

# Почему застучал



## Вкладыш?

**АЛЕКСАНДР ХРУЛЕВ**, кандидат технических наук,  
директор фирмы "АБ-ИНЖИНИРИНГ"

**Дефекты и поломки деталей двигателя создают для владельца автомобиля большие неприятности и выливаются в кругленькую сумму на ремонт. Но и сервисной станции капитальный ремонт двигателя способен принести немало хлопот. И дело не только в сложности конструкции некоторых двигателей и трудоемкости выполнения ремонтных работ. Просто ошибки обходятся дорого, а устранять неисправности по гарантии, если что-то случится с двигателем после ремонта, СТО придется за свой счет. Подобные происшествия иногда случаются, и нередко их причиной являются дефекты подшипников двигателя.**

Подшипники в двигателе способны без каких-либо повреждений надежно работать многие сотни тысяч километров. Однако даже небольшое отклонение от нормальных условий работы рано или поздно приводит к выходу подшипников и, соответственно, всего двигателя из строя. Прежде чем разбираться, почему это происходит, надо выяснить...

### Что такое подшипник?

Первое, что отметим, — речь идет о подшипнике скольжения, состоящем из вкладышей, установленных в отверстия корпуса — постели. Работа подшипника скольжения основана на эффекте "масляного клина": вращаясь, вал под действием нагрузки смещается относительно оси подшипника, что вызывает "затягивание" масла в сужающийся зазор между валом и вкладышами. Вследствие

этого вал "упирается" в масляный клин и при нормальной работе подшипника не касается вкладышей. Чем больше давление и вязкость масла в зазоре, тем большую нагрузку может выдерживать подшипник до соприкосновения поверхностей.

Давление масла в сужающейся части зазора во много раз больше, чем давление подачи, и может достигать 600-900 кг/см<sup>2</sup>. Тем не менее, давление подачи — тоже важный параметр: от него зависит количество масла, прокачиваемого через подшипник, и, соответственно, условия его охлаждения.

Нарушения в системе смазки, вызывающие снижение давления, приводят к разрушению масляной пленки, разделяющей детали. В подобных случаях возникают режимы полужидкостного и даже сухого трения, сопровождающиеся перегревом и повреждением поверхностей подшипника.

Вал и отверстие, образуемое вкладышами, должны иметь правильную геометрическую форму, при которой между ними обеспечивается определенный зазор (обычно 0,03-0,08 мм), а также гладкую поверхность. Увеличение зазора влечет за собой падение давления в системе смазки и ухудшение охлаждения подшипника. Еще хуже уменьшение зазора — оно вызывает соприкосновение и задиры поверхностей.

Грубая обработка поверхностей вала и отверстия приводит к соприкосновению их отдельных участков даже при сравнительно небольших нагрузках, что вызывает нагрев элементов подшипника. Это грозит задиром — схватыванием материалов и их взаимным переносом, — после чего подшипник выходит из строя.

Один из важнейших факторов, определяющих работоспособность подшипника, — это материалы, из которых изготовлены его элементы. Наилучшее сочетание материалов следующее: "твердая" поверхность вала и "мягкая" — отверстия. Такое сочетание материалов снижает риск возникновения задиров, если вдруг возникнет контакт поверхностей (подобное возможно при запуске двигателя, когда масло еще не успевает поступить к подшипникам). Однако, несмотря на "мягкость", поверхность отверстия должна быть достаточно прочной, иначе возникающие нагрузки приведут к его разрушению.

Последние требования определяют конструкцию подшипника. Например, для коленчатого вала, где нагрузки и скорости вращения максимальны, обеспечить работоспособность подшипников удастся только с помощью вкладышей, позволяющих добиться "мягкой" поверхности и низкого коэффициента трения при высокой усталостной прочности. Достигается это использованием многослойных вкладышей, где, к примеру, основной антифрикционный материал (бронза) через никелевый подслоя покрыт тонким слоем мягкого баббитового сплава. А чтобы вкладыши длительное время могли держаться в постели с натягом (это необходимо для обеспечения правильной геометрии и отвода тепла), этот "бутерброд" наносят на прочную основу — стальную ленту. Широко известные у нас сталеалюминиевые вкладыши выполнены по тому же принципу: сплав алюминия с оловом одновременно обладает и "мягкостью", и прочностью, и хорошими антифрикционными свойствами.

И, наконец, работа подшипников во многом определяется свойствами моторного масла — вязкостью, температурной стабильностью, пакетом присадок (см. № 11/1999). Однако в эксплуатации приходится учитывать не только эти параметры: масло может оказаться загрязненным твердыми частицами из-за плохой фильтрации. В таких ситуациях неизбежен абразивный износ рабочих поверхностей, увеличение зазора и в конечном счете — повреждение подшипника.



Абразивный износ вкладышей легко установить по матовой рабочей поверхности, рискам и стиранию верхнего слоя.

Заметим, что увеличение зазора в подшипнике выше критической величины, составляющей в среднем 0,12-0,15 мм, вызывает стук (№№ 8,9/2000). Он обычно проявляется на повышенных частотах вращения и под нагрузкой, усиливаясь при прогреве двигателя, когда падает вязкость масла. Дальнейшая эксплуатация двигателя с таким подшипником приводит к лавинообразному росту зазора за счет ударных нагрузок, сопровождаемых сильным нагревом, плавлением материала вкладыша и износом шейки вала. Последние, заключительные стадии этого процесса — проворачивание вкладышей и «выбрасывание» их остатков в поддон картера с неизбежным повреждением поверхности постели.

Из нашего анализа следует, что сам по себе подшипник из строя выходит крайне редко. Если такое случилось, то простой заменой вкладышей никак не обойтись — не поможет. Поэтому важно найти и устранить причину, вызывающую неисправность. Для этого почти наверняка придется снимать и разбирать двигатель. И внимательно просматривать все его детали, в первую очередь — вкладыши. Только так удастся установить,...

## Почему застучал вкладыш?

Несмотря на многообразие причин выхода подшипников из строя, их можно разбить на две группы. Первая связана с нарушением правил эксплуатации — здесь ответственность лежит целиком на водителе автомобиля. А вот вторая группа — это явные ошибки механиков, ремонтировавших



двигатель. Причем сказать, какая из групп более многочисленна, трудно. Впрочем, судите сами.

**Абразивный износ** — весьма распространенная причина повреждения вкладышей. Абразивные частицы вызывают ускоренный износ, если долго не менять масло и масляный фильтр. Тогда фильтрующий элемент будет в один прекрасный день загрязнен настолько, что большая часть масла начнет поступать в двигатель через открытый перепускной клапан без очистки.

Процесс абразивного изнашивания резко ускоряется, если в двигателе установлены быстроизнашиваемые элементы (распределвал, толкатели клапанов и так далее) низкого качества. Стружка, попадая в масло во все возрастающих количествах, засоряет масляный фильтр всего за несколько сотен километров пробега.



Коррозия вкладыша характеризуется изменением цвета и раковинами до основного антифрикционного материала.

И все же главная причина абразивного износа — некачественная сборка отремонтированного двигателя. Если детали не мыть перед сборкой, то вкладыши прослужат намного меньше положенного срока.

Абразивные частицы легко обнаружить — они внедряются в мягкий рабочий слой вкладышей в виде «блесток», царапают поверхности вкладыша и вала — особенно вблизи смазочных отверстий. В результате некачественной сборки вкладыши уже через несколько часов работы будут иметь такой «бледный» вид, какого не встретишь и после тысячи часов нормальной эксплуатации.

**Коррозия рабочего слоя вкладыша** — следствие длительной эксплуатации двигателя с многослойными вкладышами на «состарившемся» масле. Оно способно химически воздействовать на материал вкладышей, окисляя и разрушая рабочую поверхность. Коррозия «проедаст» верхний слой, затем никелевый подслои и доберется до основного антифрикционного слоя, оставляя на поверхности многочисленные поры.

На практике этот вид повреждения является результатом так называемой фреттинг-коррозии (коррозии под напряжением), возникающей при больших нагрузках в подшипниках. Такая картина больше характерна для дизелей, причем не только из-за нерегулярной замены масла, но и при использовании несоответствующих сортов масел.

Отслаивание и отрыв твердой частицы от наплавленного на шейку слоя металла приводит к появлению на вкладыше характерных V-образных отметин.

**Выкрашивание и разрушение рабочего слоя** — типичный пример последствий некачественного ремонта двигателя. Оно проявляется в виде местного отслоения материала от основы.

Выкрашивание обычно возникает в двух случаях: — во-первых, если применяются вкладыши, не соответствующие по нагрузке и частоте вращения. Это ведет к усталостному выкрашиванию рабочего слоя, что обычно наблюдается у верхнего шатунного вкладыша. Подобная ситуация возможна при установке на дизель вкладышей от бензинового мотора или при использовании на дизеле с непосредственным впрыском и наддувом вкладышей, предназначенных для атмосферного вихрекамерного дизеля;

— во-вторых, если между вкладышем и постелью попадает твердая частица, тогда разрушение вкладыша произойдет из-за очень больших локальных нагрузок. Выкрашиванию предшествует местное разрушение смазочной пленки и местный перегрев вкладыша. Последнее обстоятельство является ключевым для поиска причины — на тыльной стороне вкладыша отпечатывается черное пятно перегрева.

**Недостаток смазки** — едва ли не самая распространенная причина разрушения вкладышей. И начинается оно с разрушения масляной пленки. Причин для этого более чем достаточно.

Самая простая и часто встречающаяся — нарушение подачи масла. Если масло вытекло из пробитого поддона, срезаны шлицы привода маслонасоса или забит маслоприемник, результат будет один — разрушение масляной пленки, контактирование поверхностей, рост температуры и плавление материала вкладышей. К аналогичному результату приводит также недостаточный зазор в подшипнике, несоосность и неправильная форма постели — все это вызывает резкий рост нагрузок и «выжимание» масла из зазора между вкладышем и шейкой вала. Подобный эффект наблюдается и при разжижении масла топливом или охлаждающей жидкостью, а также при запуске на сильном морозе двигателя, заправленного густым летним маслом.

Вкладыши, испытавшие режим масляного голодания, на ранней стадии имеют блестящие

**Недостаток смазки сразу вызывает контакт вала с вкладышами и появлению блестящих подплавленных участков на вкладышах.**



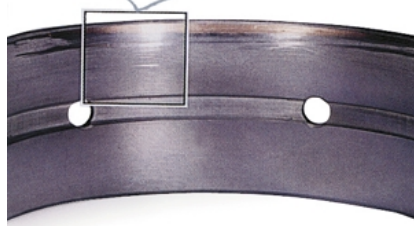
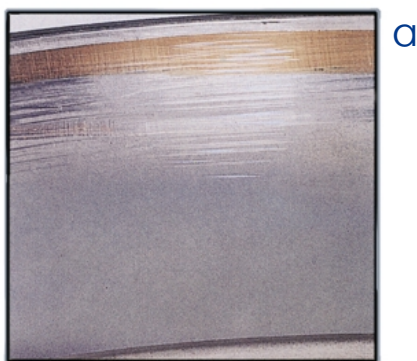


подплавленные участки. Дальнейшая работа подшипника в таком режиме ведет к быстрому расширению поврежденных участков, износу, задирам, плавлению и полному разрушению рабочего слоя.

**Перегрев вкладышей** обычно сопутствует масляному голоданию. Однако он может возникать и при обильной смазке. Например, при деформации постели, когда вкладыши не имеют хорошего натяга и теплового контакта с опорами блока или шатуном. При ремонте двигателя такой же результат дает недостаточная затяжка болтов крышки подшипника или попадание частиц грязи между плоскостями разъема крышки.

При перегреве вкладышей, помимо блестящих подплавленных участков, выкрашивания и растрескивания рабочего слоя, потемнения тыльной стороны вкладышей, будет наблюдаться деформация стальной основы вкладышей. В данном случае вкладыш, установленный в постель, не удерживается в ней и выпадает.

**Износ у края вкладыша** возникает по разным причинам. Так, при перекосе осей постели и вала наблюдается диагональный износ краев. Такая картина часто проявляется у шатуна с деформированным стержнем.



Перегрев вкладышей произошел из-за неправильной геометрии постели. На рабочей поверхности видны следы плавления, задиров и выкрашивания (а). На тыльной стороне вкладышей — характерное почернение и цвета побежалости (б).



Износ краев вкладышей нередко возникает из-за слишком больших галтелей, выполненных на шейках коленчатого вала при его ремонте. Такой износ возможен как с одной, так и с обеих сторон вкладышей в зависимости от формы галтелей.

Перекося осей ведет к подплавлению краев вкладышей, в то время как галтели обычно очерчивают на краях вкладышей риски, снимая "лишний" металл.

**Повреждение вкладышей крупными частицами** наблюдается в основном при установке валов, восстановленных различными методами наварки и наплавки. В отдельных случаях происходит отслоение нанесенного на вал металла, а его частицы, отрываясь от шейки, повреждают вкладыши, оставляя на них характерные V-образные следы. Поскольку восстановление валов используется редко, то данный вид дефектов на практике почти не встречается.

Рассматривая причины повреждения и выхода вкладышей из строя, можно без труда составить перечень мероприятий, помогающих если не исключить, то до минимума уменьшить вероятность поломки. Во всяком случае, профилактика получится намного проще и выгоднее, чем ремонт.

**Износ у края вкладыша возможен по двум причинам:** шейки вала после ремонта имеют слишком большие галтели (а), перекошены оси вала и постели (б).

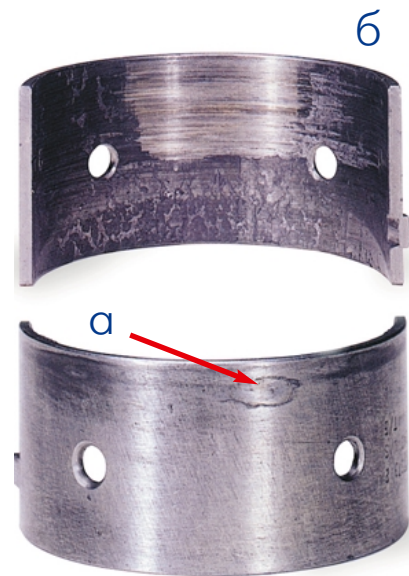


Итак, осталось разобраться,...

### Как избежать ремонта?

Первое, что отметим, — правила профилактики очевидны, но почему-то многие о них забывают (наверное, надеются на пресловутое "авось"?).

В эксплуатации залог безотказной работы подшипников — исправность системы смазки двигателя. Это означает, что надо применять масло высокого качества, своевременно контролировать его уровень и вовремя менять его вместе с масляным фильтром. А любую неисправность в работе двигателя следует устранять немедленно, не откладывая на "потом".



При сборке между вкладышем и постелью "впечатался" инородный предмет (а). Искривление рабочей поверхности вкладыша привело к ее выкрашиванию (б).

Комплекс "ремонтных" правил более объемный. Главное — это чистота всех деталей, их внимательный контроль, причем как визуальный, так и с помощью измерительных приборов. Особое внимание следует обращать на геометрию постелей вкладышей, перекосы или непараллельность осей постелей и шеек.

Безусловно, ремонт или восстановление отдельных деталей (блока цилиндров, коленвала, шатунов) должны выполняться качественно. Это необходимо проверять, проводя соответствующие измерения. При сборке должны использоваться только качественные комплектующие, соответствующие именно этому двигателю. И, конечно, нельзя забывать о "золотом правиле" моториста — лучше зазор на 0,03 мм больше, чем на 0,01 мм меньше. Только тогда можно быть уверенным, что вкладыш не подведет — не износится, не расплывется и не застучит.

При подготовке статьи использованы методические материалы концерна AE Engine Parts.