дефектную деталь без дополнительной информации о сроке службы или масштабах повреждения. В таком случае, однако, диагностика может быть только общей и не специфической для данного повреждения.

Вся информация о повреждениях в этом новом, полностью переработанном издании очень тщательно собрана и находится на новейшем уровне. Таким образом, Вы имеете обширное справочное пособие, которое может быть полезным Вам в работе или в учёбе.

Указания по использованию брошюры

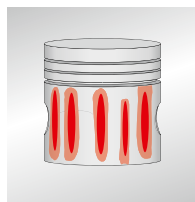


Рис. 1

Определить причины повреждений не всегда лёгкая задача. Часто трудно выявить повреждения на фотографии или они не могут быть определены как таковые. По этой причине фотографии с повреждениями были дополнены пиктограммами повреждений (Рис. 1). Они помогают лучше выявить и идентифицировать повреждения на фотографиях. При этом речь не идёт об изображении 1:1 соответствующего повреждения. Пиктограммы являются лишь примерами изображения, которые частично дополнены полезной дополнительной информацией.

Дальнейшей помощью являются страницы быстрой диагностики, позволяющие осуществлять быстрый поиск и выявление повреждений. Здесь также приведены вышеуказанные пиктограммы повреждений, на основе которых можно соотнести или, по крайней мере, предварительно определить возможные причины повреждений.

В некоторых случаях к одному и тому же повреждению относятся несколько различных пиктограмм. Если, к примеру, повреждение оставило характерные следы на поршне и на рабочей поверхности цилиндра, то к этому повреждению могут быть две пиктограммы с соответствующими элементами и их характеристиками повреждений.

В приложении к брошюре приведён глоссарий, в котором ещё раз объяснены специальные термины, использованные в данной брошюре.





Задиры из-за недостаточного зазора	10
Задиры из-за недостаточного зазора на юбке поршня	11
Задиры из-за недостаточного зазора соответственно рядом с бобышкой пальца (задиры под углом 45°)	12
Задиры из-за недостаточного зазора в нижней части юбки поршня	14
Задиры от работы всухую	16
Задиры от работы всухую на юбке поршня	17
Односторонние задиры на юбке поршня без мест нажима на противоположной стороне	18
Места трения от работы всухую из-за переполнения топливом	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
Прогар 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 (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)	40
Задиры в головке поршня в результате использования неправильных поршней (дизельный двигатель)	42
Эрозия на жаровом поясе и на днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси)	44
Поломки поршня и поршневых колец	46
Поломка поршня в ступице поршневого пальца	47
Излом поршня в результате столкновения днища поршня с головкой блока цилиндров	48
Вымывание материала в зоне колец (поломка колец)	50
Поломки поршневого пальца	52
Поломка поршневого пальца	53
Повреждения на стопорах пальцев	54
Повреждения поршней из-за поломанных стопоров пальцев	55
Задиры в бобышках поршневых пальцев	58
Задиры в бобышках поршневых пальцев (поршневые пальцы с плавающей опорой)	59
Задиры в бобышках поршневых пальцев (шатун горячего прессования)	60
Задиры в бобышках поршневых пальцев (с задирами на юбке поршня)	61
Стук поршня	62
Радиальные места ударов на жаровом поясе	63
Цилиндры и гильзы цилиндров	64
Продольные трещины гильз	65
Отломавшийся буртик гильзы цилиндра	66
Неравномерный износ рабочей поверхности	68
Кавитация на гильзах цилиндра	70
Блестящие места в верхней зоне рабочей поверхности	72
Трещина гильзы из-за гидравлического удара	74
Чрезмерный расход масла	76
Неправильный монтаж маслосъемного кольца (повышенный расход масла после ремонта двигателя)	77
Износ по причине загрязнений	78
Износ из-за переполнения топливом	80
Износ поршневых колец вскоре после капитального ремонта двигателя	82
Несимметричное пятно на контактной поверхности поршня	84



Повреждения юбки поршня

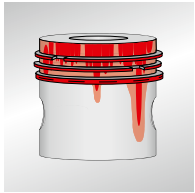
	<p>Задирь из-за недостаточного зазора на юбке поршня 11</p>		<p>Задирь из-за недостаточного зазора рядом с бобышкой поршня (задиры под углом 45°) 12</p>
	<p>Односторонние задирь на юбке поршня без мест нажима на противоположной стороне 18</p>		<p>Задирь от перегрева в основном на юбке поршня 26</p>
	<p>Задирь от работы всухую на юбке поршня 17</p>		<p>Задирь из-за недостаточного зазора в нижней части юбки поршня 14</p>
	<p>Места трения от работы всухую из-за переполнения топливом 20</p>		<p>Износ поршней, поршневых колец и цилиндра из-за переполнения топливом (повышенный расход масла) 80</p>

Задирь головки поршня

	<p>Задирь на головке поршня дизельных двигателей 21</p>		<p>Задирь в головке поршня в результате использования неправильных поршней (дизельный двигатель) 42</p>
	<p>Задирь от перегрева в основном на головке поршня 25</p>		<p>Задирь от работы всухую из-за прижогов на поршневых кольцах 22</p>



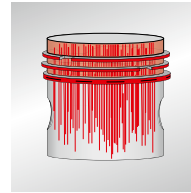
Повреждения поршневых колец



Задирь от работы всухую из-за прижогов на поршневых кольцах



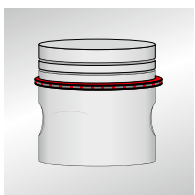
22



Износ поршней, поршневых колец и рабочей поверхности цилиндра по причине загрязнений (повышенный расход масла)



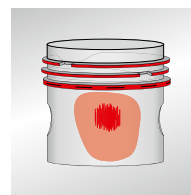
78



Неправильный монтаж маслосъемного кольца (повышенный расход масла после ремонта двигателя)



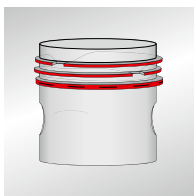
77



Износ поршней, поршневых колец и цилиндра из-за переполнения топливом (повышенный расход масла)



80

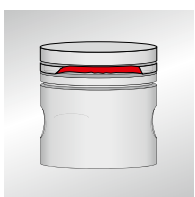


Износ поршневых колец вскоре после капитального ремонта двигателя (повышенный расход масла)



82

Прочие повреждения колец и направляющих поршней



Поломки перемычек между канавками колец

36



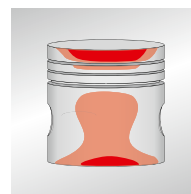
Вымывание материала в зоне колец (поломка колец)

50



Повреждения поршней из-за сломанных стопоров пальцев

55



Радиальные места ударов на жаровом поясе

63



Несимметричное пятно на контактной поверхности поршня (повышенный расход масла)



84



Повреждения, связанные с расходом масла



2 | Быстрая диагностика - картины повреждений

Повреждения головки поршня

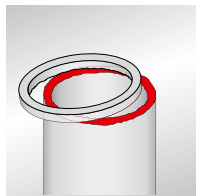
	Прогар на головке и юбке поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси)	31		Прогары и отложения на головке поршня (дизельный двигатель)	32
	Дыра в днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением)	40		Эрозия на жаровом поясе и на днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением смеси)	44
	Излом поршня в результате столкновения днища поршня с головкой блока цилиндров	48		Следы ударов на головке поршня (дизельный двигатель)	38
	Трещины в днище и в углублениях днища (дизельный двигатель)	34		Поломка поршня в ступице поршневого пальца	47

Задиры и поломки болта

	Задиры в бобышках поршневых пальцев (с задирами на юбке поршня)	61		Задиры в бобышках поршневых пальцев (поршневые пальцы с плавающей опорой)	59
	Задиры в бобышках поршневых пальцев (шатун горячего прессования)	60		Поломка поршневого пальца	53

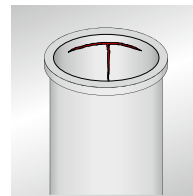


Повреждения гильз и внутренних диаметров цилиндров



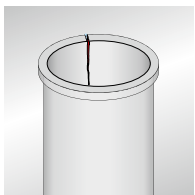
Отломавшийся буртик гильзы цилиндра

66



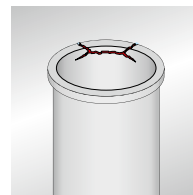
Отломавшийся буртик гильзы цилиндра (предначальная ступень)

66



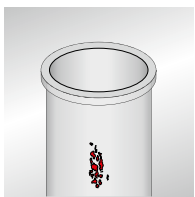
Продольные трещины гильз

65



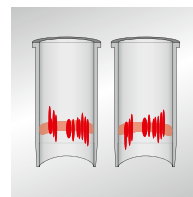
Трещина гильзы из-за гидравлического удара

74



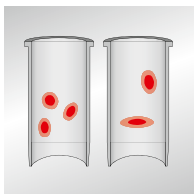
Кавитация на гильзах цилиндра

68



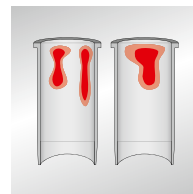
Задиры из-за недостаточного зазора в нижней части юбки поршня

14



Неравномерный износ рабочей поверхности

70



Блестящие места в верхней зоне рабочей поверхности

72



Повреждения, связанные 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 в эксплуатации может недопустимо сузиться почти до полного отсутствия при неправильной регулировке движущихся деталей, при перекосе цилиндров или же при термической перегрузке. Кроме того, температура поршня в работе значительно выше температуры цилиндра, что в эксплуатации приводит к различным характеристикам теплового расширения поршня и цилиндра. Поршень подвергается более сильному тепловому расширению, чем смежный цилиндр.

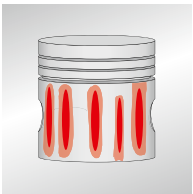
Кроме того, алюминиевые материалы, по сравнению с серым чугуном имеют двойное тепловое расширение, что, соответственно, необходимо учесть в конструкции.

При уменьшающемся зазоре между поршнем и цилиндром сначала возникает полусухое трение, потому что масляная плёнка на стенке цилиндра вытесняется расширяющимся поршнем. В результате этого несущие поверхности на юбке поршня сначала стираются до сильного блеска. Из-за полусухого трения и возникающего тепла трения температура элементов становится ещё выше. Поршень, при этом, оказывает всё большее давление на стенку цилиндра. Функция масляной плёнки при этом полностью исчезает. Поршень в цилин-

дре начинает работать без смазки. В результате этого появляются первые задиры с гладкой тёмной поверхностью. Обобщённо можно привести следующие характерные признаки задиров из-за недостаточного зазора. За местами противодействия с зеркальным блеском следуют гладкие тёмные задиры. Задиры при заедании из-за недостаточного зазора имеются как на нагруженной стороне, так и на ненагруженной стороне.

3.1.2

Задиры из-за недостаточного зазора на юбке поршня



Описание повреждения

На поверхности юбки поршня имеется несколько одинаковых задиры. Задиры возникли на нагруженной и на ненагруженной стороне, т.е., к задирам на одной стороне поршня имеются соответствующие задиры на противоположной стороне. Поверхность задиры переходит от точек давления с зеркальным блеском в относительно гладкие места трения с тёмным цветом. Зона колец не имеет повреждений.



Рис. 1

Оценка повреждения

Зазор между юбкой поршня и рабочей поверхностью цилиндра был или слишком узким или суживался в недопустимой мере из-за перекосов, которые возможно возникли только при эксплуатации двигателя.



Важное указание:

В отличие от задиры в результате работы без смазки задиры из-за недостаточного зазора возникают всегда по истечении короткого времени эксплуатации после капитального ремонта двигателя.

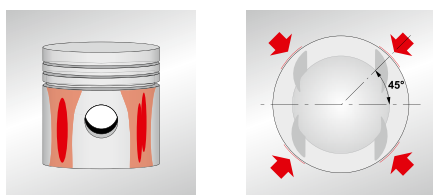
Возможные причины повреждения

- Слишком маленький диаметр цилиндра.
- Слишком сильная или неравномерная затяжка головки цилиндра (перекос цилиндра).
- Неровные торцевые поверхности на цилиндре или на головке цилиндров.
- Нечистая или неравномерная резьба в резьбовых отверстиях или на винтах головки цилиндров.
- Заедание или неравномерная смазка на опорных поясах головок винтов.
- Использование неправильных или неподходящих прокладок головки блока цилиндров.
- Перекос цилиндров в результате неравномерного нагрева из-за накипи, загрязнения или другие неисправности в системе охлаждения.

3.1 | Задиры из-за недостаточного зазора

3.1.3

Задиры из-за недостаточного зазора соответственно рядом с бобышкой пальца (задиры под углом 45°)



Описание повреждения

Характерным для этого повреждения являются задиры, появляющиеся соответственно со смещением на 45° относительно оси бобышки, причём как на нагруженной стороне, так и на ненагруженной стороне. Поверхность задилов переходит от точек нажима с зеркальным блеском в относительно гладкие места трения с тёмным цветом. Поршневой палец имеет синий цвет побежалости, это признак того, что в данном случае температура поршневого пальца была слишком высокой в результате недостаточного зазора или нехватки смазки.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Оценка повреждения

Повреждение появляется, если зона вокруг крепления поршневого пальца слишком сильно нагревается. Поскольку в этой зоне поршень отличается довольно высокой жёсткостью, возникает повышенное тепловое расширение

в этой зоне и зазор между поршнем и рабочей поверхностью цилиндра сужается. Относительно тонкостенная и, тем самым, эластичная направляющая часть поршня может компенсировать повышенное тепловое расширение своей упругостью. На переходе к жёстким

бобышкам пальца материал, однако, с большим усилием давит на стенку цилиндра, что в конечном счёте приводит к прерыванию масляной пленки и к возникновению трени на поршне.

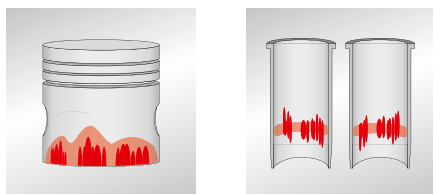
Возможные причины повреждения

- **Слишком высокая нагрузка на двигатель, когда он ещё не достиг рабочей температуры.** Поршень может достичь своей полной рабочей температуры в течение 20 секунд, в то время как для холодного цилиндра для этого требуется намного больше времени. В результате различий в тепловом расширении обоих элементов поршень расширяется намного сильнее и быстрее, чем цилиндр. Зазор поршня сильно сужается в вышеописанных местах. Появляются названные повреждения.
- **Слишком узкая посадка поршневого пальца в головке шатуна (шатун горячего прессования).** Слишком узкая посадка поршневого пальца в бобышке шатуна может привести к некруглости бобышки шатуна и, тем самым, также поршневого пальца. Это связано с различной толщиной стенки в бобышке шатуна. В то время как в направлении шатуна находится больше материала и имеются более толстые стенки, толщина стенки в конце шатуна намного меньше. При деформации поршневого пальца зазор в креплении пальца уменьшается. В результате этого недостаточный зазор в креплении вызывает возникновение повышенного тепла трения и, таким образом, повышенное тепловое расширение в данной зоне.
- **Дефект монтажа при горячей посадке поршневого пальца (шатун горячего прессования).** Кроме вышеназванной смазки пальца при горячей посадке поршневого пальца бобышки шатуна необходимо обратить внимание на то, чтобы непосредственно после вставки пальца подшипник пальца не был подвергнут контролю на свободный ход путем качающего движения. Непосредственно после вставки холодного пальца в горячий шатун температура между обеими деталями выравнивается. Поршневой палец может стать очень горячим. Он расширяется и заклинивает в ещё холодном подшипнике пальца. Если подшипник в этом состоянии перемещают, здесь могут возникнуть первое трение или задиры, которые в эксплуатации приводят к тяжёлому ходу подшипника и, тем самым, к повышенному трению и образованию тепла. По этой причине смонтированные детали должны остыть, опору следует проконтролировать на свободный ход только после остывания.
- **задиры в бобышке шатуна из-за недостаточной смазки при первом вводе двигателя в эксплуатацию.** При сборке поршневой палец не смазывается или смазывается недостаточно. Перед тем, как масло при первом пуске в эксплуатацию поступает к месту опоры, нет достаточной смазки. Это вызывает заедание опоры пальца и, таким образом, повышенное образование тепла.

3.1 | Задиры из-за недостаточного зазора

3.1.4

Задиры из-за недостаточного зазора в нижней части юбки поршня



Описание повреждения

На нижних концах юбки поршень имеет типичные задиры с местами нажима на одной стороне и на противоположной стороне. Следы переходят от места нажима с зеркальным блеском в гладкие тёмные задиры (Рис. 1). Все остальные части поршня не имеют особенностей. Те же самые задиры имеет соответствующая мокрая рабочая втулка цилиндра (Рис. 2) в нижней части, там где она на наружном диаметре несколькими уплотнительными кольцами уплотняется к картеру от попадания воды и масла. Все остальные части рабочей втулки цилиндра также не имеют особенностей.



Рис. 1



Рис. 2



Оценка повреждения

Тот факт, что задиры имеют характерные признаки заедания из-за недостаточного зазора как на поршне, так и на рабочей втулке цилиндра, указывает на

то, что зазор между поршнем и цилиндром в нижней части, вероятно, из-за деформации цилиндра был настолько сужен, что масляная плёнка прервалась.

Возможные причины повреждения

- Неправильные по размерам или неподходящие кольца круглого сечения могут привести к деформации рабочей втулки до полного отсутствия зазора юбки поршня. Для обеспечения достаточно большого пространства набухания уплотнительные кольца должны заполнить лишь ок. 70 % объёма канавок.
- Использование дополнительного уплотнительного средства в кольцах круглого сечения. Для используемых для данной цели уплотнительных колец характерно набухание в работе под воздействием масла. Это свойство так и предусмотрено, чтобы обеспечить герметичность в течение длительного времени. Поэтому не разрешается использование дополнительного уплотнительного средства. Свободное пространство было бы полностью заполнено и кольца круглого сечения не могли бы расширяться в работе.
- В пазах для уплотнительных колец в корпусе, возможно, сохранились ещё остатки старых уплотнительных колец (см. выше).
- Уплотнительные кольца не могут обеспечить безупречную герметизацию, если они были перекошены при вводе рабочей втулки. Поэтому они должны быть всегда смазаны средством скольжения перед монтажом рабочей втулки.

3.2 | Задиры от работы всухую

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 плёнка прерывается, часто лишь в отдельных местах, из-за высокой температуры или переполнения топливом. 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 потёртой поверхностью.

Аналогичные явления имеют место при недостаточной смазке маслом, т.е., если вообще нет больше смазочной плёнки между поршнем и цилиндром.

Обобщенно можно привести следующие характерные признаки заедания от работы всухую:



а) При полностью разрушенной масляной плёнке:

без перехода возникают узко ограниченные задиры в основном на юбке поршня, поверхность которых стёрта и имеет тёмный цвет. В начальной стадии на противоположной стороне поршня задиры нет.

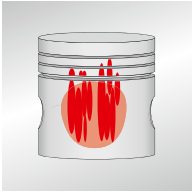


б) При нехватке масла:

признаки идентичны вышеописанным задирам от работы без смазки за исключением цвета поверхности. Поверхность задиры почти металлически чиста и без тёмного цвета. Поскольку нехватка масла касается всей поверхности цилиндра, в начальной стадии часто наблюдаются задиры как на нагруженной, так и на ненагруженной стороне.

3.2.2

Задиры от работы всухую на юбке поршня



Описание повреждения

В зоне рабочей поверхности, где на юбке обычно отражается пятно контакта, имеются задиры, распространяющиеся частично до кольцевого поля. На противоположной стороне юбки имеются небольшие задиры. Поверхность задиrow не тёмная и имеет почти металлический блеск.



Рис. 1

Оценка повреждения

Между поверхностью поршня и рабочей поверхностью цилиндра не хватало смазки. Поверхность задиrow с почти металлическим блеском показывает, что в момент заедания масляная плёнка правда ещё имела, но была уже очень

слабой. В связи с незначительным повреждением здесь речь может идти о временной нехватке масла или о повреждении в начальной стадии. При дальнейшей эксплуатации двигателя с недостаточной смазкой повреждение было бы, безусловно, сильнее.



Важное указание:

Повреждение на поршне при таком виде задира от работы всухую всегда находится в тех точках, где юбка поршня имеет контакт с цилиндром, т.е., там, где при неповрежденном работавшем поршне отразилось бы обычное пятно контакта.

Возможные причины повреждения

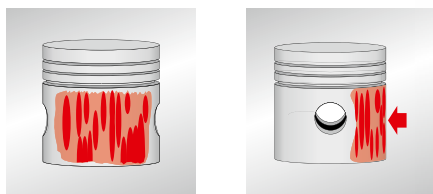
- Нехватка смазки из-за недостаточного количества масла в двигателе.
- Слишком низкое давление масла в двигателе (масляный насос, предохранительный клапан и т.д.). В результате этого в распоряжении имеется недостаточное количество масла для

смазки. Из подшипников коленчатого вала не выходит достаточное количество масла. Рабочая поверхность цилиндра, смазываемая в основном разбрызгиванием масла от коленчатого вала, по этой причине снабжается недостаточным количеством масла.

3.2 | Задиры от работы всухую

3.2.3

Односторонние задиры на юбке поршня без мест нажима на противоположной стороне



Описание повреждения

На одной стороне юбки поршня имеются сильные задиры тёмного цвета с сильно истёртой поверхностью. В результате высоких температур на поршне (Рис. 1) в зоне заедания материал поршня оторван на большой площади юбки. Кромка поломки на высоте поршневого пальца показывает это. Характерным является полное отсутствие повреждений на противоположной стороне от задира на юбке поршня. В начальной стадии повреждения это в большинстве случаев касается также и зоны кольца.



Рис. 1



Рис. 2



Оценка повреждения

Здесь речь идёт о типичном задиры от работы всухую. Повреждение появляется, если смазочная плёнка разрушится хотя бы только на одной половине цилиндра. Повреждение возникает большей частью на нагруженной стороне, реже на ненагруженной стороне.

Это возникает или в результате локально недостаточной смазки, или в результате перегрева соответствующей стороны цилиндра. Недостаточный зазор не может быть причиной повреждения, поскольку несмотря на сильные задиры на противоположной стороне нет никаких мест противодействия.

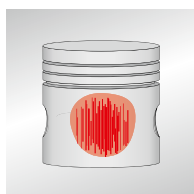
Возможные причины повреждения

- Частичное нарушение охлаждения из-за нехватки охлаждающего средства, воздушных пузырьков, отложений загрязнений или прочих нарушений охлаждающего контура.
- В цилиндрах с рёбрами может возникнуть локальный перегрев цилиндра в результате отложения грязи снаружи на цилиндре и, тем самым, может разрушиться смазочная плёнка.
- Дефектные, отсутствующие или неправильно установленные воздухоотражатели в двигателях с воздушным охлаждением.
- В двигателях, в которых нагруженная сторона цилиндра с конструктивно более высокой нагрузкой дополнительно опрыскивается маслом через форсунки в шатуне, это повреждение может возникнуть из-за забитой форсунки или недостаточного давления масла.
- Разбавление масла или неподходящие марки масла, могут привести сначала на нагруженной стороне цилиндра с более высокой нагрузкой к недостаточной смазке.

3.2 | Задиры от работы всухую

3.2.4

Места трения от работы всухую из-за переполнения топливом



Описание повреждения

На поверхности юбки поршня имеются узкие продолговатые места натирания с отчётливыми границами там, где обычно находится пятно контакта поршня.



Рис. 1

Оценка повреждения

Несгоревшее топливо, конденсирующееся на рабочей поверхности цилиндра, разбавляет несущую масляную плёнку или смывает её. Это приводит к работе без смазки между сопряжёнными деталями поршня и цилиндра. Длинные

узкие места трения являются следствием. Кольцевая зона остаётся нетронутой от таких повреждений, потому что здесь в основном лишь поршневые кольца находятся в контакте с рабочей поверхностью цилиндра.



Важное указание:

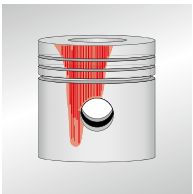
В местах трения из-за переполнения топливом повреждение на поршне всегда находится в зоне юбки, где юбка поршня опирается в цилиндр. При неповрежденном работавшем поршне там отражается обычное пятно контакта.

Возможные причины повреждения

- Переобогащение регулировки двигателя и нарушения сгорания из-за неисправностей в системе всасывания, забитые воздушные фильтры, нарушения в системе приготовления смеси или в системе зажигания.
- Недостаточное уплотнение и в результате этого неполное сжигание.
- Система пуска в холодном состоянии дефектна или воздушная заслонка слишком долго включена (карбюраторные двигатели).
- Разбавление масла из-за частых поездок на короткие расстояния или из-за переобогащения

3.2.5

Задиры на головке поршня дизельных двигателей



Описание повреждения

Головка поршня имеет отдельные задиры, в основном на жаровом поясе. Поверхность задиров шероховата и со следами трения, отчасти даже довольно большие куски материала уже вырваны.



Рис. 1

Оценка повреждения

Из-за дефектов форсунок нераспыленное топливо разбрызгано на стенку цилиндра и разбавляет там масляную

плёнку вплоть до работы полностью всухую. Материал поршней в этой зоне на жаровом поясе из-за работы без смазки имеет настолько большие

задиры, что происходит настоящее сваривание материала поршня со стенкой цилиндра, в результате чего более или менее большие куски вырваны из головки поршня.

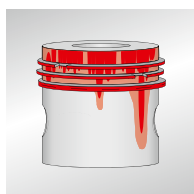
Возможные причины повреждения

- Негерметичные, загрязнённые или неправильные форсунки или подтекание топлива.
- Заклинивание иглы форсунки из-за перекоса корпуса форсунки (неправильный момент затяжки).
- Неправильное начало нагнетания (начало подачи).

3.2 | Задиры от работы всухую

3.2.6

Задиры от работы всухую из-за прижогов на поршневых кольцах



Описание повреждения

На рабочих поверхностях колец имеются риски от заедания и прижога. Отверстия цилиндров (не указаны на снимках) имеют продольные риски. На левом поршне (Рис. 3) сверху справа на жаровом поясе видны лёгкие места трения. В следующей стадии (Рис. 4) места трения распространились по всему поршню.

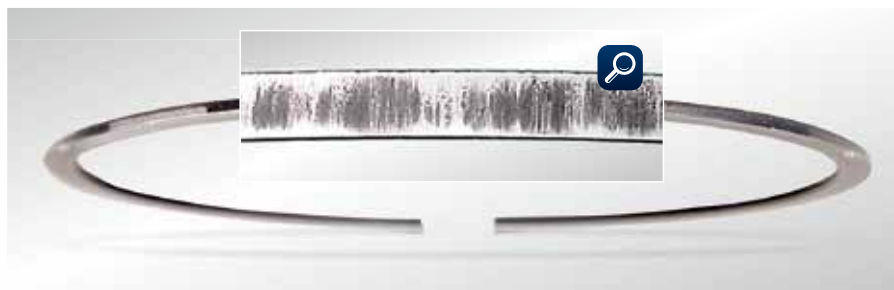


Рис. 1

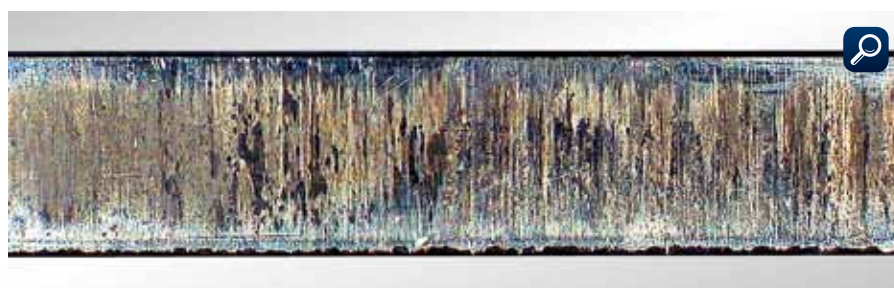


Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Оценка повреждения

Такие повреждения появляются преимущественно в фазе приработки под большой нагрузкой, если поршневые кольца из-за недостаточной приработки ещё не достигают полной эффективности (преимущественно на поршнях дизельных двигателей). Протекающие мимо колец газы сгорания чрезмерно нагревают

кольца и стенку цилиндра и вызывают разрушение смазки между поршневыми кольцами и стенкой цилиндра. Но и нарушения режима сгорания и повышенные температуры или недостаточное охлаждение поршня и стенки цилиндра могут отрицательно повлиять на смазочную плёнку или разрушить её. Это означает работу без смазки для

поршневых колец, вследствие чего появляются так называемые прижоги. По несмазанным поверхностям цилиндра должен перемещаться и поршень, что приводит сначала к появлению трения на жаровом поясе и в дальнейшем к задирам по всей юбке поршня (Рис. 4).

Возможные причины повреждения

- Чрезмерная нагрузка двигателя во время фазы обкатки.
- Структура обработанной хонингованием поверхности цилиндра не была оптимальной для хорошего сцепления (сжатие графитовых жил, образование металлической прослойки, слишком низкая шероховатость и/или неправильный угол хонингования).
- Неподходящее смазочное масло (неправильная марка и вязкость масла).
- Температура на рабочих поверхностях цилиндра слишком высока (неправильная функция в системе охлаждения или отложения в охлаждающих каналах вокруг цилиндра).
- Нарушения сгорания и в результате этого повышенная температура во время сжигания (обеднённая смесь, калильное зажигание, подтекание из форсунок или негерметичные форсунки).
- Недостаточное снабжение маслом рабочих поверхностей цилиндров из-за недостаточного количества разбрызгивания масла от подшипников шатунов и коленчатого вала.

3.3 | Задиры от перегрева

3.3.1

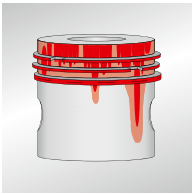
Общие сведения к задирам от перегрева

При наличии задира от перегрева масляная плёнка разрушается в результате слишком высоких температур. Сначала появляется полусухое трение и отдельные места истирания. В дальнейшем поршень в цилиндре работает полностью всухую из-за дополнительного нагрева в местах истирания. Задиры имеют тёмный цвет и сильное истирание. В зависимости от причины повреждения заедание от перегрева начинается или на направляющей поверхности поршня или на головке поршня.



3.3.2

Задиры от перегрева в основном на головке поршня



Описание повреждения

Возникли сильные задиры, начинающиеся с головки поршня и заканчивающиеся в направлении конца юбки. Поверхность задилов имеет тёмный цвет, сильные риски с вырванными кусками.

Задиры наблюдаются по всему периметру поршня.

Поршневые кольца также вокруг периметра имеют задиры, причём они несколько слабее в направлении маслосъёмного кольца.



Рис. 1

Оценка повреждения

Головка поршня настолько сильно разогрелась из-за очень высокой термической нагрузки от камеры сгорания, что она с одной стороны уменьшила зазор, а с другой стороны всё больше и больше разрушала масляную плёнку. В конеч-

ном счёте это привело к комбинированному задиру вокруг всей головки поршня, появившемуся из-за недостаточного зазора и от работы без смазки. Общая нехватка зазора из-за недостаточного зазора поршня при сборке не может считаться причиной поврежде-

ния, поскольку в этом случае исходная точка повреждения находилась бы в зоне направляющей части (см. также пункт 3.1.2 Задиры из-за недостаточного зазора на юбке поршня).

Возможные причины повреждения

- Длительная, высокая нагрузка на двигатель, когда он ещё не полностью прошёл обкатку.
- Перегрев в результате нарушения процесса сгорания.
- Нарушения в системе охлаждения двигателя.

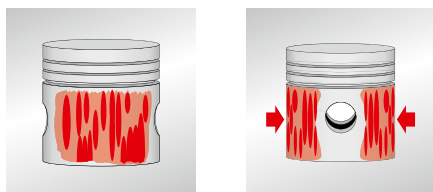
- Нарушения в снабжении маслом (поршни с масляным охлаждением или с охлаждающим каналом).
- Изогнутые или забитые маслоразбрызгивающие форсунки, которые не охлаждают поршень снизу или охлаждают его лишь недостаточно.

- Использование неправильных уплотнительных колец на буртике гильзы (мокрая гильза цилиндра), см. также пункт 3.10.3 Кавитация на гильзах цилиндра.

3.3 | Задиры от перегрева

3.3.3

Задиры от перегрева в основном на юбке поршня



Описание повреждения

Юбка поршня имеет задиры почти по всему периметру. Поверхность задиров имеет тёмный цвет, шероховатые и сильно истертые места. Кольцевая зона лишь незначительно повреждена истёртым материалом поршня.



Рис. 1

Оценка повреждения

Из-за сильного перегрева всего двигателя нарушилась смазка во всём цилиндре. Это привело к характерным задиром от работы без смазки с сильно истёртой поверхностью. Из-за отсут-

ствия задиров на головке поршня и наличия основных повреждений в зоне юбки, можно исключить перегрузку двигателя из-за нарушения режима сгорания.

Возможные причины повреждения

- Перегрев двигателя из-за нарушений работы в системе охлаждения (нехватка охлаждающего средства, загрязнения, дефект водяного насоса, дефект термостата, порванный или проскальзывающийся клиновой ремень, недостаточный или неправильный выпуск воздуха из охлаждающей системы).
- В двигателях с воздушным охлаждением: перегрев из-за отложений загрязнений на наружных сторонах цилиндра, обломавшиеся охлаждающие рёбра или отсутствие или нарушение вентиляции охлаждающего воздуха.

3.4.1

Общие сведения о повреждениях поршня из-за нарушений режима сгорания

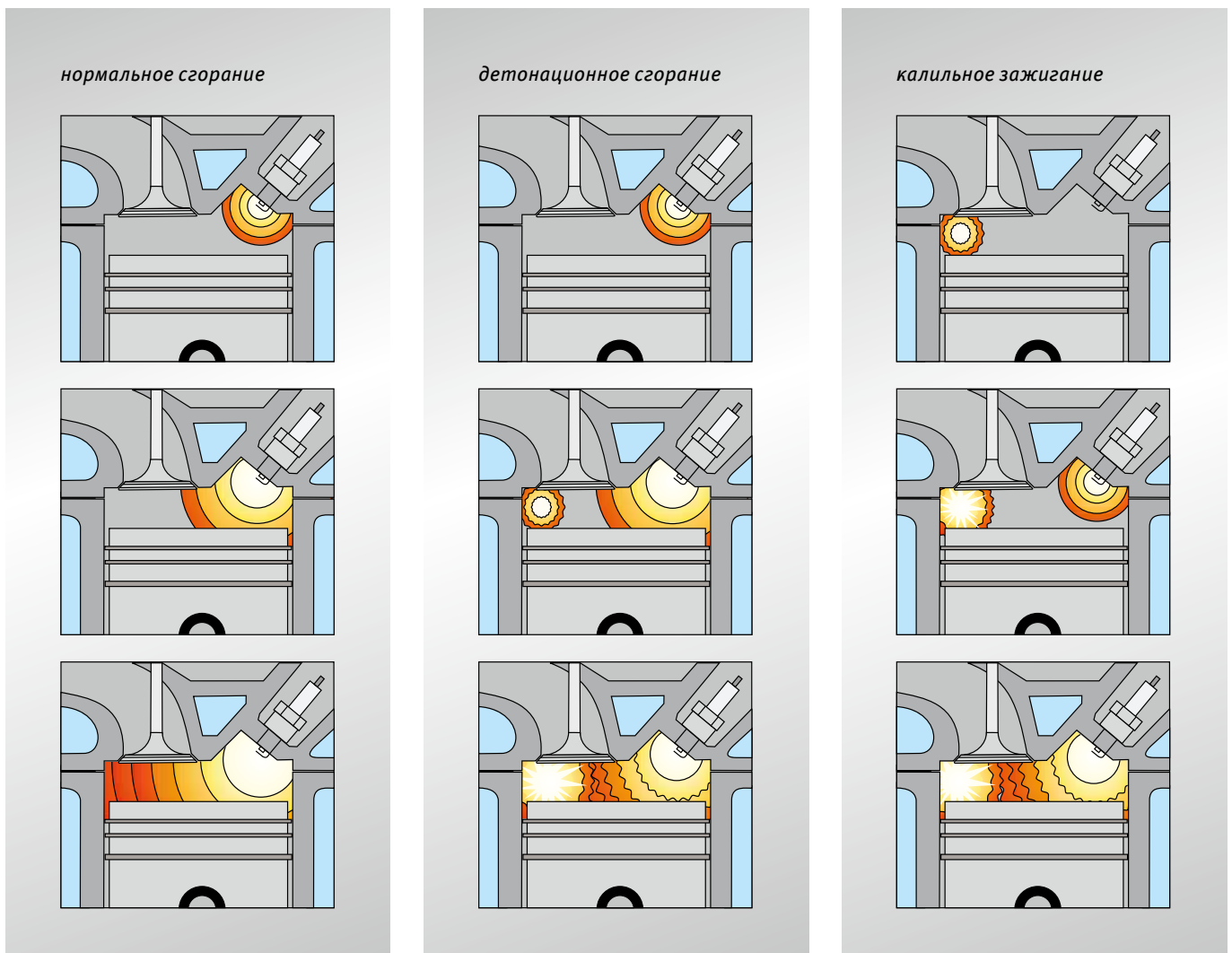
Нарушения режима сгорания в двигателях с принудительным воспламенением смеси

Обычное сгорание топливно-воздушной смеси в цилиндре осуществляется в точно определённом процессе. Воспламенение начинается от искры свечи зажигания незадолго до достиже-

ния верхней мёртвой точки. Пламя распространяется в виде круга от свечи зажигания и проходит камеру сгорания с постоянно растущей скоростью сжигания от 5 до 30 м/с. В результате этого давление в камере сгорания резко поднимается и достигает максимального значения сразу после верхней мёртвой точки. Для уменьшения нагрузки на детали кривошипно-шатунного механизма скорость роста давления на градус угла коленчатого вала не должна превышать от 3 до 5 бар. Этот обычный процесс воспламенения может, однако, быть нарушен различными воздействиями, что можно обобщить, в основном, в

виде трёх совершенно разных случаев нарушений режима сгорания:

- 1. калильное зажигание (преждевременное воспламенение):** оно приводит к термической перегрузке поршня
- 2. детонационное зажигание:** оно приводит к эрозионному съёму материала и к механической перегрузке на поршне и на кривошипно-шатунном механизме
- 3. переполнение топливом:** он приводит к износу с излишним расходом масла и также к заеданию поршня.



На рисунке представлены различия между тем, как протекает обычное, детонационное сгорание и калильное зажигание.



3.4 | Нарушения режима сгорания

К пункту 1: калильное зажигание (преждевременное воспламенение):

При калильном зажигании воспламенение начинается раскалённой деталью в камере сгорания уже до самого момента зажигания. Это может быть горячий выпускной клапан, свеча зажигания, детали уплотнения и отложения на названных деталях и поверхностях, находящихся вокруг камеры сгорания. При калильном зажигании пламя воздействует на конструктивные элементы без контроля, в результате чего температура в днище поршня очень сильно повышается, достигая при продолжающемся калильном зажигании уже в течение нескольких секунд точки плавления

материала поршня. В двигателях с камерами сгорания, в основном имеющими форму полусферы, это приводит к дырам в днище поршня, возникающим в продолжении оси свечи зажигания. В камерах сгорания с большими сжимными поверхностями между днищем поршня и головкой цилиндра плавится жаровой пояс в точке с наибольшей нагрузкой, что часто доходит до масляённого кольца и до внутренней части поршня.

Объяснение:

сжимной поверхностью в производстве двигателей называется та поверхность на днище поршня, которая находится

довольно близко к головке цилиндра в верхней мёртвой точке. При перемещении поршня вверх в направлении верхней мёртвой точки свежие газы выдавливаются из этой узкой щели в направлении середины камеры сгорания, что обеспечивает завихрение газов и тем самым улучшает сгорание смеси. Детонационное сгорание, приводящее к высокой температуре поверхности отдельных деталей камеры сгорания, может также вызвать калильное зажигание.

К пункту 2: детонационное зажигание:

При детонационном воспламенении зажигание обычно начинается искрой свечи зажигания. Распространяющееся от свечи зажигания пламя создаёт волну давления, вызывающую в несгоревшем газе критическую реакцию. В связи с этим в смеси остаточного газа во многих местах одновременно возникает самовоспламенение. Скорость сжигания возрастает в 10 – 15 раз. Рост давления на градус угла поворота коленчатого вала и пиковые значения давления существенно повышаются.

Дополнительно поверхности, замыкающие камеру сгорания, сильно нагреваются. Камеры сгорания, из которых в процессе сжигания удалены остатки, являются однозначным признаком детонационного горения.

Лёгкие детонации с прерываниями боль-

шинство двигателей выдерживает в течение длительного времени без повреждений.

Сильные, продолжающиеся детонации приводят к эрозионному съёму материала поршня на жаровом поясе и на днище поршня. Головка цилиндра и прокладка головки блока цилиндра также могут быть повреждены. Детали в камере сгорания (напр., свеча зажигания) могут при этом настолько сильно нагреться, что это приводит к калильному зажиганию (преждевременное воспламенение) с термической перегрузкой поршня (прогары и отложения). Тяжёлые постоянные детонации по истечении короткого времени приводят к поломкам перемычек колец и юбки поршня, причём обычно без прогаров и отложений, а также без задиров.

На рис. 1 графически представлена

кривая давления в камере сгорания.

Синяя линия показывает кривую давления при обычном сгорании. Красная линия показывает кривую давления при детонационном горении, на которое наложены пиковые значения давления.

К пункту 3: переполнение топливом:

Слишком богатая смесь, уменьшающееся давление сжатия и нарушения режима зажигания вызывают неполное сжигание с переполнением топливом. Смазка поршней, поршневых колец и рабочих поверхностей цилиндров всё больше и больше теряет эффективность. Последствием являются полусухое трение с износом и расходом масла, а также задиры (подробности приведены также в разделах «Расход масла» и «Задир поршня»).

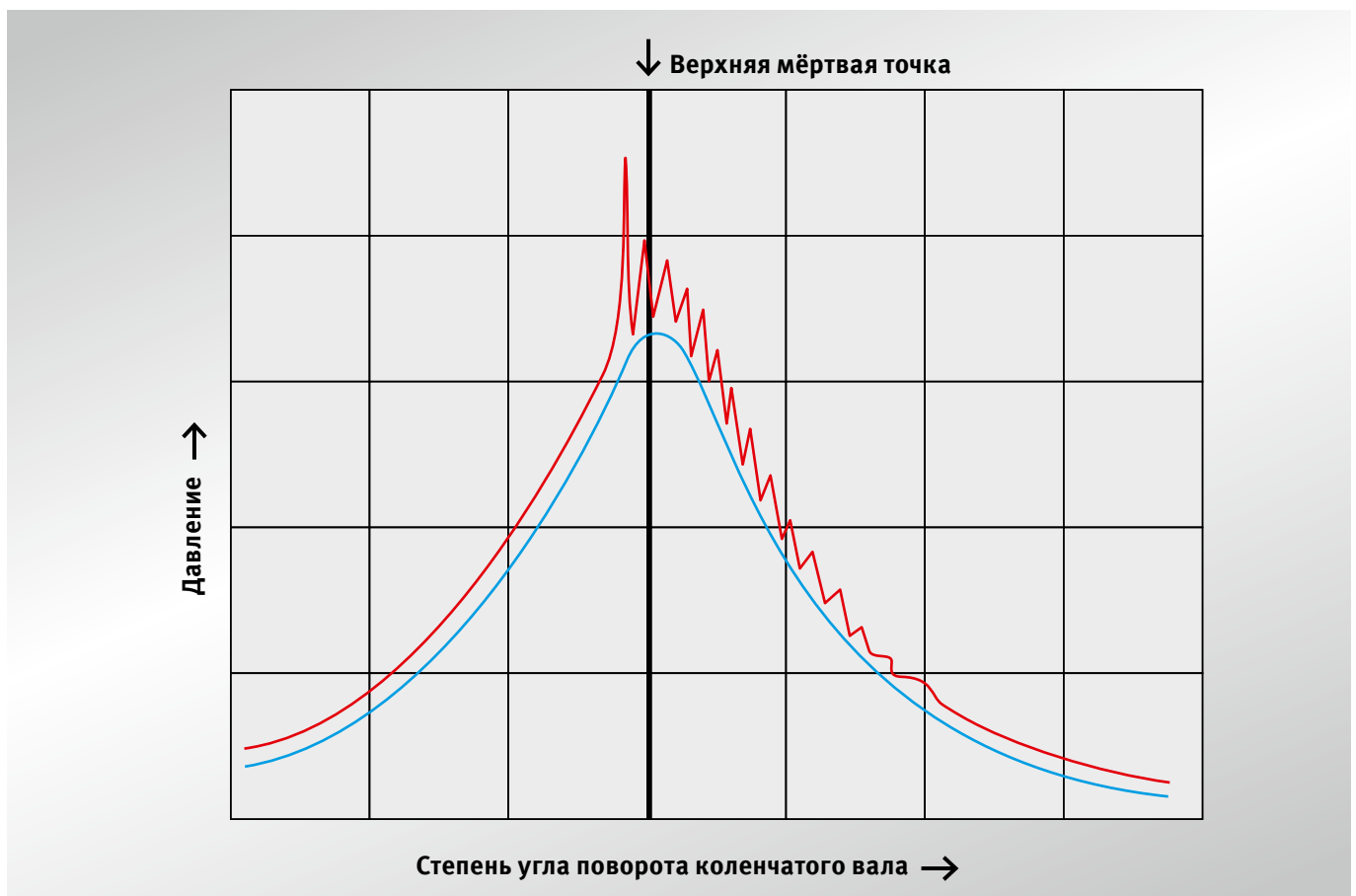


Рис. 1



3.4 | Нарушения режима сгорания

Нарушения режима сгорания в дизельных двигателях

Для оптимального процесса сгорания в дизельном двигателе наряду с механически безупречным состоянием двигателя важную роль играет также крайне тонкое и очень точное распыление форсункой, а также правильное начало впрыска. Только таким образом впрыскиваемое топливо может воспламениться с наименьшей задержкой зажигания и сгорает без остатков при нормальной характеристике давления. На этот нормальный процесс сжигания, однако, может отрицательно повлиять ряд факторов. В основном, имеется три существенных вида нарушений режима сгорания:

1. задержка зажигания
2. неполное сгорание
3. подтекание топлива из форсунок

К пункту 1: задержка зажигания:

Впрыснутое в начале впрыска топливо воспламеняется лишь с определённой задержкой (задержка зажигания) при недостаточно тонком распылении и попадании в цилиндр не в нужный момент или если температура сжатия в момент впрыска недостаточно высока. Степень распыления зависит только от состояния форсунки. Форсунка, безупречно впрыскивающая при испытании на приборе контроля форсунок, может, однако, заклиниваться при монтаже в головке цилиндра или от температурных напряжений настолько, что в работе уже не будет безупречного распыления. Температура сжатия зависит от давления сжатия и, тем самым, от механического состояния двигателя. Холодный двигатель всегда имеет определённую задержку зажигания. Холодные стенки цилиндра при сжатии забирают столько тепла из ещё более холодного всасываемого воздуха, что в момент начала впрыска имеющаяся температура сжатия оказывается недостаточной для того, чтобы немедленно воспламенить впрыскиваемое

топливо. Лишь при продолжающемся сжатии температура зажигания достигается и впрыснутое до тех пор топливо воспламеняется внезапно. Это вызывает резкое взрывообразное повышение давления с образованием шума и сильный нагрев днища поршня. Последствием являются поломки в кривошипно-шатунном механизме, напр., перемычек колец, поршня, и трещины в днище поршня.

К пункту 2: неполное сгорание:

Если топливо попадает в камеру сгорания не в нужный момент или без распыления, оно не может сжигаться без остатков 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, дефекты в турбоагрегате или износ поршневых колец или клапанов. Несгоревшее или не полностью сгоревшее топливо частично отлагается на стенках цилиндра и понижает эффективность смазочной плёнки или разрушает её. Рабочие поверхности и боковые поверхности поршневых колец, боковые стороны пазов поршней, рабочая поверхность цилиндра и в конечном счёте также юбка поршня из-за этого подвергаются сильному износу или же появляется заедание. В результате этого расход масла повышается и мощность понижается (примеры повреждений см. в разделах 3.2 Задиры от работы всухую и 3.11 Чрезмерный расход масла).

К пункту 3: подтекание топлива из форсунок:

Чтобы форсунки после окончания впрыска из-за колебаний давления от напорного клапана топливного насоса высокого давления через топливopроводы высокого давления до форсунок не открылись повторно, в системе снижа-

ется давление на определённую величину через напорный клапан топливного насоса высокого давления. Если давление впрыска форсунок отрегулировано на слишком низкое значение или если оно не может поддерживаться постоянно (механические форсунки), форсунки могут ещё несколько раз подряд открываться из-за колебаний давления в топливopровode высокого давления несмотря на понижение давления после конца впрыска. Негерметичные форсунки или подтекание топлива из форсунок вызывает также 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 накаливается при довольно высоких температурах и нагревает материал поршня в этом месте настолько сильно, что динамические силы и эрозия газов сжигания отрывают частицы поршня от его поверхности. Следствием этого является существенный съём материала или эрозионное разрушение на днище.

3.4.2

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



Описание повреждения

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



Рис. 1

Оценка повреждения

Прогары в головке поршня двигателей с принудительным воспламенением смеси являются последствием калильного воспламенения на поршнях с преимущественно ровным днищем и большими сжимными поверхностями. Калильное

зажигание вызывается накалированными деталями в камере сгорания, если их температура превышает температуру самовоспламенения газовой смеси. Это в основном свеча зажигания, выпускной клапан и другие остатки, прилипающие к стенкам камеры сгорания. В зоне сжимных поверхностей головка поршня очень

сильно нагревается калильным зажиганием. Температура повышается до такой степени, что материал поршня становится мягким. Из-за динамических сил и проникающих в мест повреждения газов сжигания материал снимается до маслосъёмного кольца.

Возможные причины повреждения

- Свечи с недостаточным калильным числом.
- Слишком бедная смесь и в результате этого повышенные температуры сжигания.
- Поврежденные, негерметичные клапаны или слишком маленький клапанный зазор. Поэтому клапаны неправильно закрываются. От протекающих газов сжигания клапаны сильно нагреваются и накаливаются. В первую очередь это касается выпускных клапанов, потому что впускные клапаны охлаждаются свежими газами.

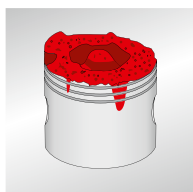
- Накаленные остатки сжигания на днищах поршней, головке цилиндров, клапанов и свеч зажигания.
- Неподходящее топливо со слишком низким октановым числом. Качество топлива должно соответствовать степени сжатия двигателя, т.е., октановое число топлива должно покрыть октановую потребность двигателя во всех режимах работы.
- Дизельное топливо в бензине и в результате этого понижение октанового числа топлива.

- Большое количество масла в камере сжигания из-за высокого расхода масла на поршневых кольцах или на направляющей клапана.
- Высокая температура двигателя или всасываемого воздуха из-за недостаточной вентиляции моторного отсека.
- Общий перегрев.

3.4 | Нарушения режима сгорания

3.4.3

Прогары и отложения на головке поршня (дизельный двигатель)



Описание повреждения

Зона днища и жарового пояса полностью разрушена (Рис. 1). Жаровой пояс прогорел до упрочняющей вставки. Расплавленный материал поршня продвинулся по юбке поршня и вызвал там также повреждения и задиры. Упрочняющая вставка первого компрессионного кольца сохранилась частично только ещё на левой стороне поршня. Остаток упрочняющей вставки отсоединился во время работы от поршня и вызвал в камере сгорания другие разрушения. Части поршня отлетали с такой силой, что попали через впускной клапан во впускной коллектор и, тем самым, также в смежный цилиндр и там также нанесли повреждения (следы ударов).

к рис. 2:

в направлении впрыска одной или несколькими струями форсунок на днище поршня и на краю жарового пояса появились эрозионные прогары. Юбка поршня и зона поршневых колец не имеют задира.



Рис. 1



Abb. 2



Оценка повреждения

Повреждения такого рода возникают особенно в дизельных двигателях непосредственного впрыска. Предкамерных дизельных двигателей это касается только в том случае, если одна из предкамер повреждена и в результате этого предкамерный двигатель превращается в двигатель непосредственного впрыска. Если форсунка соответствующего цилиндра не поддерживает давление

впрыска после окончания процесса впрыска и давление падает, вибрации в топливопроводе высокого давления могут ещё раз поднять иглу форсунки, так что после окончания процесса впрыска снова впрыскивается топливо в камеру сгорания (механические форсунки). Если кислород в камере сгорания исчерпан, то отдельные капли топлива протекают через всю камеру сгорания и попадают на днище переме-

щающегося вниз поршня ближе к краю. Они быстро догорают там при нехватке кислорода, причём образуется довольно много тепла. При этом материал в этих местах смягчается. Динамические силы и эрозия быстро протекающих газов сжигания вырывают отдельные частицы из поверхности (Рис. 2) или снимают головку полностью, что приводит к повреждениям, показанным на рис. 1.

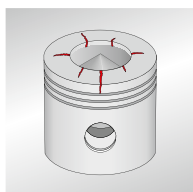
Возможные причины повреждения

- Негерметичные форсунки или тяжело перемещающиеся или заклинившие иглы форсунок.
- Поломанные или ослабившиеся пружины форсунок.
- Дефектные клапаны понижения давления в топливном насосе высокого давления.
- Количество впрыскиваемого топлива и момент впрыска не отрегулированы по инструкции изготовителя двигателя.
- В предкамерных двигателях: дефект предкамеры, но только в сочетании с одной из вышеназванных причин.
- Задержка зажигания из-за недостаточного сжатия в результате слишком большого зазора, неправильных фаз газораспределения или негерметичных клапанов.
- Слишком большая задержка из-за несклонного к воспламенению дизельного топлива (слишком низкое цетановое число).

3.4 | Нарушения режима сгорания

3.4.4

Трещины в днище и в углублениях днища (дизельный двигатель)



Описание повреждения

Головка поршня имеет трещину от напряжения, которая распространяется односторонне от днища поршня до отверстия для поршневого пальца (Рис. 1 и Рис. 2). Горячие газы сжигания, протекавшие через трещину, прожгли канал в материале поршня, проходящий от углубления до литой канавки под маслосъёмным кольцом наружу.



Рис. 1



Рис. 2

Оценка повреждения

Из-за высокой термической нагрузки материал поршней в предкамерном двигателе сильно нагревается в местах попадания предкамерных струй и в двигателе непосредственного впрыска на краю углубления. В нагретых местах материал сильнее расширяется, чем в других местах. Поскольку перегретые места окружены холодным материалом, материал подвергается постоянной выходящей за пределы эластичности деформации в горячем месте перегрузки.

При остывании происходит точно наоборот. В местах, в которых материал сначала подвергался обжатию и затем вытеснению, вдруг возникает нехватка материала. В результате этого в этой зоне появляются соответствующие напряжения при растяжении, которые вызывают трещины от напряжения (Рис. 3 и Рис. 4). Если на напряжения от термической нагрузки наложены ещё напряжения от прогибания пальца, из трещины напряжения образовывается иногда широкая основная трещина, которая приводит к полной поломке и выходу поршня из строя.



Рис. 3



Рис. 4

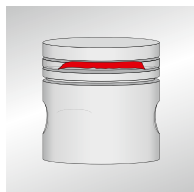
Возможные причины повреждения

- Ошибки в приготовлении смеси из-за дефектных или неправильных форсунок, нарушений в работе топливного насоса высокого давления, повреждений на предкамере.
- Высокая температура из-за дефектов в системе охлаждения.
- Дефекты на моторном тормозе или чрезмерное его использование. Впоследствии возникает перегрев.
- Повышение мощности двигателя благодаря вмешательству в программное обеспечение прибора управления.
- Недостаточное охлаждение поршней с охлаждающим каналом, напр., из-за забитых или изогнутых форсунок охлаждающего масла.
- Перепады температур в двигателях с часто меняющейся нагрузкой, напр., в городских автобусах, землеройных машинах и т. д., названные факторы могут быть особенно критичными.
- Использование поршней неправильной спецификации, напр., монтаж поршней без охлаждающего канала, хотя нужно было использовать поршень с охлаждающим каналом, монтаж поршней других изготовителей, не усиленных волокнистыми вставками на краю углубления.
- Монтаж поршней с неправильной для двигателя формой углубления. См. также пункт 3.4.8 Задиры в головке поршня в результате использования неправильных поршней.

3.4 | Нарушения режима сгорания

3.4.5

Поломки перемычек между канавками колец



Описание повреждения

На одной стороне поршня поломана перемычка между канавками для первого и второго компрессионных колец (Рис. 1).

Трещина начинается на верхней кромке перемычки на дне канавки и проходит под углом в материал поршня. Вблизи нижней кромки трещина снова идёт к наружной стороне и выходит наружу на нижней кромке перемычки или немного ниже на дне канавки. Продольные трещины в перемычках между канавками, ограничивающие трещину перемычки сбоку, расширены книзу. Задиры поршня или перегревы отсутствуют.



Рис. 1

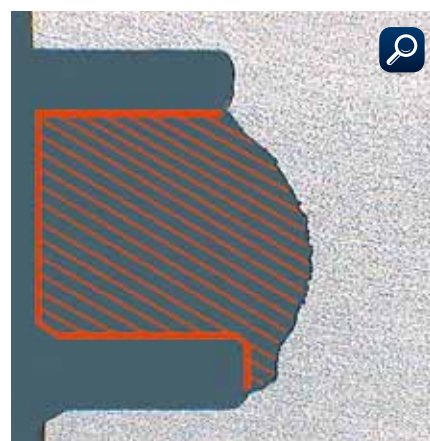


Рис. 2 Поперечное сечение перемычки между кольцами

Оценка повреждения

Дефекты материала не являются причиной трещины перемычек, хотя это часто предполагается в случае повреждений. Такие трещины всегда являются следствием перегрузки материала. Можно подразделить эти перегрузки на 3 причины:

детонационное сгорание:

Это означает, что октановое число топлива не покрывает потребность двигателя во всех режимах работы и нагрузки. (см. также пункт 3.4.1 Общие сведения о повреждениях поршня из-за нарушений режима сгорания в двигателях с принудительным воспламенением смеси).

Трещины перемычек между канавками из-за детонационного зажигания возникают большей частью на нагруженной стороне. В дизельном двигателе детонационное зажигание может быть вызвано только задержкой зажигания.

Гидравлические удары:

В неработающем или работающем двигателе жидкость (вода, охлаждающее средство, масло или топливо) попадают невольно в камеру сгорания. Поскольку жидкости не поддаются сжатию, в такте сжатия появляется огромная нагрузка на поршень и кривошипно-шатунный механизм. Неизбежным следствием являются трещины на перемычках между канавками, трещины на ступицах или повреждения на шатунах или коленчатом валу.

Рис. 3 показывает процесс поломки, который появляется при детонационном сгорании и при гидравлических ударах. Поверхности лома при этом расширены вниз, потому что усилие, вызвавшее поломку, воздействует сверху на перемычку между канавками.

Неправильный монтаж:

При монтаже поршень был не введен, а вбит, потому что поршневые кольца неправильно сжаты или были использованы неподходящие инструменты. При этом перемычки между канавками выламываются в обратном направлении, потому что давление действует не как в вышеназванных случаях сверху, а снизу (Рис. 4).

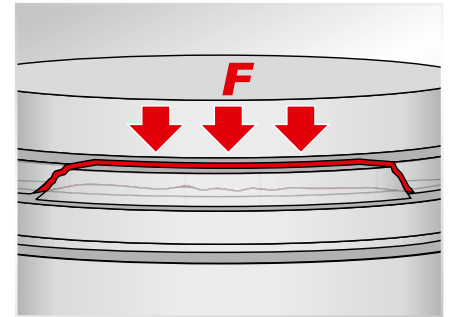


Рис. 3

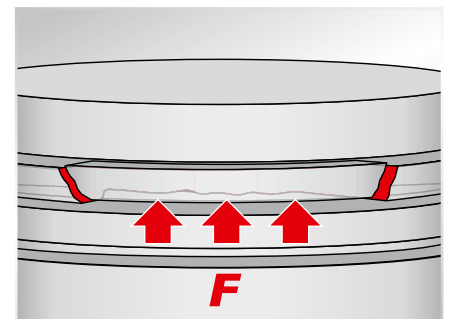


Рис. 4

Возможные причины повреждения 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 покрывать октановую потребность двигателя во всех режимах работы.
- Дизельное топливо в бензине и в результате этого понижение октанового числа топлива.
- Масло в камере сгорания из-за высокого расхода масла на поршневых кольцах или на направляющей клапана понижает детонационную стойкость топлива.
- Слишком высокая степень сжатия, вызванная остатками сжигания на днищах поршня и головке цилиндра или чрезмерным шлифованием поверхности блока и головки цилиндра в ходе капитального ремонта двигателя или с целью тюнинга.
- Слишком большое опережение зажигания.

- Слишком бедная смесь и в результате этого повышенные температуры сжигания.
- Слишком высокая температура всасываемого воздуха из-за недостаточной вентиляции моторного отсека или обратного напора ОГ. Но и несвоевременное переключение заслонки всасываемого воздуха на летний режим или дефект автоматической системы переключения заслонки приводят к существенному повышению температуры всасываемого воздуха (особенно в старых карбюраторных двигателях).

Детонационное сгорание в дизельных двигателях

- Некачественные или негерметичные форсунки.
- Слишком низкое давление впрыска форсунок.
- Слишком низкое давление сжатия из-за неправильных уплотнений головки цилиндра, слишком маленькие выступы поршней, негерметичные клапаны или поломанные или изношенные поршневые кольца.
- Дефектные уплотнения головки блока цилиндров.

- Повреждения предкамеры.
- Ненадлежащее или чрезмерное применение вспомогательных средств помощи (аэрозоли для помощи при пуске) при пуске в холодном состоянии.

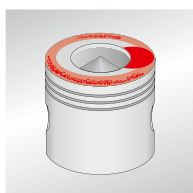
При гидравлических ударах

- Непреднамеренное всасывание воды при переезде через воды, лужи или низкие воды или из-за попадания большого количества воды от брызг проезжающих впереди или мимо автомобилей.
- Заполнение цилиндра водой при неработающем двигателе из-за негерметичности уплотнения головки цилиндра или трещин в конструктивных элементах.
- Заполнение цилиндра водой при неработающем двигателе из-за негерметичности форсунок (только у двигателей с принудительным воспламенением смеси и с системой впрыска). Остаточное давление в системе впрыскивания сбрасывается через негерметичную форсунку в цилиндр. В этом и в предыдущем случае при пуске возникают описанные повреждения.

3.4 | Нарушения режима сгорания

3.4.6

Следы ударов на головке поршня (дизельный двигатель)



Описание повреждения

На головке поршня (Рис. 1) видны сильные следы удара. В этой зоне масляный нагар почти полностью удалён вследствие металлического контакта поршня с головкой блока цилиндров. Из-за ударов отложения масляного нагара вдавлены в днище поршня, что оставило свои следы. Поршневые кольца имеют очень сильный износ. Особенно на маслосъёмном кольце невооруженным глазом видны сильные следы износа.

Поршень на рис. 2 имеет на передней кромке днища отпечаток вихревой камеры, а на правой стороне днища сильный отпечаток клапана. Рядом с вихревой камерой во время эксплуатации клапан входил в контакт с днищем поршня и в течение времени проникал всё глубже в днище поршня. На юбке поршня видны первые признаки начинающихся задиров от работы всухую (Рис. 4).



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Оценка повреждения

Поршни ударяли в работе о головку цилиндра или о вихревую камеру и один из клапанов. Поломки в результате этого воздействия больших усилий ещё не появились. Износ на поршневых кольцах, а также на юбке поршня, однако, указывает на то, что в результате этих ударов возникло нарушение режима сгорания из-за переполнения топливом.

Удары поршня вызывают более или менее сильные сотрясения на головке цилиндра. В результате этих сотрясений в форсунке также возникают вибрации. Поэтому форсунка в закрытом состоянии не может поддерживать давление и впрыскивает топливо без контроля.

Увеличенный объём впрыска топлива в цилиндр приводит к переполнению топливом. Следствием этого является повреждение масляной плёнки, что влечёт за собой сначала полусухое трение и, тем самым, износ в зоне поршневых колец. В связи с этим повышается также расход масла. Лишь если масляная плёнка настолько сильно повреждена, что смазка становится недостаточной, то образуются характерные задиры от попадания топлива (см. также пункт 3.2.4 Места трения от работы всухую из-за переполнения топливом). Юбка поршня в начальной стадии меньше страдает, потому что она кривошипно-шатунным механизмом всё вновь и вновь снабжается свежим

маслом, имеющим ещё смазочные свойства. Лишь после перемешивания абразивных частиц из зоны хода поршня со смазочным маслом и после того, как смазочное масло всё больше теряет смазочную способность из-за разбавления масла износ распространяется по всем сопряженным деталям скольжения двигателя.

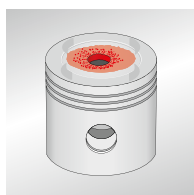
Возможные причины повреждения

- Неправильный размер выступа поршня. Размер выступа поршня не проверен или не поправлен в рамках капитального ремонта двигателя.
- Несоосно просверленная втулка нижней головки шатуна в ходе замены втулки нижней головки шатуна.
- Эксцентричное шлифование коленчатого вала.
- Эксцентричная доработка базового отверстия подшипника (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.
- Неправильные фазы газораспределения из-за неправильной регулировки, удлинения цепи, соскакивания зубчатых ремней.
- Неправильная доработка торцевых поверхностей головки блока цилиндров и возникающее из-за этого смещение фаз газораспределения. (Изменяется расстояние между ведущим и ведомым колесом, что в определённых конструкциях невозможно поправить в рамках регулировки ремня или цепи).
- При замене колец седла клапана не обратили внимание на правильное положение седел клапана. Если поверхность седла клапана при обработке размещается в головке блока цилиндров недостаточно глубоко, клапаны могут выходить за кромку головки блока цилиндров.
- Превышение максимально допустимого числа оборотов. Из-за повышенных динамических сил клапаны несвоевременно закрываются и сталкиваются с поршнем.
- Слишком большой зазор в опорах шатунов или изношенный подшипник шатуна, особенно при очень высокой частоте вращения при движении в спусках.

3.4 | Нарушения режима сгорания

3.4.7

Дыра в днище поршня (двигатель с принудительным воспламенением)



Описание повреждения

В днище поршня видна дыра. Днище поршня покрыто выплавленным материалом. Образующееся большое тепло и истертый материал повреждают также юбку, в которой наблюдаются задиры.



Рис. 1

Оценка повреждения

Повреждения такого рода вызваны калильным воспламенением. При этом превышает температура самовоспламенения газовой смеси калящими деталями в камере сгорания. Это в основном свеча зажигания, выпускной клапан и другие, находящиеся в камере сгорания, остатки горения. При этом смесь воспламеняется ещё до собственного воспламенения свечей зажигания. Сжигание при этом начинается уже задолго до собственного момента зажигания, так что пламя в отличие от обычного

сжигания намного дольше воздействует на днище поршня. Днище поршня нагревается из-за калильного воспламенения настолько сильно за короткое время, что материал смягчается в этом месте. Динамические силы в подъёмных движениях поршня, а также быстро протекающие газы сжигания снимают мягкую массу. В результате уменьшения прочности в этом месте давление сжигания продавливает оставшееся тонкое днище вовнутрь. Часто даже не возникают задиры.



Важное указание:

Причиной такого быстрого местного нагревания днища поршня до мягкого состояния может быть только калильное воспламенение.



Возможные причины повреждения

- Свечи с недостаточным калильным числом.
- Слишком бедная смесь и в результате этого повышенные температуры сжигания.
- Повреждённые, негерметичные клапаны или слишком маленький клапанный зазор. Поэтому клапаны неправильно закрываются. От протекающих газов сжигания клапаны сильно нагреваются и накаливаются. В первую очередь это касается выпускных клапанов, потому что впускные клапаны охлаждаются свежими газами.
- Накалённые остатки сжигания на днищах поршней, головке цилиндров, клапанов и свеч зажигания.
- неподходящее топливо со слишком низким октановым числом. Качество топлива должно соответствовать степени сжатия двигателя, т. е., октановое число топлива должно покрыть октановую потребность двигателя во всех режимах работы.
- Дизельное топливо в бензине и в результате этого понижение октанового числа топлива.
- Большое количество масла в камере сжигания из-за высокого расхода масла на поршневых кольцах или на направляющей клапана.
- Высокая температура двигателя или всасываемого воздуха из-за недостаточной вентиляции моторного отсека.
- Общий перегрев.

3.4 | Нарушения режима сгорания

3.4.8

Задиры в головке поршня в результате использования неправильных поршней (дизельный двигатель)



Описание повреждения

На головке поршня видны локальные явные риски заедания, распределённые по всему периметру. Эти риски заедания особенно сильно образовались на жаровом поясе. Они начинаются на днище поршня и кончаются на 2-ом компрессионном кольце.



Рис. 1

Оценка повреждения

Исходя из вида повреждения, можно сказать, что причина связана с нарушениями режима сжигания. Дефект, однако не в системе впрыска, как можно было бы предполагать, а в использовании неправильного поршня. В рамках законодательства по сокращению вредных выбросов в отработанном газе двигателя конструируются в соответствии с предписанными нормами по ОГ. Часто поршни различных норм по сокращению ОГ оптически почти не различаются. В данном случае в пределах одной и той же серии двигателей для различных

норм выбросов отработанных газов используются поршни с разными диаметрами углубления.

Поршень нормы по ОГ Евро 1 с диаметром углубления 77 мм в ходе ремонта двигателя был заменен поршнем нормы по ОГ Евро 2 с диаметром углубления в 75 мм. Это привело к повышенному нагреву края углубления, потому что струя форсунки попала в результате меньшего диаметра углубления не в само углубление, а на его край. В местах попадания струй впрыскиваемого топлива поэтому возник локальный перегрев материала поршня и повышен-

ное тепловое расширение, что затем вызвало локальные задиры. Если не используются предписанные для соответствующего двигателя и соответствующей нормы по ОГ поршни, в работе могут возникнуть серьезные нарушения режима сжигания с непредвидимыми последствиями. Если не учесть повреждения, как в данном случае, то несоблюдение требований по ОГ было бы не такой большой проблемой. Более низкая мощность, повышенный расход топлива и последующий монтаж правильных поршней, однако, вызывают значительные дополнительные затраты.



Возможные причины повреждения

- Использование поршней с неправильной формой, глубиной и диаметром углубления.
- Использование поршней других размеров (степень сжатия).
- Использование поршней неправильной конструкции. Не разрешается, напр., использовать поршень без охлаждающего канала, если изготовителем двигателя для соответствующего назначения (напр., достижение определённой мощности) предусмотрен охлаждающий канал.
- Монтаж правильных поршней, но использование неподходящих для назначения конструктивных элементов (форсунок, уплотнений головок цилиндров, топливных насосов высокого давления или прочих элементов, оказывающих влияние на рабочую смесь или процесс сжигания).

3.4 | Нарушения режима сгорания

3.4.9

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



Описание повреждения

Жаровой пояс имеет эрозионные сносы (Рис. 1), которые часто продолжаются на поверхности днища поршня (Рис. 2). При этом обязательно появляются задиры или другие повреждения поршня.



Рис. 1



Рис. 2



Оценка повреждения

Эрозионный снос материала на жаровом поясе и на днище поршня всегда является последствием детонационного сжигания средней интенсивности в течение длительного времени. При этом создаются волны давления, распространяю-

щиеся в цилиндре также между жаровым поясом и стенкой цилиндра до первого компрессионного кольца. В точке поворота волны давления из-за кинетической энергии из поверхности поршня вырываются мельчайшие частицы. В течение времени снос материала увели-

чивается, особенно тогда, когда детонационное воспламенение переходит также в калильное. В зоне повреждения материал часто снимается за кольцами до канавки маслосъемного кольца.

Возможные причины повреждения

- Использование топлива с недостаточной детонационной стойкостью. Качество топлива должно соответствовать степени сжатия двигателя, т. е., октановое число топлива должно покрывать октановую потребность двигателя во всех режимах работы.
- Бензин загрязнён дизельным топливом. Случайная неправильная заправка или попеременное использование баков или канистр для обоих типов топлива может привести к таким загрязнениям. Уже минимальное количество примесей дизельного топлива достаточно для сильного понижения октанового числа бензина.
- Большое количество масла в камере сгорания, напр., из-за изношенных поршневых колец, направляющих клапанов и турбоагнетателя, работающего на ОГ, или тому подобное приводят к понижению детонационной стойкости топлива.
- Слишком высокая степень сжатия, вызванная остатками сгорания на днищах поршня и головке цилиндра или чрезмерным шлифованием поверхности блока и головки цилиндра в ходе капитального ремонта двигателя или с целью тюнинга.
- Слишком большое опережение зажигания.
- Слишком бедная смесь и в результате этого повышенные температуры сжигания.
- Слишком высокая температура всасываемого воздуха из-за недостаточной вентиляции моторного отсека или обратного напора ОГ. Но и несвоевременное переключение заслонки всасываемого воздуха на летний режим или дефект автоматической системы переключения заслонки приводят к существенному повышению температуры всасываемого воздуха (особенно в старых карбюраторных двигателях).

3.5 | Поломки поршня и поршневых колец

3.5.1

Общие сведения о поломках поршней

При эксплуатации двигателя поршни могут ломаться под воздействием больших сил или в результате усталостного излома.



Рис. 1

Излом из-за больших сил (Рис. 1) вызван всегда посторонним телом, сталкивающимся при работе двигателя с поршнем. Это могут быть отломившиеся частицы шатуна, коленчатого вала, клапанов или тому подобное. В случае попадания воды и топлива в цилиндры также может появиться излом поршня вследствие влияния больших сил. Поверхности излома вследствие влияния больших сил имеют серый цвет, без истирания и растровых линий.

Поршень ломается внезапно без постепенно образующегося излома.



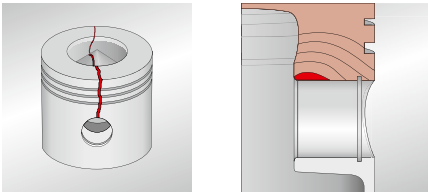
Рис. 2

При усталостном изломе (Рис. 2) на поверхности излома образуются растровые линии, позволяющие выявить происхождение и развитие излома. Поверхности излома часто имеют блестящую поверхность и места истирания. Причиной усталостного излома является перегрузка материала поршня. Перегрузка возникает из-за детонационного воспламенения, сильных сотрясений поршня, напр., в результате столкновения головки поршня с головкой блока цилиндров или слишком большого

зазора юбки. Слишком большие деформации поршневого пальца из-за перегрузки (прогиб и деформация до овальной формы) приводят к трещинам в ступицах или в опорах. Кроме того, усталостный излом может быть вызван трещинами от термического напряжения на днищах поршня.

3.5.2

Поломка поршня в ступице поршневого пальца



Описание повреждения

В оси отверстия поршневого пальца показана типичная усталостная трещина ступицы в начальной стадии (Рис. 2). Трещина имеет форму полукруга вокруг исходной точки. Из начальной трещины в течение короткого времени образовывается излом, который делит поршень до дна на две части, как это показано на рис. 1 (поршень разрезан для анализа снизу, первоначальная трещина проходила от отверстия для пальца до дна поршня).



Рис. 1



Рис. 2 Поперечное сечение бобышки поршня

Оценка повреждения

Поломки ступиц появляются в результате перегрузки. Причиной этому может быть недостаточное снабжение маслом. Маленькая трещина в ступице пальца,

возникшая из-за перегрузки, увеличивается затем также при нормальной нагрузке и в конечном счёте приводит к расколу или излому всего поршня.

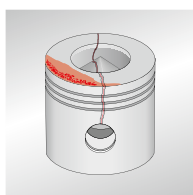
Возможные причины повреждения

- Нарушение режима сгорания, особенно внезапное воспламенение из-за задержки зажигания.
- Чрезмерное или ненадлежащее применение средств помощи при пуске в холодном состоянии.
- Цилиндр при неработающем двигателе заполнился водой, топливом или маслом (гидравлический удар).
- Повышение мощности (напр., электронный тюнинг) с использованием серийного поршня.
- Применение неподходящих или облегчённых поршневых пальцев. Из-за овальной деформации пальца происходит перегрузка опоры пальца.

3.5 | Поломки поршня и поршневых колец

3.5.3

Излом поршня в результате столкновения днища поршня с головкой блока цилиндров



Описание повреждения

На поршне на рис. 1 видны следы ударов на днище поршня. Поршень ударялся как по поверхности головки, так и по обоим клапанам. Как следствие сотрясений и воздействия больших сил в работе образовался излом в направлении пальца.

В поршне на рис. 2 юбка поршня имеет излом в нижней канавке маслосъемного кольца. Поверхности излома имеют характер усталостного излома.



Рис. 1



Рис. 2



Оценка повреждения

Из-за чрезвычайно быстрых жёстких ударов при столкновении днища поршня с головкой блока цилиндров поршень испытывает такое сотрясение, что в нём появляются трещины. В поршнях с нижним маслосъёмным кольцом (Рис. 2) при этом почти всегда ломается юбка в зоне нижней канавки маслосъёмного

кольца. Из-за столкновения с головкой блока цилиндров происходит перекокс поршня в цилиндре и поршень в дальнейшем ударяет юбкой о стенку цилиндра. В связи с тем, что толщина материала в зоне нижней канавки маслосъёмного кольца меньше, чем, напр., на жаровом поясе, поршень ломается в этой зоне.

Возможные причины повреждения

- Слишком большой зазор в опорах шатунов или изношенный подшипник шатуна, особенно при очень высокой частоте вращения при движении в спусках.
- Так называемый зазор между днищем поршня в верхней мёртвой точке и головкой блока цилиндров оказался недостаточным. Причины могут быть в следующем:

а) Монтаж поршней с неправильной высотой головки поршня. При капитальном ремонте часто дополнительно обрабатывается торцевая поверхность блока цилиндров. Если после обработки используются поршни с первоначальной высотой головки, то выступ поршня может оказаться слишком большим. В случае ремонта поэтому предлагают поршни с уменьшенной высотой головки, так, что выступ поршня остаётся в пределах диапазона допуска, определённого изготовителем двигателя.*

б) 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 конструктивных элементов при производстве, с другой стороны, для регулирования выступа поршня при ремонте. Поэтому при ремонте необходимо всегда следить за тем, чтобы использовались уплотнения головки блока цилиндров предписанной толщины материала. Только так можно гарантировать, что после ремонта будет достигнут предписанный зазор между днищем поршня в верхней мёртвой 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 после капитального ремонта двигателя проводится вручную прокручиванием двигателя несколько раз в холодном состоянии, не является гарантией того, что поршень после достижения двигателем рабочей температуры не столкнётся с головкой блока цилиндров. Из-за нагрева поршня и шатуна они расширяются также в продольном направлении, что уменьшает зазор между днищем поршня и головкой блока цилиндров. При этом особенно в больших двигателях для грузовых автомобилей с большой высотой головки поршня появляются существенные изменения размеров, которые сокращают свободный ход поршня в верхней мёртвой точке ещё на несколько десятых долей миллиметра.

* Motor Service поставляет для большого количества дизельных двигателей поршни с уменьшенной высотой головки поршня (КН-).
Подробности см. каталог поршней фирмы Motor Service.
Подробности см. каталог поршней фирмы Motor Service «Поршни, цилиндры, сборочные комплекты».

3.5 | Поломки поршня и поршневых колец

3.5.4

Вымывание материала в зоне колец (поломка колец)



Описание повреждения

В участке колец в зоне первой канавки для колец вымывается материал в большом объеме до дна поршня. Канавка кольца имеет сильный осевой износ. В днище поршня имеются вмятины от кусков первого кольца. Юбка поршня имеет в некоторых местах матовый вид пемзообразной структуры.



Рис. 1



Рис. 2



Оценка повреждения

В связи с сильным осевым износом канавки, особенно на канавке первого кольца, повреждение в описанном случае возникло, безусловно, только в результате попадания загрязнений в камеру сгорания. Загрязнения отлагаются также в канавке кольца и вызывают на кольцо и в канавке кольца

абразивный износ. В результате этого зазор кольца по высоте всё больше повышается. Кольцо с сильно уменьшенным поперечным сечением, в конечном счёте, не смогло выдержать давления сгорания и сломалось. В результате этого отломившийся кусок кольца смог ещё более свободно перемещаться в увеличивающейся канавке и постоян-

ным биением вызвал вымывание. Когда вымывание достигло днища поршня, куски поршневого кольца попали в зону между днищем поршня и головкой блока цилиндров, что привело к дополнительным повреждениям на днище поршня и головке блока цилиндров.

Возможные причины повреждения

- При сильном осевом износе канавки кольца и поршневых колец это может быть вызвано только попаданием посторонних тел в камеру сгорания. См. также пункт 3.11.3 Износ поршней, поршневых колец и рабочей поверхности цилиндра по причине загрязнений.
- При сильном радиальном износе колец без осевого износа переполнение топливом является вероятной причиной. См. также пункт 3.11.4 Износ поршней, поршневых колец и рабочей поверхности цилиндра из-за переполнения топливом.
- Даже если канавки колец и поршневые кольца исправны и после короткого времени работы после капитального ремонта может возникнуть повреждение из-за неправильного монтажа поршня. Поршневые кольца могут поломаться при вставке поршня в цилиндр, если их недостаточно вдавливают в канавку. Это часто происходит тогда, когда используемая лента натяжения колец неправильно расположена вокруг поршня и неправильно натянута или если используется неправильный или повреждённый инструмент для ввода поршня при сборке.

- Вибрирование колец из-за слишком большого зазора колец по высоте. Это состояние может появиться в том случае, если при ремонте двигателя установлен только новый комплект колец, хотя канавки для колец в поршне тоже уже были изношены. Кольца из-за большого зазора переходят в вибрирование и могут поломаться. Другой причиной слишком большого зазора колец по высоте может быть применение неправильного комплекта колец. Кольца могут иметь недостаточную высоту, поэтому зазор в канавке уже при сборке слишком большой.
- Кроме того, к таким повреждениям могут привести неподходящие для применения поршни. Поршни для дизельных двигателей имеют упрочняющую вставку для кольца из никелесодержащего чугуна в связи с нагрузкой и с необходимым сроком службы. Кольца без упрочняющей вставки по экономическим причинам в дизельных двигателях, как правило, применяются только в том случае, если ожидаемый срок службы скорее низок. Это касается, напр., сельскохозяйственных машин. Если такой поршень без упрочняющей вставки должен работать более длительное

время или выполнять большой пробег, то износостойкость канавок для колец может оказаться недостаточной для предусмотренного срока службы двигателя. В какой-то момент размеры канавок из-за естественного износа увеличатся настолько, что появляется вибрирование и кольца ломаются.



3.6 | Поломки поршневого пальца

3.6.1

Общие сведения о поломках поршневых пальцев

Поломки пальцев могут возникнуть в результате перегрузки при нарушении режима сгорания, воздействия постоянных тел или дефектов материала. При дефектах материала трещина в большинстве случаев происходит из-за шлака. В ходе исследования материала в лаборатории можно однозначно доказать это.

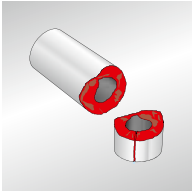
Чрезмерное или ненадлежащее применение вспомогательных средств пуска (аэрозоль для пуска) имеют те же воздействия как и крайние нарушения режима сгорания. Поршневой палец прогибается и подвергается овальной деформации в работе под действием давления газов сгорания на поршень. Из-за овальной деформации в концах пальцев при перегрузке образовывается сначала продольная трещина, которая исходит из наружного или внутреннего диаметра пальца. Трещина идёт дальше в виде усталостного излома в направлении оси пальца. В зоне наи-

большей нагрузки сдвига и изгиба между бобышкой поршневого пальца и бобышкой шатуна трещина превращается в поперечную трещину, что в конечном счёте приводит к поломке всего пальца.

Наряду с описанными здесь повреждениями могут появиться также изломы, вследствие повреждения пальца или дефекта закалки.

3.6.2

Поломка поршневого пальца



Описание повреждения

Поршневой палец (Рис. 1) полностью сломан на переходе между стержнем шатуна и одной из бобышек поршневого пальца и имеет поперечную трещину. В более коротком куске наблюдается трещина по длине. Поверхности излома имеют характер усталостного излома.

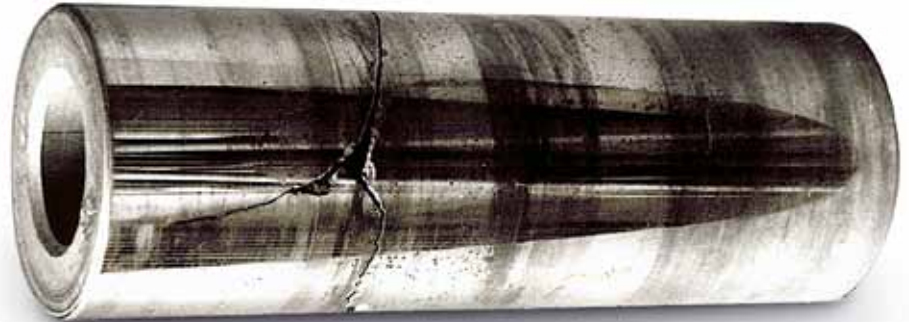


Рис. 1

Оценка повреждения

Поломки пальцев всегда являются следствием перегрузки при условии, что нет дефекта материала. Дефекты материалов можно, однако, однозначно определить в рамках исследования материала сломанного пальца. Из-за овальной деформации поршневого пальца в отверстии при перегрузке на концах пальца образовывается продольная трещина, которая может исходить из наружной поверхности или из внутренней стороны отверстия. Трещина проходит затем дальше в виде усталостного излома в направлении оси пальца. В зоне наибольшей нагрузки сдвига и изгиба между бобышкой порш-

невого пальца и бобышкой шатуна трещина превращается в поперечную трещину, что в конечном счёте приводит к поломке всего пальца. На рис. 2 показано, что первая трещина может возникнуть не только от перегрузки, но и от ненадлежащего обращения с поршневым пальцем при сборке. На торцевой стороне сломанного пальца ясно видно, что трещина появилась вследствие ударного повреждения (удар молотком). Этот факт показывает, что имеющаяся трещина – даже при нормальной нагрузке – может увеличиться и превратиться в усталостный излом, что в конечном счёте может привести к полному излому.



Рис. 2

Возможные причины повреждения

- Нарушение режима сгорания в бензиновых и дизельных двигателях, особенно из-за детонационного воспламенения.

- Гидравлические удары.
- Ненадлежащее выполнение работ при сборке поршневого пальца.
- Перенагрузка пальца из-за повышения мощности двигателя.

- Ослабление пальца из-за тюнинга (уменьшение веса).
- Использование неправильного пальца (напр., формовой болт).



3.7 | Повреждения на стопорах пальцев

3.7.1

Общие сведения о повреждениях на стопорах поршневых пальцев

Для фиксации поршневого пальца используются проволочные пружинные кольца или так называемые кольца Зегера. Оба исполнения могут поломаться при эксплуатации или выйти из канавки поршня, или же они могут быть выбиты.

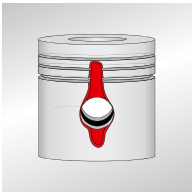
Стопорные кольца или концы колец всегда отламываются в результате перегрузки или ненадлежащего обращения при вставке стопорных колец.

Стопорные кольца подвергаются нагрузке в осевом направлении только в том случае, если поршневой палец принудительно выполняет осевое движение. Несоосность шатуна или качающийся, большей частью несимметричный, стержень шатуна выводит ось поршневого пальца и ось вала поршня из параллельного положения и вызывает именно такие осевые движения пальца. Поршневой палец очень 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 стопорные кольца ломаются. Частицы заклиниваются между поршнем и цилиндром или проталкиваются туда и обратно динамическими силами в выемке бобышек поршневого пальца и вызывают там значительное вымывание материала. Нередко обломки попадают также через внутреннее отверстие поршневого пальца на другую сторону поршня и сильно повреждают его.

3.7.2

Повреждения поршней из-за поломанных стопоров пальцев



Описание повреждения I

На обеих сторонах поршня концы отверстия пальцев сильно изношены. Повреждения распространяются отчасти вверх до участка колец (Рис. 1). При демонтаже поршней в выточке для стопорного кольца не было стопорного кольца. Он выскочил в работе и поломался. Второе стопорное кольцо повреждено, но при демонтаже поршней оно ещё находилось в выточке. Поршневой палец в работе выходил наружу до рабочей поверхности из-за отсутствия стопора пальца. Очевидно палец своей торцевой стороной долгое время имел контакт с рабочей поверхностью цилиндра. Из-за этого торцевая сторона имеет бочкообразную поверхность от износа (Рис. 3). Поверхность поршня выполнена крайне несимметрично.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

Описание повреждения II

В этом случае перемещение под наклоном также привело к выбиванию стопора пальца. Из-за перемещения поршня в цилиндре под наклоном и односторонней нагрузки поршневого пальца последний поломался (Рис. 6) и вслед за этим также поломался поршень (Рис. 5). На рис. 4 очень чётко показана асимметричная поверхность как следствие движения поршня в цилиндре под наклоном.



Рис. 6



Оценка повреждения

Стопоры пальцев, выполненные в виде проволочных пружинных колец или колец Зегера, в работе выталкиваются или выбиваются только в результате осевого смещения поршневого пальца. Предпосылкой является их правильная вставка и отсутствие повреждений. Осевое смещение в поршневом пальце возникает всегда в таком случае, если в работе ось поршневого пальца не параллельна оси вала коленчатого вала.

Это обычно имеет место в том случае, если из-за изогнутого шатуна возникает сильное наклонное положение поршня. В результате этого в ходах возникает переменное осевое смещение, от которого стопорное кольцо, находящееся в основном направлении давления, всё-таки выбивается из выточки. Выскочившее стопорное кольцо заклинивается между выходящим наружу поршневым пальцем, поршнем и рабочей поверхностью цилиндра. Вследствие износа оно

ломается на несколько частей. Как показано на рис. 2, частицы разрушают материал поршня во время его хода вверх и вниз своими динамическими силами в течение очень короткого времени. Отдельные обломки при этом перемещаются через пустотелый поршневой палец и вызывают на противоположной стороне поршня также соответствующие повреждения.

Возможные причины повреждения

Осевое смещение поршневого пальца в работе двигателя в результате:

- прогиба или скручивания шатуна,
- косо просверленных бобышек шатунов (непараллельность осей),
- косо расточенных цилиндров,
- слишком большого зазора шатунов, особенно в сочетании с асимметричными стержнями шатунов,
- использования изношенных или повреждённых стопорных колец,
- ненадлежаще установленных стопорных колец.



3.8 | Задиры в бобышках поршневых пальцев

3.8.1

Общие сведения о задирах в бобышках поршневых пальцев

Задиры в бобышках поршневых пальцев могут быть первичным или вторичным последствием задириков на юбке поршня.

Поскольку подшипники пальцев в отверстиях не обязательно снабжаются маслом, а смазываются лишь разбрызгиванием, задиры на местах опоры поршневого пальца всегда являются задирами от работы всухую и имеют поверхность с большим объёмом вырванных частиц и со сварившимся материалом.

Первичные задиры в отверстиях поршневых пальцев при плавающей опоре пальцев появляются из-за недостаточного зазора или заклинивания при несоосности шатунов.

Таким образом, свободное перемещение поршневого пальца сужается во втулке шатуна. Палец принудительно вращается в отверстии пальца. Для этого, однако, зазор пальца с плавающей опорой в отверстии слишком маленький. Неизбежным последствием являются сильный нагрев и в результате этого нарушение режима смазки с работой всухую и задиры.

В результате сильного нагрева поршень расширяется существенно сильнее в зоне отверстий поршневых пальцев, а также на юбке. Это может и в этих местах вызвать недостаточный зазор, работу всухую и задиры (см. также пункт 3.1.3 Задиры из-за недостаточного зазора соответственно рядом с бобышкой пальца.)

Для поршневых пальцев, установленных горячей посадкой в шатуне, зазор в отверстиях поршневого пальца будет настолько большим, что там всегда может образоваться достаточно толстая масляная плёнка. При повторном использовании уже работавших шатунов горячей посадки необходимо обратить внимание на то, чтобы не было перекоса в отверстиях шатуна или других повреждений. Поршневой палец сможет иначе в горячей запрессованном виде настолько сильно деформироваться, что от этого зазор в отверстиях поршневых пальцев будет локально слишком маленьким, в результате чего легко могут образовываться задиры.

При монтаже поршней в двигателе всегда необходимо смазать опору пальца, чтобы для первых оборотов было достаточно смазочного материала.



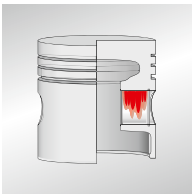
Важное указание:

При горячей посадке поршневого пальца в шатун необходимо кроме вышеназванной смазки пальца обратить внимание на то, чтобы подшипник пальца не был подвергнут контролю на свободный ход путём качающего движения непосредственно после вставки пальца. Непосредственно после вставки холодного пальца в горячий шатун наблюдается выравнивание температуры между обеими деталями. Поршневой палец может из-за этого очень сильно нагреться и расшириться настолько, что он заклинится в ещё холодном отверстии пальца. Если подшипник в этом состоянии перемещают, здесь может возникнуть первое место притирки или задиры, который в эксплуатации приведёт к тяжёлому ходу подшипника и, тем самым, к повышенному трению и образованию тепла. По этой причине смонтированные детали должны сначала достаточно остыть перед контролем на свободный ход.

Вторичные задиры в отверстиях поршневых пальцев берут своё начало от тяжёлых задириков на юбке поршня. Весь поршень может при этом настолько сильно нагреться, что и в отверстиях поршневых пальцев не будет смазки. Иногда в подшипник пальцев попадают также частицы истирания от задириков на юбке.

3.8.2

Задиры в бобышках поршневых пальцев (поршневые пальцы с плавающей опорой)



Описание повреждения

Имеются сильные задиры поршневого пальца в отверстиях. На поршневом пальце материал поршня как бы наварился (Рис. 1). В зоне втулки шатуна поршневой палец имеет синий цвет. Сама юбка поршня не имеет задиров.



Рис. 1

Оценка повреждения

Синий цвет поршневого пальца в зоне бобышки шатуна показывает, что там имеется недостаточный зазор и что поршневой палец из-за этого мог вращаться лишь с трудом или вообще не мог вращаться во втулке шатуна. Поворот поршневого пальца осуществлялся

только в отверстии пальца поршня. Для этого, однако, зазор пальца с плавающей опорой в отверстии слишком мал. Повышенное трение приводит к чрезмерному нагреву в опоре, в результате чего масляная плёнка потеряла эффективность и возник задиры пальца.

Возможные причины повреждения

- Был выбран недостаточный зазор между втулкой шатуна и поршневым пальцем.
- Возможно зазор во втулке шатуна полностью исчез из-за несоосности шатуна и поэтому заклинило палец.
- Опора пальца не была смазана при сборке поршня.

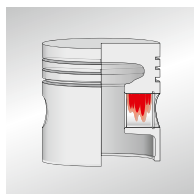


Важное указание:

С тем, чтобы для первых оборотов двигателя смазка была достаточной и не возник задиры сразу при пуске двигателя, необходимо при сборке поршней хорошо смазать опору пальца.

3.8.3

Задиры в бобышках поршневых пальцев (шатун горячего прессования)



Описание повреждения

Поршень работал очевидно лишь короткое время. Отложений и следов работы не наблюдается. Поршневой палец имеет задиры в обеих бобышках поршневых пальцев, т. е., на так называемой нагруженной стороне (Рис. 1). Поверхность задиров металлически чиста. Следов от нагаров масла нет.



Рис. 1

Оценка повреждения

Поршень практически не имеет следов работы и поэтому он работал, безусловно, лишь короткое время. Итак, можно исходить из того, что заедание

поршневого пальца произошло уже при первых поворотах. Металлически чистые задиры являются одним из признаков нехватки масла в опоре пальца.

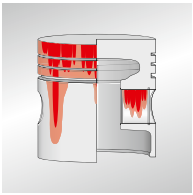
Возможные причины повреждения

- Возможно опора пальцев перед монтажом поршня на двигателе не была смазана.
- При горячей запрессовке поршневого пальца в шатун непосредственно после вставки пальца опора пальца

проверена на свободный ход качающим движением поршня. В это время на опору могут отрицательно повлиять необычные, не возникающие в работе, перепады температуры конструктивных элементов.

3.8.4

Задиры в бобышках поршневых пальцев (с задирами на юбке поршня)



Описание повреждения

Поршень имеет задиры по всему периметру, в основном на головке поршня (Рис. 1). Компрессионные кольца застряли в канавках колец. В обеих бобышках поршневых пальцев имеются задиры.



Рис. 1

Оценка повреждения

Поскольку центр задиrow находится на головке поршня, повреждение очевидно началось там в результате нарушения режима сгорания. В дальнейшем заклинило поршневые кольца и задиры заняли всё большую поверхность юбки.

Газы сгорания, протекающие мимо заклинившихся компрессионных колец, нагрели поршни настолько сильно, что в конечном счёте масляная пленка в опоре пальцев потеряла эффективность и задиры возникли также и здесь.

Возможные причины повреждения

- Нарушения режима сгорания, приводящие к комбинированным задирам из-за недостаточного зазора и из-за работы всухую на головке и на юбке поршня и в дальнейшем также приводящие к задирам в опоре пальцев.



3.9 | Стук поршня

3.9.1

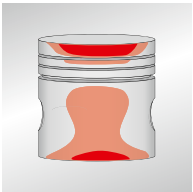
Общие сведения о стуке поршня

Стук поршня может иметь самые различные причины в работе двигателя.

- **Перекок поршней из-за слишком большого зазора:** слишком большой диаметр цилиндра или износ / попадание материала приводят к тому, что поршень переходит в наклонное положение в результате качания движения шатуна и перекладки поршня в цилиндре, в результате чего происходят сильные удары головки о рабочую поверхность цилиндра.
- **Не соблюдено направление сборки поршня:** для перекладки поршня перед верхней мёртвой точкой и перед началом рабочего такта ось поршневого пальца смещена на несколько миллиметров в сторону нагруженной стороны поршня. Если поршень вводится в цилиндр смещённым на 180° и, тем самым, поршневой палец смещается не в ту сторону, то перекладка поршня осуществляется в неправильный момент. Качание поршня в результате этого происходит сильнее и громче.
- **Качание поршня из-за недостаточного зазора в опоре пальца:** зазор между поршневым пальцем и втулкой шатуна может быть слишком маленьким, зазор может, однако, также исчезнуть в работе из-за заклинивания или перекоса. Это происходит особенно из-за несоосности шатуна (изгиб или перекок).
- **Удар поршня в направлении пальца:** боковой удар поршня о стенку цилиндра исходит в большинстве случаев от стержня шатуна. Из-за несоосности стержня шатуна (изгиб, но особенно перекок) поршень при ходе выполняет качающее движение в продольной оси двигателя, причем поршень попеременно ударяется о цилиндр. Несимметричные шатуны или эксцентричная опора поршня в шатуне имеют тот же эффект.
- **Попеременные удары поршневого пальца о стопоры поршневого пальца:** осевое смещение поршневого пальца всегда является следствием несоосности между осью поршневого пальца и осью коленчатого вала. Как уже описано в предыдущем пункте, изгиб или перекок шатуна, а также асимметрия в шатуне являются наиболее частыми причинами таких дефектов. Слишком большой зазор опоры шатуна (шейка подшипника шатуна на коленчатом валу) может, однако, вызвать боковое качание шатуна, особенно при низкой частоте вращения. Поршневой палец из-за этого заклинивается в бобышке шатуна и качается в отверстии поршневого пальца. Удары поршневого пальца о стопоры пальца являются следствием.

3.9.2

Радиальные места ударов на жаровом поясе



Описание повреждения

Жаровой пояс имеет в направлении качания следы ударов (Рис. 1). На юбке поршня наблюдается более сильный износ сверху и снизу, чем в середине юбки.



Рис. 1

Оценка повреждения

Удары поршня вызваны попеременным ударом головки поршня о рабочую поверхность цилиндра, они особенно отрицательно воспринимаются сна-

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

Возможные причины повреждений при ударах в направлении качания

- Слишком большой монтажный зазор и, тем самым, неправильное направление поршней, вызванное расточкой или хонингованием цилиндра со слишком большим диаметром.
- Не соблюдено направление сборки поршня в поршнях со смещенной осью.
- Тяжёлоходная опора пальца: из-за тяжёлого хода головка поршня ударяется о рабочую поверхность цилиндра в так называемой плоскости качания. Причинами являются:
- Недостаточный зазор в бобышке шатуна или в отверстии пальца.

- Слишком узкая посадка поршневого пальца во втулке шатуна (шатуну с горячей посадкой). При горячей посадке поршневого пальца и при слишком узкой посадке пальца в бобышке шатуна последняя деформируется в направлении самой тонкой толщины стенки. Бобышка шатуна и поршневой палец при этом приобретают овальную форму.
- В шатунах с горячей посадкой: уменьшение зазора между поршневым пальцем и поршнем из-за перекоса поршневого пальца в результате геометрически не совсем круглых отверстий в бобышках шатунов.
- Задиры поршневого пальца.

Возможные причины повреждений при ударах в направлении пальца

- При несоосности шатуна, особенно при его перекосах, или при слишком большом зазоре шатуна головка поршня качается в направлении поршня и ударяется о цилиндр.
- Несосоосность шатуна (изгиб/перекос): возникает попеременное осевое смещение в поршневом пальце, вследствие чего палец ударяется о стопорные кольца.



3.10 | Цилиндры и гильзы цилиндров



3.10.1

Продольные трещины гильз

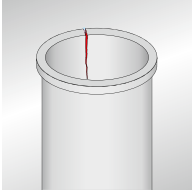


Рис. 1

Описание повреждения

Трещины большей частью проходят в вертикальном направлении. Это распространяется отчасти также на сухие гильзы из-за относительно небольшой толщины стенки.

Оценка повреждения

Трещины гильз такого рода часто вызваны ненадлежащим обращением (ударные нагрузки). Даже если повреждение гильзы не сразу видно, микротрещина или насечка может в последующей

работе двигателя привести к поломке и, тем самым, к выходу двигателя из строя. Как уже было описано выше, дефектный опорный пояс буртика или загрязнение между гильзой и блоком цилиндров также может вызвать такие

повреждения. Если дефектный опорный пояс буртика является причиной продольных трещин, то вместе с продольными трещинами часто наблюдаются также поперечные трещины.

Возможные причины повреждения

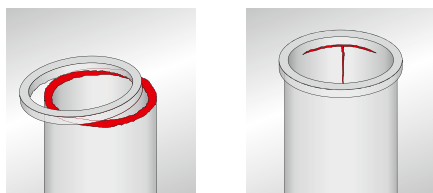
- Ненадлежащее или неосторожное обращение с гильзами во время транспортировки или ремонта и связанные с этим трещины или насечки.

- Гидравлические удары.
- Посторонние тела под контактными или уплотнительными поверхностями.
- Дефектные опоры буртиков (см. также пункт 3.10.2 Отломавшийся буртик гильзы цилиндра).

- Слой снимаемого материала на кромке гильзы из-за детонационного сгорания и, тем самым, ослабление гильзы цилиндра.

3.10.2

Отломавшийся буртик гильзы цилиндра



Описание повреждения

В гильзе цилиндра весь буртик гильзы полностью оторван (Рис. 1). Трещина буртика начинается в углублении нижней кромки буртика гильзы и проходит под углом ок. 30° вверх.



Рис. 1

Оценка повреждения

Такие повреждения вызваны изгибающими моментами, появляющимися при некачественной сборке (загрязнения и дефекты формы). Причины, приводящие к таким поломкам, различны. В большинстве случаев буртик гильзы цилиндра отжимается уже при затяжке головки блока цилиндров. В новых поколениях двигателей для грузовых автомобилей с системой впрыскивания «насос-форсунка» или «общий топливопровод высокого давления» нагрузка на блок двигателя всё больше возрастает в связи с более высоким давлением горения. В связи с конструктивным использованием в таких типах очень прочных стальных уплотнений головки блока цилиндров, после большого пробега может возникнуть перекос блок-картера в зоне опоры буртика гильзы. Деформацию опорной поверхности невозможно выявить чисто визуально без вспомогательных средств. Простым методом контроля перекоса является использование туши. Тушь наносится очень тонким слоем на опорную поверхность буртика гильзы на блок-картер. После этого вставляют

новую гильзу без уплотнений и вжимают гильзу в своё седло. Затем снова снимают гильзу. Опорная поверхность гильзы должна быть равномерно покрыта тушью по всему периметру. Если части поверхности не вошли в контакт в краской, необходимо дорабо-

тать седло гильзы. Эту доработку лучше всего проводить на стационарном сверлильном станке или на переносном устройстве для торцовки буртика гильзы. Только таким образом обеспечена плоскопараллельность к поверхности картера (Рис. 2).

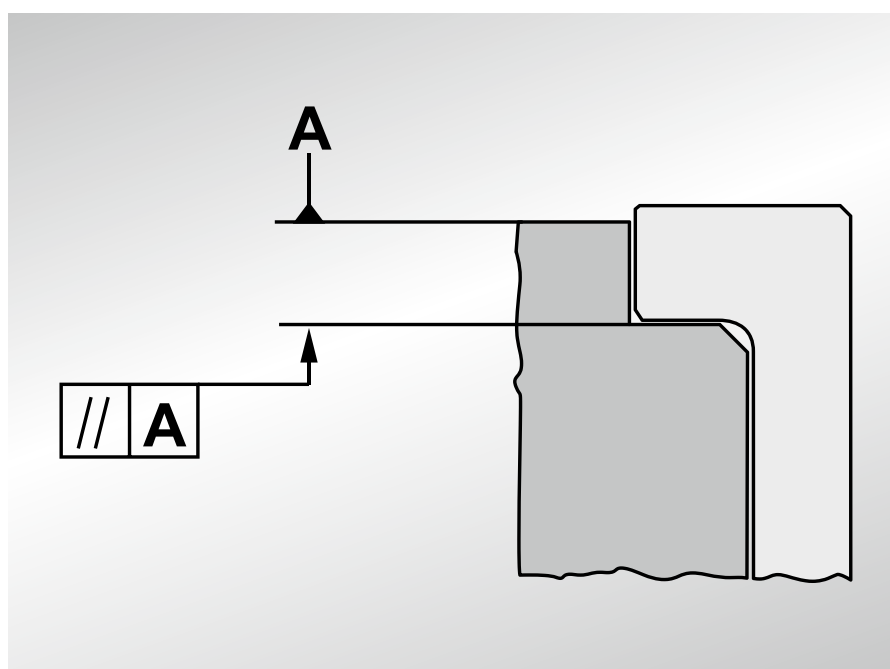


Рис. 2

Возможные причины повреждения

- Не использовались предписанные уплотнения (уплотнения других изготовителей имеют отчасти другую форму и другой диаметр).
- Не соблюдались предписанные изготовителем двигателя моменты затяжки и углы затяжки.
- Седло гильзы в блок-картере не было тщательно очищено от грязи.
- Прямоугольность и/или плоскопараллельность опоры буртика не были обеспечены (Рис. 2 и Рис. 5).
- При доработке седла гильзы не обращали внимания на правильную форму. Форма седла буртика должна соответствовать форме гильзы цилиндра. Переход поверхности буртика к диаметру установочного седла должен иметь отбортовку в 0,5 – 1,0 миллиметра $\times 45^\circ$ (С) во избежание насадки закругленного перехода буртика гильзы на кромку. При несоблюдении этого на буртик воздействует чрезмерное давление при затяжке головки блока цилиндров. (Рис. 3). Кроме того, необходимо обратить внимание на то, чтобы радиус закругления на седле буртика (D) на (Рис. 4) не был слишком большим, чтобы гильза опиралась на буртике не на наружную или внутреннюю кромку.

- Если буртик гильзы не выходит за уплотнительную поверхность цилиндра на предписанный размер (B) или если он входит даже немного вглубь (Рис. 6), буртик при сборке недостаточно сильно прижимается к седлу гильзы. При работе двигателя это может вызвать также качающееся движение гильзы из-за качательного движения поршня. Постоянно действующие из-за этого усилия приводят к тому, что буртик гильзы отламывается. Если необходимо доработать опору буртика гильзы при ремонте двигателя, то можно или вложить компенсационные шайбы из стали, или использовать гильзы более крупных размеров, чтобы обеспечить необходимый выступ гильзы относительно поверхности цилиндра. Гильзе более крупных размеров буртика* следует дать предпочтение по сравнению с компенсационными шайбами, потому что это ведёт к технической большей стабильности.

Дополнительно у мокрых гильз цилиндра:

- Изношенная опора буртика гильзы на двигателе после длительного пробега.
- Неправильное количество уплотнительных колец.
- Использование уплотнительного средства при монтаже.

Дополнительно у сухих гильз цилиндра:

- Ошибка при монтаже из-за слишком высокого давления нагнетания (гильза с прессовой посадкой).

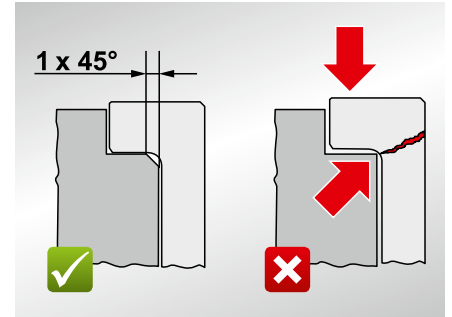


Рис. 3

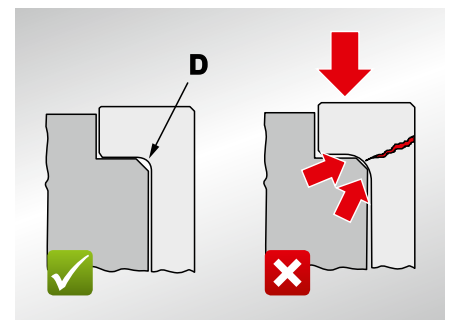


Рис. 4

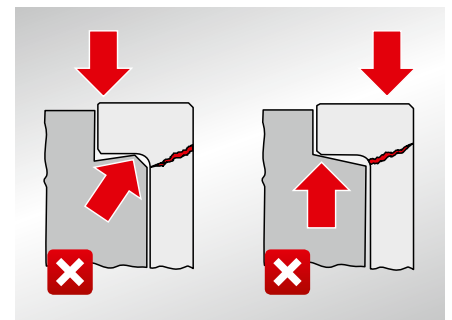


Рис. 5

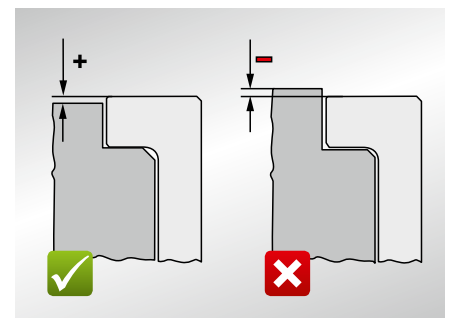
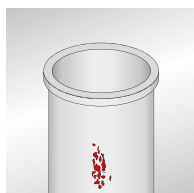


Рис. 6

* Motor Service поставляет для большинства двигателей гильзы цилиндров с крупным размером буртика. Подробности приведены в актуальном каталоге «Поршни, цилиндры, сборочные комплекты».

3.10.3

Кавитация на гильзах цилиндра



Описание повреждения

Мокрая гильза цилиндра в зоне водяной рубашки имеет сильно выраженную кавитацию. Она доходит до такой степени, что уже появилась дыра во внутренней полости цилиндра.



Рис. 1



Рис. 2

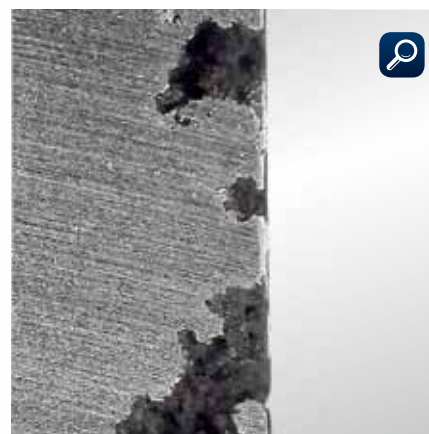


Рис. 3 Поперечное сечение гильзы цилиндра

Оценка повреждения

Кавитация появляется в основном в плоскости качания поршня (на нагруженной стороне или на ненагруженной стороне), она вызвана вибрациями стенки цилиндра. Высокочастотные вибрации вызваны давлением сжигания, боковыми усилиями поршня и перекладкой поршня в нижней и верхней мёртвой точке. Если охлаждающая вода не может больше повторять вибрации

стенки цилиндра, водяная плёнка одновременно приподнимается с гильзы цилиндра. В возникшей из-за этого зоны разрежения образуются пузырьки пара, которые при обратном движении стенки цилиндра разрушаются (имплозия) с чрезвычайно высокой скоростью. Вытесненная пузырьками вода при имплозии ударяет о поверхность цилиндра. В результате энергии удара из поверхности цилиндра выле-

тают малейшие частицы. Со временем вследствие этого образуются (вымываются) настоящие дырки. Особенность кавитации заключается в том, что происходит расширение дырок вовнутрь (Рис. 3) и в результате образуются полости в материале, откуда в конечном счёте также взято название кавитации.

Возможные причины повреждения

- Не соблюден правильный зазор поршня (повторная установка уже работавших поршней или цилиндры со слишком большими размерами).
- Погрешность геометрической формы опоры буртика гильзы - некачественная или неточная посадка гильзы в корпусе (см. также пункт 3.10.2 Отломившийся буртик гильзы цилиндра).
- Отсутствует предписанная присадка для защиты от замерзания с защитой от коррозии или соответствующая присадка для охлаждающей воды. Средство защиты от коррозии содержит ингибиторы, предотвращающие пенообразование. Эти ингибиторы, однако, в течение времени теряют свой эффект. Поэтому необходимо заменять средство защиты от коррозии через каждые 2 года и предусматривать правильное соотношение смеси.
- Использование неподходящих средств охлаждения, как напр. солёная вода (морская вода), агрессивная или содержащая кислоту вода или другие жидкости.
- Недостаточное избыточное давление в системе охлаждения. Необходимое избыточное давление радиатора не обеспечено из-за неподходящих крышек радиатора (недостаточная герметизация по причине дефектного предохранительного клапана) или из-за негерметичности в системе охлаждения. При правильном избыточном давлении в системе охлаждения температура кипения охлаждающего средства выше, чем при атмосферном давлении. Избыточное давление в системе охлаждения не может устранить причину образования паровых пузырьков, но во всяком случае это мешает их образованию.
- Слишком низкая рабочая температура двигателя: если двигатель в определенных условиях эксплуатации или из-за дефектов 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 имеют правильного теплового расширения. Они работают при эксплуатации с повышенным поршневым зазором. И то, и другое способствует образованию пузырьков и, тем самым, кавитации.
- Монтаж уплотнительных колец в выточке на буртике гильзы (Рис. 4). На этом месте можно монтировать уплотнительные кольца только тогда, когда это настоятельно предписано производителем.

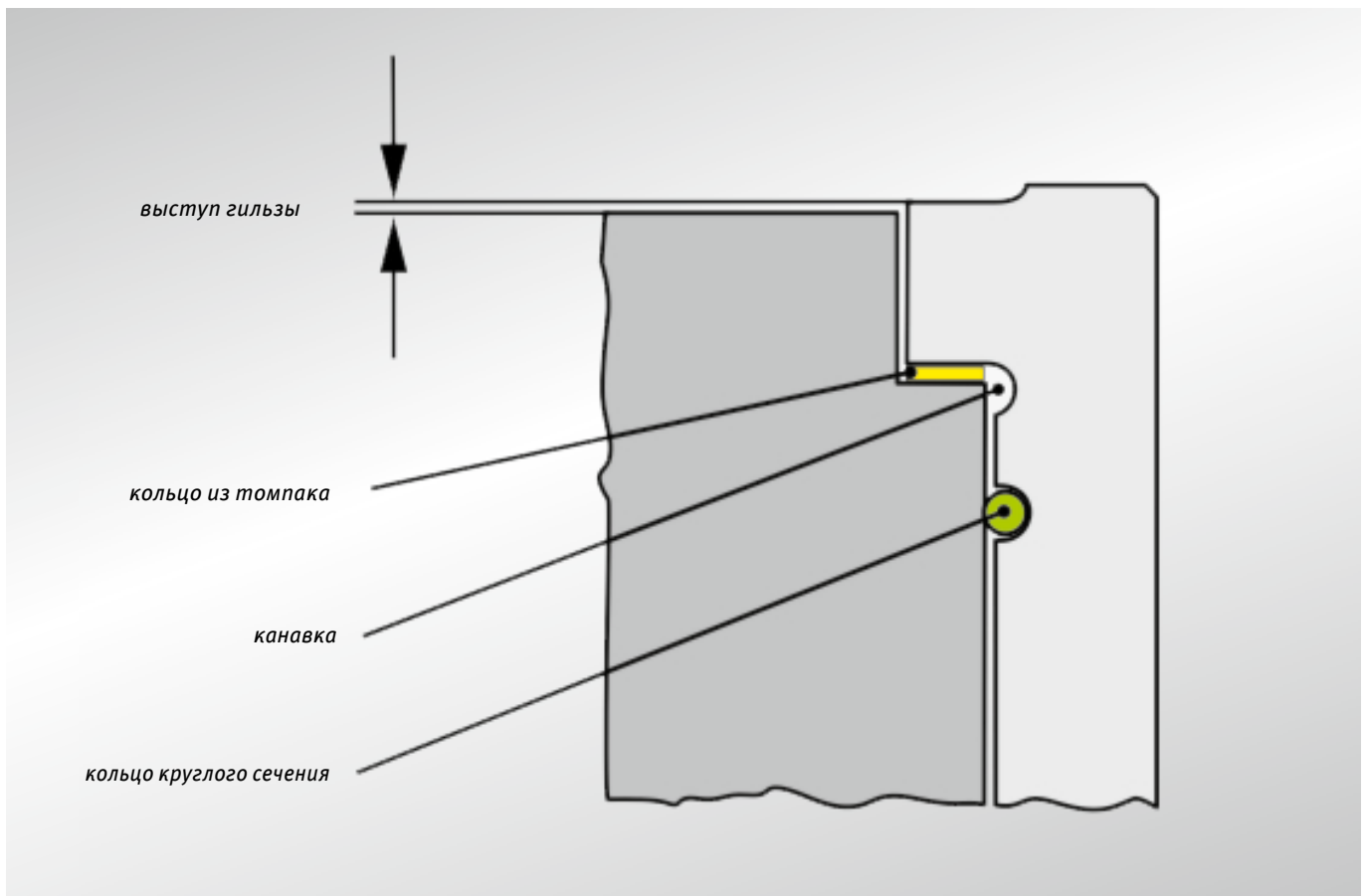
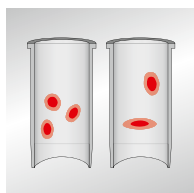


Рис. 4

3.10.4

Неравномерный износ рабочей поверхности



Описание повреждения

Отверстия цилиндра имеют признаки неравномерного износа в виде отдельных блестящих полированных мест (Рис. 2). Поршень не имеет признаков износа или мест истирания. Двигатель теряет масло в точках стыка, особенно, однако, на радиальных уплотнительных кольцах для вала. На рис. 1 чётко видна коррозия на наружном периметре гильзы, которая после установки в цилиндр вызвала некруглость цилиндра.



Рис. 1



Рис. 2

Оценка повреждения

Неравномерный зеркальный внешний вид поверхности скольжения на рабочих поверхностях цилиндра всегда является признаком перекоса цилиндра. Слишком мокрые или сухие гильзы цилиндров могут иметь перекос уже непосредственно после сборки. Поршневые кольца не могут безупречно

герметизировать перекос цилиндра ни относительно масла, ни относительно газов сжигания. Масло проходит мимо поршневых колец, попадает в камеру сгорания и сжигается. В результате газов сжигания, протекающих в большом объёме мимо поршня, также повышается давление в блок-картере. Это избыточное давление приводит к потере

масла в различных местах стыка двигателя, особенно на радиальных уплотнительных кольцах для вала. Кроме того, масло продавливается во впускной и выпускной коллекторы через направляющую клапана, всасывается двигателем и сжигается или выбрасывается.



Возможные причины повреждения

- Неравномерная или неправильная затяжка болтов головки блока цилиндров.
- Неплоские торцевые поверхности блока цилиндров и головки блока цилиндров.
- Нечистая или перекошенная резьба болтов головки блока цилиндров.
- Неподходящие или неправильные уплотнения головки блока цилиндров.
- Дефектная опора буртика в картере, неправильный выступ буртика и перекос и/или износ нижней направляющей буртика могут быть причиной существенного перекоса цилиндра.
- Слишком слабая или слишком прочная посадка буртика в картере (в сухих гильзах цилиндра).
- Отдельно стоящие цилиндры с рёбрами должны точно плоскопараллельно прилегать к картеру и к головке блока цилиндров. Если несколько цилиндров имеют общую головку блока цилиндров, необходимо обратить внимание на то, чтобы цилиндры с рёбрами имели равную высоту. Наличие и расположение воздухоотражателей имеет большое значение в такой конструкции.
- В базовых отверстиях картера в сухих втулках при эксплуатации часто появляются существенные неровности из-за контактной коррозии (коррозия в посадке, рис. 1). В таком случае базовое отверстие цилиндра должно

быть тщательно очищено. Если эта очистка сама не обещает успеха, необходимо доработать базовые отверстия цилиндра и затем установить гильзы цилиндра с избыточным наружным размером*. Эти очень тонкостенные гильзы должны прилегать к отверстию по всей длине и всему периметру. Если этого нет, то гильзы деформируются уже при вводе в базовое отверстие и, тем более, в работе двигателя.

В сухих гильзах цилиндра различают исполнения «Pressfit» и «Slipfit». Гильзы «Pressfit» впрессовываются в блок цилиндров двигателя, после этого необходимо провести ещё расточку и хонингование. Гильзы «Slipfit» полностью обработаны, они вводятся только в базовое отверстие. Из-за зазора, который остается в гильзах «Slipfit» между гильзой и базовым отверстием цилиндра, это исполнение в отличие от исполнения «Pressfit» скорее вызывает проблемы, связанные с перекосом и коррозией.

- Перекос в отверстиях цилиндров в блоках цилиндров без гильз. Определённые 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.

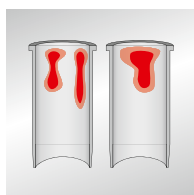
Рекомендация:

В блоках цилиндров без гильз с цилиндрами, просверленными непосредственно в блок цилиндров, рекомендуется перед обработкой цилиндров навинтить на торцевую поверхность блока цилиндров нажимную пластину. Эта нажимная пластина имеет те же отверстия, что и блок цилиндров за исключением водяных каналов, её толщина составляет несколько сантиметров. Благодаря навинчиванию и заданной затяжке с моментом затяжки болтов головки блока цилиндров создаются условия напряжений при обработке цилиндра, как если бы была установлена головка блока цилиндров. Перекосы в отверстиях цилиндров, которые могут возникнуть при затяжке болтов головки, создаются таким образом в определённом виде и учитываются при обработке. Это обеспечивает (при условии правильной обработки) максимальную круглость и цилиндричность отверстия цилиндра при последующей эксплуатации двигателя.

* Компания Motor Service поставляет гильзы с наружным припуском для большого количества двигателей. Подробности см. в каталоге компании Motor Service «Поршни, цилиндры, сборочные комплекты»

3.10.5

Блестящие места в верхней зоне рабочей поверхности



Описание повреждения

Рабочая поверхность цилиндра имеет в верхней части металлические места с глянцевым блеском, на которых уже исчезла хонинговальная структура (Рис. 1 и 2). Сам поршень не имеет значительных следов износа. На жаровом поясе, однако, имеются обильные отложения масляного нагара. Двигатель имеет повышенный расход масла.



Рис. 1

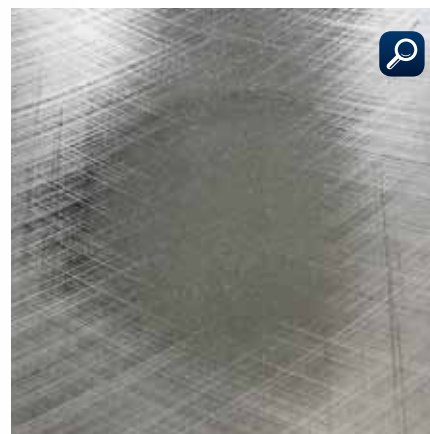


Рис. 2



Рис. 3



Оценка повреждения

Такие виды износа появляются тогда, когда при эксплуатации на жаровом поясе поршня образовывается твёрдый масляный нагар в результате несгоревшего масла и остатков горения (Рис. 3). Этот нагар имеет абразивный эффект и в работе приводит к повышенному износу в верхней части цилиндра от движения поршня вверх и вниз, а также при смене устройства поршня. Повышенный расход масла не вызывается самими местами блеска, потому что цилиндр в результате полирования не теряет существенно свою круглую форму и поршневые кольца и далее могут выпол-

нять свою функцию уплотнения. Смазка цилиндра также не понижается, потому что несмотря на потерю хонинговальной структуры в открытых зёрнах графита поверхности цилиндра всё-таки находится достаточное количество масла. При оценке такого повреждения важно, что в данном случае места блеска появились только в тех местах цилиндра, которые в работе вступают в контакт с жаровым поясом, покрытым масляным нагаром. Если места блеска имеются также в других местах, по которым жаровой пояс не проходит, то причина скорее связана с перекосом цилиндра (см. пункт 3.10.4 Неравномерный износ

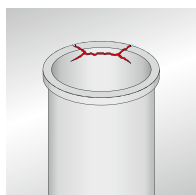
рабочей поверхности), с переполнением топливом (см. пункт 3.11.4 Износ поршней, поршневых колец и цилиндра из-за переполнения топливом) или с попаданием загрязнений (см. пункт 3.11.3 Износ поршней, поршневых колец и цилиндра по причине загрязнений).

Возможные причины повреждения

- Попадание чрезмерно большого количества моторного масла в камеру сгорания из-за дефектов турбоагнетателя, недостаточное отделение масла в системе вентиляции двигателя, дефекты уплотнений стержней клапанов и т. д.
- Избыточное давление в блок-картере из-за большого количества газов, проникших в картер из камеры сгорания, или из-за дефектного клапана вентиляции картера.
- Недостаточная конечная обработка цилиндра и в результате этого повышенный выход масла в камеру сгорания (см. также пункт 3.11.5 Износ поршневых колец вскоре после капитального ремонта двигателя).
- Использование неразрешённых к применению моторных масел или моторных масел низкого качества.

3.10.6

Трещина гильзы из-за гидравлического удара



Описание повреждения

Гильза имеет в верхней зоне большую трещину и задиры на рабочей поверхности (Рис. 2 и 3). Соответствующий поршень также имеет задиры на стороне давления и на ненагруженной стороне. В днище поршня в той зоне, в которой на стержне имеются задиры, появилось углубление (Рис. 4).



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4



Оценка повреждения

Цилиндр подвергался в работе гидравлическим ударам. Высокое давление жидкости разорвало гильзу и образовало углубление в днище поршня.

В результате этого материал поршня выдавился наружу, что привело к резкому уменьшению зазора в этой зоне и к задирам на обеих сторонах поршня и на гильзе. Больше невозможно установить,

появился ли гидравлический удар при работе двигателя или во время его пуска.

Возможные причины повреждения

- Непреднамеренное всасывание воды при переезде через воду, лужи или низкие воды, или из-за попадания большого количества воды от брызг проезжающих впереди или мимо автомобилей.

- Заполнение цилиндра водой при неработающем двигателе из-за негерметичности уплотнения головки цилиндра или трещин в конструктивных элементах.
- Заполнение цилиндра топливом при неработающем двигателе по причине

негерметичности форсунок. Остаточное давление в системе впрыскивания сбрасывается через негерметичную форсунку в цилиндр. В этом и в предыдущем случае при пуске возникают названные повреждения.



3.11 | Чрезмерный расход масла

3.11.1

Общие сведения о расходе масла

Общий расход масла двигателя складывается в основном из расхода масла (сжигаемого в камере сгорания) и потерь масла (негерметичности). Вопреки господствующему и широко распространённому мнению расход масла, попадающего в камеру сгорания через поршни и поршневые кольца, сегодня играет лишь второстепенную роль. Благодаря постоянному усовершенствованию двигателей удалось также усовершенствовать и оптимизировать конструкцию деталей, составы материалов и технологические процессы их производства. Износ цилиндров, поршней и поршневых колец и вытекающий из этого расход масла поэтому сегодня можно считать величиной, которую можно не учитывать. Достижимый

сегодня большой пробег и уменьшившееся число повреждений кривошипно-шатунного механизма являются доказательством этого факта. Расход масла, проникающего между поршневыми кольцами и стенкой цилиндра в камеру сгорания, однако невозможно полностью исключить по техническим причинам, а лишь свести к минимуму. Сопряжённые элементы скольжения, т. е., поршни, поршневые кольца и рабочая поверхность цилиндра, требуют постоянной смазки для беспрепятственной эксплуатации. Во время сгорания масляная плёнка, остающаяся на стенке цилиндра, подвергнута высоким температурам процесса горения. В зависимости от мощности двигателя, нагрузки на него и температуры здесь испаряется или сжигается определенное количество моторного масла. Ориентировочно можно сказать, что нормальный расход масла колеблется от 0,2 до макс. 1,5 г/кВтч. Причина износа поршня, порш-

невых колец и цилиндров и вытекающего из этого повышенного или чрезмерного расхода масла в большинстве случаев не связана с самими конструктивными элементами. Почти всегда износ элементов вызван внешними воздействиями. Нарушения режима сгорания из-за дефектов в системе приготовления смеси, загрязнения, попадающие в двигатель извне, недостаточное охлаждение двигателя, нехватка масла, масла неподходящих марок и неправильная сборка являются основными причинами преждевременного износа и вытекающего из этого повышенного расхода масла. Подробные описания повреждений, касающихся поршней и цилиндров, приведены на нижеследующих страницах.

В связи со сложностью вопросов расхода масла на эту тему издана отдельная брошюра «Расход масла и потери масла» в серии «Сервис – Рекомендации и информация». В этой брошюре обсуждаются такие темы, как:

- слишком большой зазор подшипника в турбонагнетателе
- забитая обратная линия масла на турбонагнетателе
- износ ТНВД
- выход масла в систему всасывания
- износ уплотнения стержня клапана и направляющих клапана
- ошибки при сборке головки блока цилиндров
- избыточное давление в картере
- слишком высокий уровень масла
- нарушения режима сгорания и переполнение топливом
- неправильная выступающая длина поршня
- нерегулярное техобслуживание
- использование некачественных моторных масел
- перекося цилиндров
- ошибки обработки при сверлении и хонинговании
- слишком низкий процент вскрытия зёрен графита
- перекося/изгиб шатунов
- поломанные/зажатые/ неправильно смонтированные поршневые кольца

3.11.2

Неправильный монтаж маслосъёмного кольца (повышенный расход масла после ремонта двигателя)

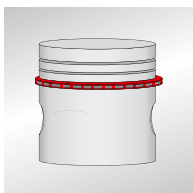


Рис. 1

Описание повреждения

На кольцах не видно явных или поддающихся измерению следов износа. На поршнях также не имеется признаков износа (Рис. 1). Маслосъёмное кольцо в данном случае представляет собой так называемое трёхсоставное кольцо, состоящее из расширителя и двух боковых пластин. Оба конца расширителя обычно имеют стыковое соединение. В данном случае, однако, расширитель был неправильно установлен и последнее звено соединено внахлёт (Рис. 2).

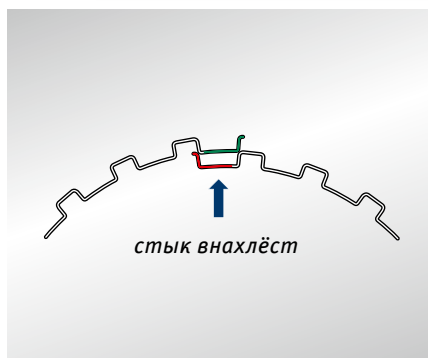


Рис. 2

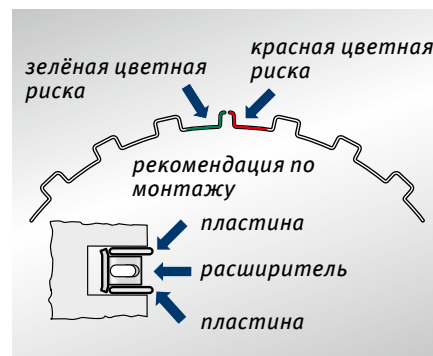


Рис. 3

Оценка повреждения

Из-за стыка расширителя внахлёт сокращается окружная длина и напря-

жение для пластин теряется. Пластины больше не прилегают к стенке цилиндра плотно и не могут снимать масло. Масло

попадает в камеру сгорания и сжигается там. Расход масла резко повышается!

Возможные причины повреждения

- Уже при сборке поршня и его вводе вместе с кольцами в отверстие цилиндра не было уделено должного внимания на правильный монтаж расширителя.

Как правило, концы расширителя имеют разные цвета, напр.,

- левый конец стыка – зелёный цвет,
- правый конец стыка – красный цвет.



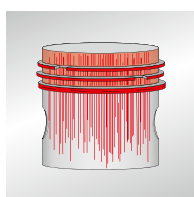
Внимание!

После монтажа пластинчатых колец должны быть видны оба цвета расширителя. Поэтому всегда необходимо проверить это цветовое обозначение – также в предварительно собранных поршневых кольцах – перед вводом поршня в отверстие цилиндра (Рис. 3).

3.11 | Чрезмерный расход масла

3.11.3

Износ поршней, поршневых колец и рабочей поверхности цилиндра по причине загрязнений (повышенный расход масла)



Описание повреждения

Поршень (Рис. 1) имеет молочно-серое пятно контакта с тонкими небольшими продольными рисками на жаровом поясе и на юбке поршня. Риски от токарной обработки поршня на юбке полностью сношены.

На рис. 3 показано увеличение части юбки поршня, на котором этот абразивный износ чётко виден. Осевая высота поршневых колец существенно уменьшилась в результате износа и, тем самым, понизилось также тангенциальное напряжение. Боковые поверхности компрессионных колец, особенно первого кольца, и боковые поверхности канавок под кольца изношены (Рис. 2). Острые маслоёмные кромки поршневых колец имеют повреждения (Рис. 4). В микроскопическом увеличении на боковых поверхностях поршневых колец видны следы в результате качения. Цилиндры имеют бочкообразный износ. Максимальная величина диаметра находится приблизительно в середине поверхности перемещения колец.



Рис. 1

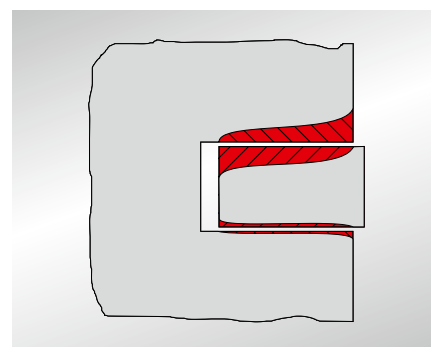


Рис. 2



Рис. 3

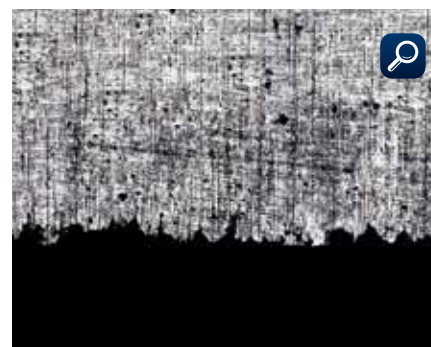


Рис. 4

Оценка повреждения

Риски на поршнях и поршневых кольцах, матовое пятно контакта на юбке поршня, следы качения на боковых поверхностях колец (Рис. 6 и 7), а также бочкообразный износ цилиндра (Рис. 5) всегда являются следствием абразивных посторонних тел в масляном контуре. Изношенные на рабочих и на боковых поверхностях поршневые кольца больше не в состоянии достаточно уплотнять цилиндры от проникновения масла в камеру сгорания. Одновременно повышается давление в картере двигателя за счёт газов сжигания, протекающих мимо поршней. Это избыточное давление может привести к выходу повышенного количества масла на радиальных уплотнительных кольцах для вала, на уплотнениях клапана и на других местах уплотнения. Следы результате качения на кольцах возникают в том случае, если частицы грязи откладываются в канавке колец и

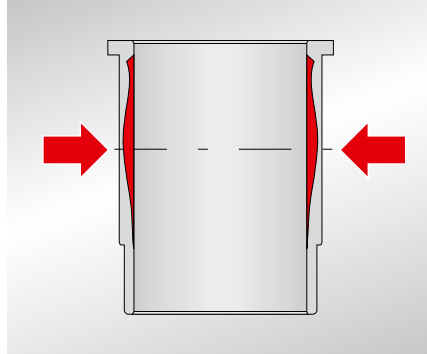


Рис. 5

кольцо при своём вращении всё вновь и вновь движется по частице грязи, что оставляет типичные следы.



Рис. 6



Рис. 7

Возможные причины повреждения

- Абразивные частицы грязи, попавшие в двигатель вместе со всасываемым воздухом из-за недостаточной фильтрации, напр., в результате:
 - отсутствующих, дефектных, деформированных воздушных фильтров или некачественного их обслуживания
 - негерметичных мест в системе всасывания, напр., перекося фланцев, отсутствие уплотнений или дефектные или пористые шланги.
- Частицы грязи, которые при капитальном ремонте двигателя не были полностью удалены. Часто детали двигателей при капитальном ремонте подвергаются пескоструйной или стеклоструйной обработке для очистки поверхности от трудно удаляемых

отложений или остатков сгорания.

Если при этом материал обработки проникает в материал двигателя и не будет тщательно удален, он может выйти в процессе работы двигателя и вызвать абразивный износ. На рис. 8 и 9 такие частицы грязи обнаружены в лаборатории под микроскопом в поляризованном свете. Чётко видны кусочки материала стеклоструйной обработки и даже ещё целые стеклянные шарики.

- Частицы истирания, появляющиеся при обкатке двигателя и затем в результате слишком поздней смены масла снова попавшие через масляный контур к паре скольжения и вызывающие износ. Особенно они наносят ущерб острым масляесёмным кромкам поршневых колец.

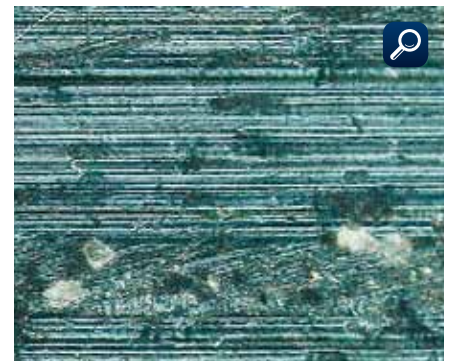


Рис. 8

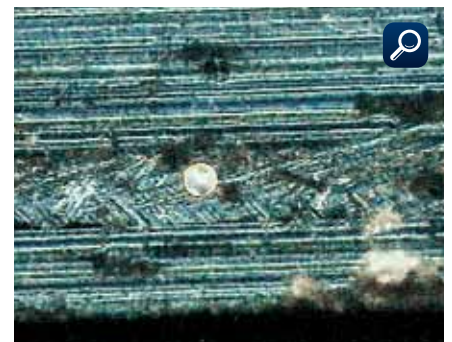
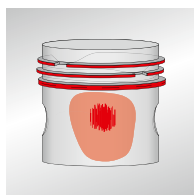


Рис. 9

3.11 | Чрезмерный расход масла

3.11.4

Износ поршней, поршневых колец и цилиндра из-за переполнения топливом (повышенный расход масла)



Описание повреждения

Поршень имеет следы износа на жаровом поясе и на юбке поршня. На юбке поршня уже видны места трения, характерные для работы без смазки в результате переполнения топливом. Поршневые кольца имеют очень сильный радиальный износ (Рис. 1). Обе перемычки (несущие поверхности) маслосъёмного кольца полностью удалены, что является признаком значительного износа (Рис. 2). Для сравнения на рис. 3 показан профиль нового маслосъёмного кольца (маслосъёмное коробчатое пружинное поршневое кольцо со сходящимися фасками).



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3



Оценка повреждения

Переполнение топливом в результате нарушений режима сгорания всегда приводит к повреждению масляной плёнки, что влечёт за собой сначала повышенную долю полусухого трения и, тем самым, износ в зоне поршневых колец. Характерным для этого является то, что поршневые кольца в течение короткого периода времени обнаруживают сильный износ. Лишь если масляная плёнка настолько сильно повреждена, что смазка становится недостаточ-

ной, то образуются характерные задиры от попадания топлива (см. пункт 3.2.4 Места трения от работы всухую из-за переполнения топливом). В результате всё более низкой эффективности смазки, однако, появляется значительный износ на поршневых кольцах, канавках для поршневых колец и рабочих поверхностях цилиндра. Юбка поршня в начальной стадии меньше страдает, потому что она от кривошипно-шатунного механизма всё вновь и вновь снабжается свежим

маслом, ещё имеющим смазочные свойства. Лишь после того, как абразивные частицы из зоны хода поршня перемешиваются со смазочным маслом и смазочное масло всё больше теряет смазочную способность из-за разбавления масла, износ распространяется по всем сопряжённым деталям скольжения двигателя. Это распространяется особенно на шейки коленчатого вала и на поршневые пальцы.

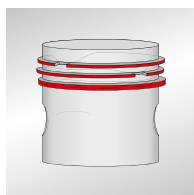
Возможные причины повреждения

- Режим езды на короткие дистанции и по причине этого разбавление масла топливом.
- Добавка охлаждающего средства в моторном масле.
- Недостаточное качество моторного масла.
- Переполнение топливом из-за нарушений в системе приготовления смеси (двигатель с принудительным воспламенением и дизельный двигатель).
- Неисправности системы зажигания (перебои в зажигании).
- Недостаточное давление сжатия или плохая наполняемость из-за изношенных или сломанных поршневых колец.
- Неправильный размер выступающей длины поршня. Поршень в работе ударяется о головку блока цилиндров. Сотрясения и вытекающие из них вибрации в дизельных двигателях непосредственного впрыска приводят к неконтролируемому впрыску форсунок и, тем самым, к переполнению цилиндра топливом (см. также пункт 3.4.6 Следы ударов на головке поршня)
- Плохое заполнение из-за забитого воздушного фильтра.
- Неисправные и негерметичные впрыскивающие форсунки.
- Неисправности ТНВД и её установки.
- Неправильно проложенные топливопроводы (вибрация).
- Плохое заполнение из-за дефектных или изношенных турбонагнетателей.
- Плохое качество топлива (плохое самозагорание и неполное сгорание).

3.11 | Чрезмерный расход масла

3.11.5

Износ поршневых колец вскоре после капитального ремонта двигателя (повышенный расход масла)



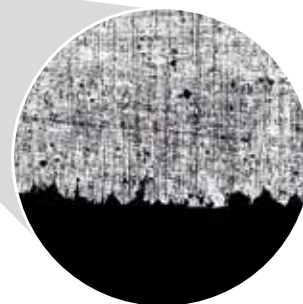
Описание повреждения

Поршень не имеет никаких признаков износа. На поршневых кольцах при поверхностном взгляде нет видимых или поддающихся измерению следов износа. При более тщательном исследовании колец, однако, выявляется, что кромки маслосъёмных колец, прежде всего нижние кромки, имеют слишком высокий износ. В увеличении видно, что нижние кромки колец сильно повреждены.



Рис. 1

Без увеличения это можно обнаружить на чётко осязаемом градообразовании (острая кромка кольца) (Рис. 1).



Оценка повреждения

Из-за изношенных кромок поршневых колец между рабочими поверхностями поршневых колец и рабочей поверхностью цилиндра появляются высокие гидродинамические силы, вызванные образованием так называемого масля-

ного клина (Рис. 2). Поршневые кольца наплывают на масляную плёнку при перемещении поршня вверх и вниз и слегка приподнимаются с рабочей поверхности цилиндра. Таким образом масло подаётся в большем объёме в камеру сгорания и сжигается.

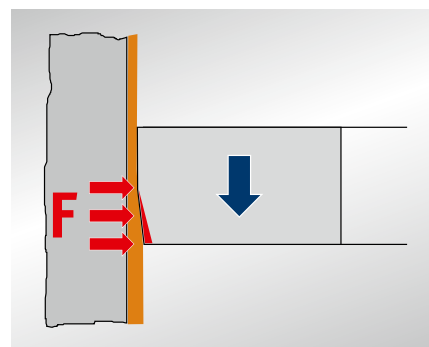


Рис. 2

Возможные причины повреждения

Заусенец образуется, если условия для поршневых колец после капитального ремонта двигателя не оптимальны. Причины связаны прежде всего с недостаточной или неподходящей финишной обработкой цилиндра. Если при чистовом хонинговании используются алмазные бруски или затупившиеся хонинговальные бруски, то на стенке цилиндра появляются заусенец и подъёмы, повернутые в направлении обработки. Эти повернутые металлические вершины, так называемое образование металлической прослойки, вызывают повышенное трение в фазе обкатки и предотвращают попадание масла в тонкие зёрна графита (Рис. 3). Если эти заусенцы не удаляются заключительной операцией обработки, так называемым плато-хонингованием, то в фазе обкатки возникает преждевременный износ на кромках поршневых колец. При этом кольца непроизвольно снимают металлическую прослойку и очищают зёрна графита. Это приводит к износу кромок поршневых колец и к образованию вышеназванного заусенца. Возникший таким образом заусенец на кромке поршневого кольца по опыту лишь с большим трудом, если вообще, снимается в процессе работы. Устранить этот эффект можно практически только путём замены повреждённых поршневых колец. Поскольку первый комплект колец в результате износа уже максимально снял с рабочей поверхности цилиндра нежелательный слой, так

называемую металлическую прослойку, второй комплект колец имеет намного более благоприятные или даже нормальные условия работы. После смены колец расход масла снижается до нормального уровня. Поскольку первый комплект колец в результате износа уже максимально снял с рабочей поверхности цилиндра нежелательный слой, так называемую металлическую прослойку, второй комплект колец имеет намного более благоприятные или даже нормальные условия работы. После смены колец расход масла снижается до нормального уровня, в большинстве случаев это приписывают более низкому качеству материала поршневых колец, установленных сначала, что конечно неправильно. На рис. 4 показано микроскопическое увеличение разреза поверхности цилиндра после хонингования рабочей поверхности цилиндра. Чётко видны изогнутые вершины. На рис. 5 показана поверхность после плато-хонингования. Граты и вершины в основном удалены, графитовые зёрна высвобождены. Поршневые кольца здесь имеют сразу хорошие условия для обкатки и по всей вероятности длительный срок службы. Особенно хорошие результаты получаются при изготовлении плато-хонинговальными щётками.



Рис. 3



Рис. 4

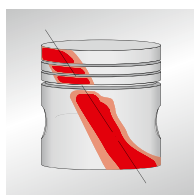


Рис. 5

3.11 | Чрезмерный расход масла

3.11.6

Несимметричное пятно на контактной поверхности поршня (повышенный расход масла)



Описание повреждения

Рис. 1. Пятно контакта поршня по всей высоте поршня несимметрично на обеих сторонах. Жаровой пояс на левой стороне поршня над бобышкой пальца (левая сторона снимка) вытерт до металлического блеска, в то время как на противоположной стороне на нижней кромке поршня видны следы побежалости. Верхнее компрессионное кольцо также имеет неравномерное пятно контакта. Несущие блестящие поверхности переходят в более тёмные матовые места с синим оттенком (цвет побежалости).

На рис. 2 также показан поршень, работавший в наклонном состоянии. Основная часть износа здесь, однако, находится не на жаровом поясе, а на нижней правой кромке поршня в зоне выемки для сопла охлаждающего масла.



Рис. 1



Рис. 2



Оценка повреждения

Такие несимметричные пятна контакта являются признаком работы поршня в цилиндре в наклонном состоянии и признаком непараллельности между осью поршневого пальца и осью коленчатого вала. Поршень имеет односторонний контакт и поршневые кольца могут из-за плохого прилегания к цилиндру лишь

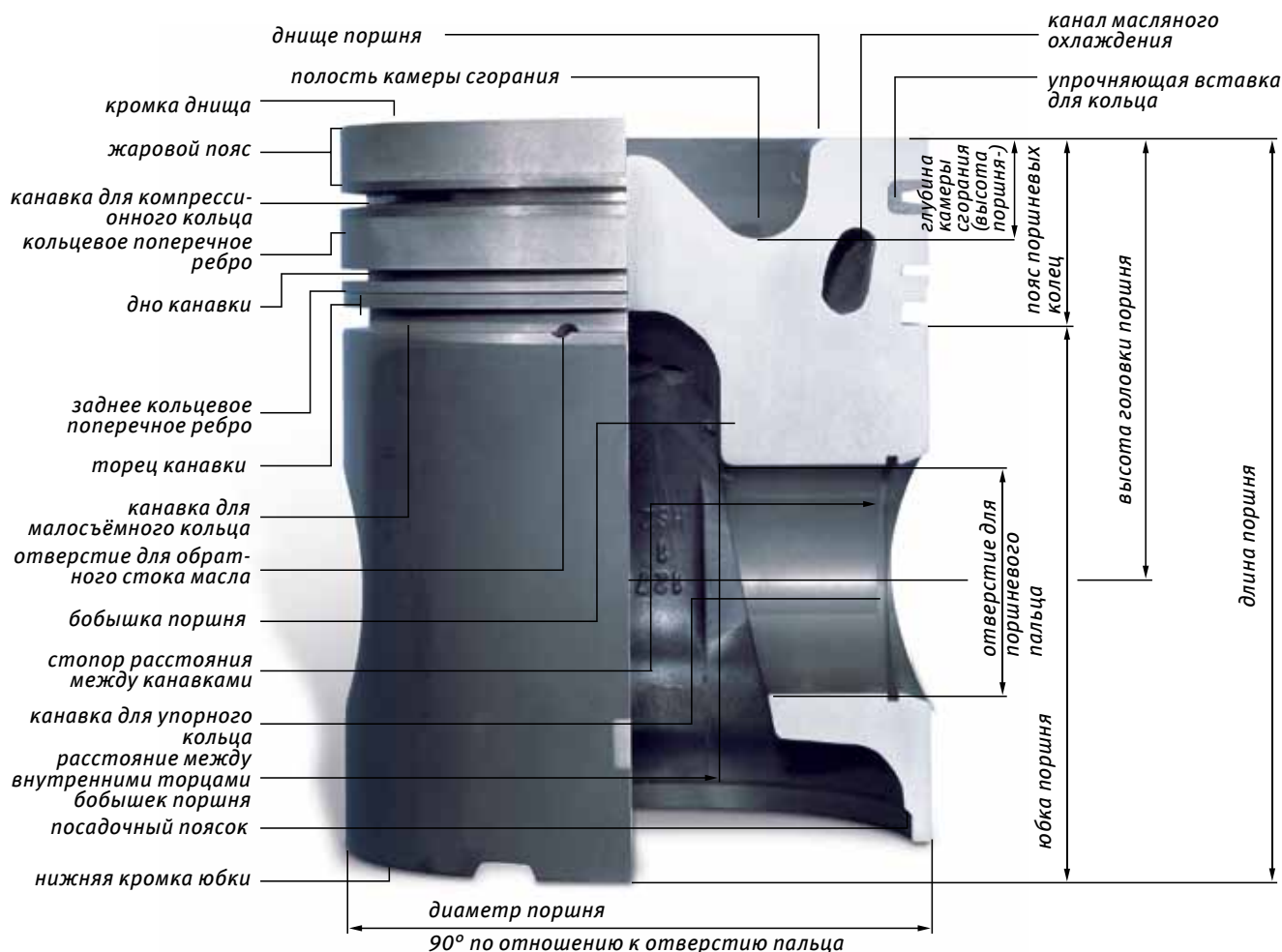
недостаточно выполнять свою функцию герметизации. Горячие газы горения протекают и чрезмерно нагревают поршневые кольца и стенку цилиндра. Таким образом ослабляется масляная плёнка, что может привести к задиру от работы всухую. Из-за работы поршня в цилиндре в наклонном положении и его движения вверх и вниз на поршневых

насосах возникает насосный эффект, который перекачивает масло в камеру сгорания и приводит к повышенному расходу масла. В определенных случаях поршневой палец подвергается осевому смещению, что может вызвать износ или поломку стопора пальца. См. также пункт 3.7.2 Повреждения поршней из-за поломанных стопоров пальцев.

Возможные причины повреждения

- Изгиб или скручивание стержней шатунов.
- Наклонно высверленные бобышки шатунов.
- Наклонно высверленные отверстия цилиндров.
- Наклонно смонтированные отдельные цилиндры (перекосы при сборке).
- Слишком большой зазор шатунного подшипника, особенно в связи с асимметричными стержнями шатунов. Смещение центров между головкой шатуна и большим шатунным подшипником.

Специальные термины и названия на поршне



Объяснение использованных специальных терминов

Абразив

эффект шлифования/истирания

Асимметрично

не зеркально, несимметрично

Бочкообразность

слегка выпуклая форма поршня в зоне юбки

Вихревая камера

часть камеры сгорания в дизельных двигателях непосредственного впрыска. В отличие от предкамеры выходное отверстие камеры больше и входит тангенциально в вихревую камеру. При сжатии протекающий в камеру воздух из-за формы вихревой камеры подвергается сильному завихрению, что способствует хорошему горению.

Волокнистый элемент усиления

волокнистый элемент усиления края углубления поршней дизельных двигателей с непосредственным впрыском. Перед литьем в литейную форму поршня вкладывается волокнистое кольцо из алюминиевого оксида, в которое в процессе литья проникает жидкий алюминий. Это повышает стойкость края углубления к образованию трещин. Волокнистые элементы усиления возможны только при методе



литься с прессованием, в котором алюминий под высоким давлением (ок. 1000 бар) впрессовывается в литейную форму.

Выступающая длина поршня

выступающая длина поршня дизельного двигателя в верхней мертвой точке за торцевую поверхность цилиндра. Выступающая длина является важным размером, который при капитальном ремонте двигателей должен быть точно соблюден и проверен, чтобы была обеспечена правильная степень сжатия и поршень в работе не сталкивался с головкой блока цилиндров.

Газы, проникшие в картер двигателя из камеры сгорания

газы утечки, которые при сгорании проникают мимо поршневых колец в картер двигателя. Количество газов при этом тем выше, чем хуже уплотнение поршня в цилиндре.

Графитовые зерна

вложение графита в основной материал в пластинчатом графитовом чугуне (сером чугуне). Если надрезанные при чистовой обработке зерна очищаются хонинговальными щетками, то там может отложиться масло для смазки поршней.

Двигатель с непосредственным впрыском

двигатели, в которых топливо впрыскивается непосредственно в камеру сгорания.

Двигатель с принудительным воспламенением

четырёхтактный двигатель, изобретенный в 1878 году Николаусом Эрнстом Аугустом Отто. На разговорном языке, как правило, этим имеется в виду бензиновый двигатель.

Движение поршня вверх

перемещение поршня от коленчатого вала в направлении головки блока цилиндров (во время такта сжатия и выброса в 4-тактном двигателе)

Движение поршня вниз

перемещение поршня в направлении коленчатого вала во время такта всасывания и рабочего такта (4-тактный двигатель)

Детонационная стойкость

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

Деформация материала

изменение структуры и в связи с этим формы юбки поршня в работе поршня (см. «сборочный зазор поршня»)

Директивы по ОГ

национальные или международные законодательные предписания по ограничению выбросов ОГ автомобилей

Зазор между днищем поршня в в.м.т. и головкой блока цилиндров

оставшееся расстояние между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров. При капитальном ремонте двигателя необходимо всегда обращать внимание на то, чтобы зазор между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров был соблюден согласно указаниям изготовителя (см. к этому также «выступающая длина поршня»).

Зазор между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров может быть также определен с помощью свинцовой проволоки. Она вкладывается при сборке в цилиндр и двигатель один раз прокручивается. Свинцовая проволока при этом давится до плоского состояния и может быть затем измерена. Размер, который определяется на основе раздавленной проволоки, является зазором между днищем поршня в верхней мертвой точке и головкой блока цилиндров.

Зазор при сборке поршня

зазор между поршнем и цилиндром, который обеспечен при свободном ходе нового поршня в цилиндре при сборке и во время работы.

Новый поршень подвергается в течение первых рабочих часов еще остаточной деформации или уменьшению. С одной стороны, это вызвано нагревом и еще возникающими от этого изменениями структуры, с другой же стороны механической нагрузкой. Максимальный размер поршня, имеющийся всегда в зоне юбки, поэтому подвергается определенным изменениям в фазу обкатки, зависящим от конструктивного исполнения и состава материала и специфичной нагрузки. Это совершенно обычное поведение алюминиевых поршней в работе и не является причиной предъявления претензий. При повреждении поршня, возникших в результате недостаточной смазки, перегрева или перегрузки двигателя, юбка поршня получает пластичную деформацию, что приводит к еще более сильным деформациям и изменениям размеров.

В случае повреждений для оценки износа часто используют сборочный зазор поршня или после повреждения определяют расчетом сборочный зазор, что неправильно, хотя поршень уже не имеет свои первоначальные форму и размеры. Часто считается, что максимальный размер поршня на юбке слишком мал и говорят, что поршень изношен, хотя тонкие риски обработки или графитовые зерна/покрытие на юбке поршня сохранены в полном объеме.

Эти размеры поршней, определяемые на бывшем в работе поршне и рассчитанный из этого сборочный зазор не могут служить оценке качества работ по ремонту двигателя или качества материала или размеров поршня в новом состоянии.

Если сборочный зазор слишком мал, в общем может появиться только задир от недостаточного зазора (см. пункт 3.1.1 Задир от недостаточного зазора). Если сборочный зазор слишком большой, то в холодном состоянии двигателя появляется незначительно больше шума из-за качания поршня. Задир поршня, повышенный расход масла или другие повреждения вследствие этого возникнут не могут.



Сборочный зазор нельзя перепутывать с рабочим зазором поршня. Рабочий зазор появляется только после теплового расширения поршня, изменить его невозможно.

Кавитация

вымывание материалов, находящихся в воде или других жидкостях. При образовании разряжения и в зависимости от температуры на поверхности появляются паровые пузырьки также как и при кипении, которые сразу лопаются. При этом водяной столб действует большими усилиями на материал и отрывает малейшие частицы материала из поверхности. Пузырьки образуются в результате вибраций или же сильным разряжением.

Калильное зажигание

самовоспламенение топливно-воздушной смеси перед собственным процессом зажигания свечью. Калильное воспламенение при этом вызвано накаливаемыми элементами (уплотнение головки блока цилиндров, свеча зажигания, выпускной клапан, масляный нагар и т. п.).

Качание поршня

перекладка поршня в цилиндре от нагруженной стороны к ненагруженной стороне и наоборот. Качание поршня занимает после шума горения второе место по громкости в поршневых двигателях внутреннего сгорания.

Мертвая точка

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

Места истирания

первый контакт пар скольжения, возникающий в результате нарушения смазочной пленки. В отличие от задира в местах истирания изменяется структура поверхности, но еще не очень сильно изменяются размеры.

Место истирания

первая стадия задира при нехватке смазочного масла или начинающемся уменьшении зазора

Металлическая прослойка

оторванный или сжатый материал, покрывающий рабочую поверхность цилиндра при неправильной или неполной чистовой обработке цилиндра (хонингование/крестообразное шлифование)

Нагруженная сторона

та сторона поршня или цилиндра, на которой поршень в такте всасывания и в рабочем такте перемещается вниз. Нагруженная сторона расположена всегда 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 непосредственного впрыска, в которой форсунка и система создания давления (насос) образуют единый блок и встроены непосредственно в головку блока цилиндров. Давление впрыскивания создается поршнем насоса, который в отличие от распределительного или рядного ТНВД управляется непосредственно кулачковым валом двигателя. Форсунки управляются электрически. Время впрыска и количество впрыскиваемого топлива управляются электронно от блока управления.

Ненагруженная сторона

та сторона поршня или цилиндра, на которой поршень в такте всасывания и в рабочем такте перемещается вверх. Ненагруженная сторона расположена всегда в направлении вращения коленчатого вала.

Несоосность шатуна

непараллельность осей коленчатого вала и поршневого пальца.

Нехватка смазки

нехватка смазки появляется, если масляная пленка слишком тонкая и не может выполнять свою функцию

в полном объеме. Причиной этому является недостаточное количество масла, обрыв масляной пленки или разбавление масляной пленки топливом. В результате этого появляется сначала полусухое трение и в дальнейшем трение или заедание деталей.

Образование металлической прослойки

сжатие материала на рабочей поверхности цилиндра затупившимися хонинговальными брусками или слишком сильным давлением хонингования

Общий топливопровод высокого давления «common rail»

название систем непосредственного впрыска дизельного топлива современной конструкции. При этом клапаны впрыска питаются топливом через общий топливопровод высокого давления.

Октановое число

Октановое число топлива (ROZ – октановое число, определенное по исследовательскому методу) показывает, после скольких секунд топливо в специально разработанном для этого испытательном двигателе переходит от нормального сгорания в детонационное сгорание.

Октановое число двигателя (MOZ – октановое число, определенное по моторному методу) дает информацию о том, при каком октановом числе топлива двигатель в работе переходит от нормального сгорания в детонационное сгорание.

Перекладка поршня

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

Перепополнение топливом

чрезмерная подача топлива в камеру сгорания. Топливо осаждается в результате некачественного распыления или слишком богатой смеси на конструктивных элементах и может

разбавлять масляную пленку или смывать ее с рабочей поверхности цилиндра, что может привести к нехватке смазки, к истиранию или задирам.

Плато-хонингование

чистовая обработка при шлифовании цилиндра, при которой вершины поверхности материала отрезаются и создается так называемое плато. Это сглаживает поверхность, улучшает характеристику при обкатке и понижает износ.

Поверхность сжимания

часть днища поршня, которая в работе очень близко подходит к головке блока цилиндров. Смесь в конце такта сжатия выдавливается из все более узкой краевой зоны в середину камеры сгорания, что приводит к завихрению газов и тем самым к улучшению горения.

Поломка от воздействия силы

поломка, возникающая при перегрузке за десятки долей секунды без предыдущей трещины. Поверхности излома имеют матовую, зернистую поверхность без истирания.

Полусухое трение

если между парами скольжения, механически отделенных друг от друга, ослабляется масляная пленка. Отдельные вершины материала одного элемента из-за этого вступают в контакт с вершинами материала сопряженного элемента и трутся металлически. Полусухое трение называется также полужидкостным трением.

Поршни с охлаждающими каналами

поршни с залитыми в днище поршня охлаждающими каналами. В этот охлаждающий канал во время работы поддается масло через сопла масляного охлаждения.

Посадка «Pressfit»

сухая гильза цилиндра, впрессовываемая с помощью специально предусмотренного для того средства скольжения в базовое отверстие цилиндра. При этом речь идет за немногими исключениями о полуфинишных гильзах,

т. е., отверстие цилиндра подлежит еще финишной обработке расточкой и хонингованием.

Посадка «Slipfit»

сухая гильза цилиндра, которая может быть вручную вставлена в блок цилиндров. Они, как правило, уже прошли чистовую обработку, т. е., отверстие цилиндра больше не требует расточки и хонингования.

Постоянное детонационное горение

детонационное воспламенение, постоянно имеющееся в работе двигателя.

Предкамера

часть камеры сгорания в дизельных двигателях непосредственного впрыска. Топливо впрыскивается в предкамеру, где оно воспламеняется. В связи с тем, что количество кислорода в предкамере ограничено, там сжигается только небольшая часть топлива. В результате создаваемого в предкамере избыточного давления оставшаяся несгоревшая часть топлива вдувается в цилиндр, где она сжигается с остатками имеющегося кислорода.

Прохождение трещины

направление трещины

Процент вскрытия зерен графита

количество вскрытых при щеточном хонинговании зерен графита. Приемлемое значение при этом составляет $\geq 20\%$.

Прямоточная продувка

двигатели, в которых труба всасывания расположена напротив выпускного коллектора. Поток газа в двигателе поэтому не поворачивается.

Пятно контакта поршня

внешний вид на юбке там, где юбка поршня прилегает к цилиндру.

Работающий в наклонном положении поршень

поршень, который от скрученного или изогнутого шатуна имеет перекосяк в цилиндре и при разборке имеет характерное, несимметричное пятно контакта.

Рабочий зазор поршня

Рабочий зазор появляется во время эксплуатации после теплового расширения конструктивных элементов. Поршень по своим конструктивным признакам и различной толщине стенки подвергается изменению формы при нагреве. При этом поршень расширяется в зоне большой толщины материала сильнее, что необходимо соответственно учесть в конструкции.

Разбавление масла

О разбавлении масла говорят, если масло разбавлено топливом. Это состояние может возникнуть при частой эксплуатации на коротких расстояниях или при нарушениях в системе смесеобразования, в системе зажигания или при недостаточном сжатии механическими проблемами двигателя. Несгоревшее топливо отлагается на стенке цилиндра, перемешивается там с маслом и таким образом попадает также в масляный поддон. Вязкость и смазочная способность масла снижается, а износ и расход масла повышаются.

Разбрызгиваемое масло

масло, которое в работе по назначению выходит из подшипников коленчатого вала и предназначенное для смазывания и смазки рабочих поверхностей цилиндра маслом снизу.

Растровые линии

линии, имеющиеся на поверхностях усталостного излома и вызванные более или менее быстрым развитием излома. Поломка проходит поэтапно. Для каждого дальнейшего поломанного куска образовывается растровая линия.

Регулирование с кислородным датчиком

система регулирования в электронной системе бензинового двигателя для контроля и регулирования состава смеси.

Сборочный комплект

ремонтный комплект, включающий гильзу цилиндра и поршень

**Следы качения**

следы износа на боковых поверхностях поршневых колец, возникших в результате попадания пыли или грязи в двигатель. Отложившиеся в канавке для поршневых колец загрязнения вызывают в канавке и на боковой поверхности поршневого кольца характерные следы износа, появляющиеся из-за того, что кольцо вращается в работе и в результате этого загрязнения оставляют в поверхности повторяющиеся следы.

Смещение осей

конструктивное смещение оси поршневого пальца на несколько миллиметров в направлении ненагруженной стороны поршня. Перекладка поршня в верхней мертвой точке в связи с этим происходит перед самым воспламенением. Благодаря этому перекладка поршня происходит менее шумно и более плавно, чем при перекладке от начинающегося горения и под намного более высокой нагрузкой. В дизельных двигателях смещение оси поршневого пальца по термическим соображениям может быть предусмотрено также на нагруженной стороне.

Тангенциальное напряжение

сила, которая давит поршневое кольцо в установленном состоянии к стенке цилиндра.

Требуемая детонационная стойкость

Требуемая детонационная стойкость двигателя вытекает из его конструктивных признаков. Детонационная стойкость повышается с повышением степени сжатия, температуры двигателя, опережения зажигания, коэффициента наполнения, нагрузки двигателя и неблагоприятным исполнением камеры сгорания. Октановое число двигателя (MOZ – октановое число, определенное по моторному методу) должно быть всегда на несколько баллов ниже октанового числа имеющегося в распоряжении топлива, чтобы исключить детонационный режим двигателя во всех режимах работы.

Упрочняющая вставка

залитое в алюминиевые поршни стальное кольцо, в который врезается канавка первого кольца. Первое, иногда и второе, компрессионное кольцо, таким образом, находится в износостойкой канавке, в результате чего возможны более высокое рабочее давление и тем самым также более высокая нагрузка. Упрочняющие вставки используются принципиально в поршнях для дизельных двигателей, но и все больше в двигателях с принудительным воспламенением.

Усталостная поломка

поломка, возникающая не внезапно от перегрузки материала, а развивающаяся более или менее быстро. Скорость поломки в работе может длиться от нескольких секунд до нескольких часов. Поломка начинает развиваться медленно в связи с трещиной, повреждением или вибрациями, а не развивается внезапно. Характерным признаком усталостной поломки является тот факт, что поверхность излома не имеет равномерный матовый серый цвет, а растровые линии, документирующие поэтапное развитие поломки.

Ход расширения
рабочий такт**Хонинговальная структура**

характерный шлиф, появляющийся при крестообразном шлифовании (хонинговании).

Хонингование

чистовая обработка цилиндра путем крестообразного шлифования

Цетановое число

показатель склонности дизельного топлива к воспламенению. Склонность к воспламенению при этом тем выше, чем выше цетановое число.

Цилиндры с ребрами

цилиндры, прежде всего в двигателях с воздушным охлаждением, которые на наружной стороне оснащены ребрами для охлаждения двигателя.

Шатун горячего прессования

шатун, в котором поршневой палец жестко соединен с шатуном. При сборке поршня с шатуном нагревают бобышку шатуна, а поршневой палец сильно охлаждают. В результате усадки пальца и расширения бобышки шатуна возникает зазор, позволяющий вставить поршневой палец вручную. При последующем остывании или нагревании конструктивных элементов зазор исчезает и палец зажимается в шатуне. При посадке пальца в бобышку шатуна нет необходимости в нагреве поршня.

Шлаковый остаток

остаток шлака, отложившийся при горячей деформации деталей двигателя в процессе производства (клапаны, поршневые пальцы и т. д.) в материале и вызывающий при определенных обстоятельствах в последующей эксплуатации двигателя ослабление материала и тем самым также поломку.

Щеточное хонингование

последний процесс при хонинговании. Поверхность цилиндра освобождается от вершин и грата, зерна графита вскрываются и очищаются.

Электронный тюнинг

модификация программного обеспечения блока управления двигателем для повышения мощности двигателя.

Эрозия

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



Ваш непосредственный доступ к нашей программе услуг...

www.ms-motor-service.com



Программа обучения



Специальные знания, непосредственно от изготовителя!

Ежегодно извлекают выгоду от наших курсов обучения и семинаров, которые мы проводим на местах по всему миру, а также в нашем учебном центре в Дормагене (Германия), около 4500 механиков и техников.

Техническая информация



Информация из практики, для практики!

С информацией о продуктах, сервисной информацией, брошюрами «Service-Tips & Infos», а также плакатами и учебными таблицами Вы находитесь на новейшем уровне техники.

Новости



Информация из первых рук!

Актуальные темы, информация, сообщения, новые продукты, а также регистрация для получения информационного бюллетеня.

Каталоги, CD, TecDoc



Надёжно и быстро!

В наших объёмных каталогах, на компакт-дисках или в распечатанном виде Вы всегда найдёте правильную деталь для правильного автомобиля.

Интернет-магазин



Всегда актуален!

Ещё более быстрый доступ к нашим изделиям, полная программа.



ЧТОБЫ МИР
ОСТАВАЛСЯ В
ДВИЖЕНИИ!

Motor Service Partner:

Headquarters:
MS Motor Service International GmbH
Wilhelm-Maybach-Straße 14-18
74196 Neuenstadt, Germany
www.ms-motor-service.com

KOLBENSCHMIDT PIERBURG GROUP

