



ПОЧЕМУ ПРОГОРЕЛ ПОРШЕНЬ?

АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ, кандидат технических наук, директор фирмы «АБ-Инжиниринг»

Сами по себе дефекты в механической части двигателя, как известно, не появляются. Практика показывает: всегда есть причины повреждения и выхода из строя тех или иных деталей. Разобраться в них непросто, особенно, когда повреждены составляющие поршневой группы.

Поршневая группа — традиционный источник неприятностей, подстерегающих водителя, эксплуатирующего автомобиль, и механика, его ремонтирующего. Перегрев двигателя, небрежность в ремонте, — и пожалуйста, — повышенный расход масла, сизый дым, стук.

При «вскрытии» такого мотора неминуемо обнаруживаются задиры на поршнях, кольцах и цилиндрах. Вывод неутешителен — требуется дорогостоящий ремонт. И возникает вопрос: чем провинился двигатель, что его довели до такого состояния?

Двигатель, конечно, не виноват. Просто необходимо предвидеть, к чему приводят те или иные вмешательства в его работу. Ведь поршневая группа современного двигателя — «материя тонкая» во всех смыслах. Сочетание минимальных размеров деталей с микронными допусками и громадными силами давления газов, и инерции, действующими на них, способствует появлению и развитию дефектов, приводящих в конечном счете к выходу двигателя из строя.

Во многих случаях простая замена поврежденных деталей — не лучшая технология ремонта двигателя. Причина-то появления дефекта осталась, а раз так, то его повторение неминуемо.

Чтобы этого не случилось, грамотному мотористу, как гроссмейстеру, необходимо думать на несколько ходов вперед, просчитывая возможные последствия своих действий. Но и этого недостаточно — необходимо выяснить, почему возник дефект. А здесь без знания конструкции, условий работы деталей и процессов, происходящих в двигателе, как говорится, делать нечего. Поэтому, прежде чем анализировать причины конкретных дефектов и поломок, неплохо было бы знать...

Как работает поршень?

Поршень современного двигателя — деталь на первый взгляд простая, но крайне ответственная

и одновременно сложная. В его конструкции воплощен опыт многих поколений разработчиков. И в какой-то степени поршень формирует облик всего двигателя. В одной из прошлых публикаций мы даже высказали такую мысль, перефразировав известный афоризм: «Покажи мне поршень, и я скажу, что у тебя за двигатель».

Итак, с помощью поршня в двигателе решается несколько задач. Первая и главная — воспринять давление газов в цилиндре и передать возникшую силу давления через поршневой палец шатуну. Далее эта сила будет преобразована коленвалом в крутящий момент двигателя.

Решить задачу преобразования давления газов во вращательный момент невозможно без надежного уплотнения движущегося поршня в цилиндре. Иначе неминуем прорыв газов в картер двигателя и попадание масла из картера в камеру сгорания.

Для этого на поршне организован уплотнительный пояс с канавками, в которые установлены компрессионные и маслосъемные кольца специального профиля. Кроме того, для сброса масла в поршне выполнены особые отверстия.

Но этого мало. В процессе работы днище поршня (огневой пояс), непосредственно контактируя с горячими газами, нагревается, и это тепло надо отводить. В большинстве двигателей задача охлаждения решается с помощью тех же поршневых колец — через них тепло передается от днища стенке цилиндра и далее — охлаждающей жидкости. Однако в некоторых наиболее нагруженных конструкциях делают дополнительное масляное охлаждение поршней, подавая масло снизу на днище с помощью специальных форсунок. Иногда применяют и внутреннее охлаждение — форсунка подает масло во внутреннюю кольцевую полость поршня.

Для надежного уплотнения полостей от проникновения газов и масла поршень должен удерживаться в цилиндре так, чтобы его вертикальная ось совпадала с осью цилиндра. Разного рода перекосы и «перекладки», вызывающие «болтание» поршня в цилиндре, негативно сказываются на уплотняющих и теплопередающих свойствах колец, увеличивают шумность работы двигателя.

Удерживать поршень в таком положении призван направляющий пояс — юбка поршня. Требования к юбке весьма противоречивы, а именно: необходимо обеспечить минимальный, но гарантированный, зазор между поршнем и цилиндром как в холодном, так и в полностью прогретом двигателе.

Задача конструирования юбки усложняется тем, что температурные коэффициенты расширения материалов цилиндра и поршня различны. Мало того, что они изготовлены из различных металлов, их температуры нагрева разнятся во много раз.

Чтобы нагретый поршень не заклинило, в современных двигателях принимают меры по компенсации его температурных расширений.

Во-первых, в поперечном сечении юбки поршня придается форма эллипса, большая ось кото-

Задиры на юбке могут образоваться в результате недостаточного зазора или перегрева. В последнем случае они располагаются ближе к отверстию пальца.



рого перпендикулярна оси пальца, а в продольном — конуса, сужающегося к днищу поршня. Такая форма позволяет обеспечить соответствие юбки нагретого поршня стенке цилиндра, препятствуя заклиниванию.

Во-вторых, в ряде случаев в юбку поршня заливают стальные пластины. При нагревании они расширяются медленнее и ограничивают расширение всей юбки.

Использование легких алюминиевых сплавов для изготовления поршней — не прихоть конструкторов. На высоких частотах вращения, характерных для современных двигателей, очень важно обеспечить низкую массу движущихся деталей. В подобных условиях тяжелому поршню потребуется мощный шатун, «могучий» коленвал и слишком тяжелый блок с толстыми стенками. Поэтому альтернативы алюминию пока нет, и приходится идти на всяческие ухищрения с формой поршня.

В конструкции поршня могут быть и другие «хитрости». Одна из них — обратный конус в нижней части юбки, призванный уменьшить шум из-за «перекладки» поршня в мертвых точках. Улуч-



Недостаточная смазка явилась причиной одностороннего задира юбки (а). При дальнейшей работе в таком режиме задиры распространяются на обе стороны юбки (б).

шить смазку юбки помогает специальный микропрофиль на рабочей поверхности — микроканавки с шагом 0,2-0,5 мм, а уменьшить трение — специальное антифрикционное покрытие. Профиль уплотнительного и огневого поясов тоже определенный — здесь самая высокая температура, и зазор между поршнем и цилиндром в этом месте не должен быть ни большим (возрастает вероятность прорыва газов, опасность перегрева и поломки колец), ни маленьким (велика опасность заклинивания). Нередко стойкость огневого пояса повышается анодированием.

Все, что мы рассказали, — далеко не полный перечень требований к поршню. Надежность его работы зависит и от сопряженных с ним деталей: поршневых колец (размеры, форма, материал, упругость, покрытие), поршневого пальца (зазор в отверстии поршня, способ фиксации), состояния поверхности цилиндра (отклонения от цилинд-

ричности, микропрофиль). Но уже становится ясно, что любое, даже не слишком значительное, отклонение в условиях работы поршневой группы быстро приводит к появлению дефектов, поломкам и выходу двигателя из строя. Чтобы в дальнейшем качественно отремонтировать двигатель, необходимо не только знать, как устроен и работает поршень, но и уметь по характеру повреждения деталей определить, почему, к примеру, возник задиры или...

Почему прогорел поршень?

Анализ различных повреждений поршней показывает, что все причины дефектов и поломок делятся на четыре группы: нарушение охлаждения, недостаток смазки, чрезмерно высокое термосилое воздействие со стороны газов в камере сгорания и механические проблемы.

Вместе с тем многие причины возникновения дефектов поршней взаимосвязаны, как и функции, выполняемые его различными элементами. Например, дефекты уплотняющего пояса вызывают перегрев поршня, повреждения огневого и направляющего поясов, а задиры на направляющем поясе ведут к нарушению уплотнительных и теплопередающих свойств поршневых колец. В конечном счете это может спровоцировать прогар огневого пояса.

Отметим также, что практически при всех неисправностях поршневой группы возникает повышенный расход масла. При серьезных повреждениях наблюдаются густой, сизый дым выхлопа, падение мощности и затрудненный запуск из-за низкой компрессии. В некоторых случаях прослушивается стук поврежденного поршня, особенно на непрогретом двигателе (о стуке поршня более подробно см. №№ 8,9/2000).

Иногда характер дефекта поршневой группы удается определить и без разборки двигателя по указанным выше внешним признакам. Но чаще всего такая «безразборная» диагностика неточна, поскольку разные причины нередко дают практически один и тот же результат. Поэтому возможные причины дефектов требуют детального анализа.

Нарушение охлаждения поршня — едва ли не самая распространенная причина появления дефектов. Обычно это происходит при неисправности системы охлаждения двигателя (цепочка: «радиатор—вентилятор—датчик включения вентилятора—водяной насос») либо из-за повреждения прокладки головки блока цилиндров. Во всяком случае, как только стенка цилиндра перестает омываться снаружи жидкостью, ее температура, а вместе с ней и температура поршня, начинают расти. Поршень расширяется быстрее цилиндра, к тому же неравномерно, и в конечном итоге зазор в отдельных местах юбки (как правило, вблизи отверстия под палец) становится равным нулю. Начинается задиры — схватывание и взаим-



Схватывание пальца в отверстии бобышек поршня произошло сразу после запуска двигателя. Причина — малый зазор в соединении и недостаточная смазка.

ный перенос материалов поршня и зеркала цилиндра, а при дальнейшей работе двигателя происходит заклинивание поршня.

После остывания форма поршня редко приходит в норму: юбка оказывается деформированной, т.е. сжатой по большой оси эллипса. Дальнейшая работа такого поршня сопровождается стуком и повышенным расходом масла.

В некоторых случаях задиры на поршне распространяются на уплотнительный пояс, завальцовывая кольца в канавки поршня. Тогда цилиндр, как правило, выключается из работы (слишком мала компрессия), а говорить о расходе масла вообще трудно, поскольку оно будет просто вылетать из выхлопной трубы.

Недостаточная смазка поршня чаще всего характерна для пусковых режимов, особенно при низких температурах. В подобных условиях топливо, поступающее в цилиндр, смывает масло со стенок цилиндра, и возникают задиры, которые

Залегание колец в канавках и задиры в результате слишком высокой температуры в камере сгорания (а). При недостаточном охлаждении днища задиры распространяются на всю верхнюю часть поршня (б).





Плохая фильтрация масла послужила причиной абразивного износа юбки, цилиндра и поршневых колец.

располагаются, как правило, в средней части юбки, на ее нагруженной стороне.

Двухсторонний задир юбки обычно встречается при длительной работе в режиме масляного голодания, связанного с неисправностями системы смазки двигателя, когда количество масла, попадающего на стенки цилиндров, резко уменьшается.

Недостаток смазки поршневого пальца — причина его заклинивания в отверстиях бобышек поршня. Такое явление характерно только для конструкций с пальцем, запрессованным в верхнюю головку шатуна. Этому способствует малый зазор в соединении пальца с поршнем, поэтому «прихваты» пальцев чаще наблюдаются у относительно новых двигателей.

Чрезмерно высокое термосиловое воздействие на поршень со стороны горячих газов в камере сгорания — частая причина дефектов и поломок. Так, детонация приводит к разрушению перемычек между кольцами, а калильное зажигание — к прогарам (более подробно см. №№ 4, 5/2000).

У дизелей чрезмерно большой угол опережения впрыска топлива вызывает очень быстрое нарастание давления в цилиндрах («жесткость» работы), что также может вызвать поломку перемычек. Такой же результат возможен и при использовании различных жидкостей, облегчающих запуск дизеля.

Днище и огневой пояс могут повреждаться при слишком высокой температуре в камере сгорания дизеля, вызванной неисправностью распылителей форсунок. Аналогичная картина возникает и при нарушении охлаждения поршня — например, при закоксовывании форсунок, подающих масло к поршню, имеющему кольцевую полость внутреннего охлаждения. Задир, возникающий на верхней части поршня, может распространяться и на юбку, захватывая поршневые кольца.

Механические проблемы, пожалуй, дают самое большое разнообразие дефектов поршневой группы и их причин. Например, абразивный износ деталей возможен как «сверху», из-за попадания

пыли через рваный воздушный фильтр, так и «снизу», при циркуляции абразивных частиц в масле. В первом случае наиболее изношенными оказываются цилиндры в верхней их части и компрессионные поршневые кольца, а во втором — маслосъемные кольца и юбка поршня. Кстати, абразивные частицы в масле могут появиться не столько от несвоевременного обслуживания двигателя, сколько в результате быстрого износа каких-либо деталей (например, распредвала, толкателей и др.).

Редко, но встречается эрозия поршня у отверстия «плавающего» пальца при выскакивании стопорного кольца. Наиболее вероятные причины этого явления — непараллельность нижней и верхней головок шатуна, приводящая к значительным осевым нагрузкам на палец и «выбиванию» стопорного кольца из канавки, а также использование при ремонте двигателя старых (потерявших упругость) стопорных колец. Цилиндр в таких случаях оказывается поврежденным пальцем настолько, что уже не подлежит ремонту традиционными методами (расточка и хонингование).

Иногда в цилиндр могут попадать посторонние предметы. Такое чаще всего происходит при неаккуратной работе во время обслуживания или



Выскакивание стопорного кольца поршневого пальца ведет к повреждению поршня у отверстия. При этом в цилиндре наблюдаются глубокие борозды от пальца.

ремонта двигателя. Гайка или болт, оказавшись между поршнем и головкой блока, способны на многое, в том числе и просто «провалить» днище поршня.

Рассказ о дефектах и поломках поршней можно продолжать очень долго. Но и того, что уже сказано, достаточно, чтобы сделать некоторые выводы. По крайней мере, уже можно определить...

Как избежать прогара?

Правила очень просты и вытекают из особенностей работы поршневой группы и причин появления дефектов. Тем не менее, многие водители и механики забывают о них, что называется, со всеми вытекающими последствиями.

Хотя это и очевидно, но при эксплуатации все-таки необходимо: содержать в исправности систему питания, смазки и охлаждения двигателя, вовремя их обслуживать, излишне не нагружать холодный двигатель, избегать применения некачественного топлива, масла и несоответствующих фильтров и свечей зажигания.



Деформированный шатун обычно приводит к несимметричному пятну контакта юбки с цилиндром из-за перегиба поршня.

А если что-то с двигателем не так, не доводить его «до ручки», когда ремонт уже не обойдется «малой кровью».

При ремонте необходимо добавить и неукоснительно выполнять еще несколько правил. Главное, на наш взгляд, — нельзя стремиться к обеспечению минимальных зазоров поршней в цилиндрах и в замках колец. Эпидемия «болезни малых зазоров», когда-то поразившая многих механиков, все еще не прошла. Более того, практика показала, что попытки «плотнее» установить поршень в цилиндре в надежде на уменьшение шума двигателя и увеличение его ресурса почти всегда заканчиваются обратным: задиром поршней, стуками, расходом масла и повторным ремонтом. Правило «лучше зазор на 0,03 мм больше, чем на 0,01 мм меньше» работает всегда и для любых двигателей.

Остальные правила традиционны: качественные запасные части, правильная обработка изношенных деталей, тщательная мойка и аккуратная сборка с обязательным контролем на всех этапах.

АБС

Справка «АБС-авто». Устранить неисправности поршневой группы любого двигателя можно на «АБС-сервисе», тел.: (095) 945-74-40.

При подготовке статьи использованы методические материалы концерна AE Engine Parts.