

# ПОДШИПНИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Какие подшипники установлены в вашем двигателе? Далеко не все автомобилисты отвечают на такой вопрос вразумительно. Один далекий от техники человек сказал прямо: «Вот уж десять лет езжу, а не знаю, что там есть внутри».

Тем не менее подшипники там есть. И не какие-то, а вполне определенные. Они долговечны, но не вечны, а когда выходят из строя, то без понимания сути дела не обойтись. Ну, а для профессионалов-ремонтников это попросту обыденная материя.

Александр Хрулёв

## КАК РАБОТАЕТ ПОДШИПНИК

В современных автомобильных двигателях опорами для коленчатых и распределительных валов почти исключительно служат подшипники скольжения. Подшипники качения (шариковые, роликовые, игольчатые) применяют для подобных целей лишь в небольших мотоциклетных моторах.

Необходимая работоспособность подшипников скольжения достигается использованием так называемого эффекта масляного клина. При вращении гладкого вала в зазор между валом и отверстием подается масло. Поскольку нагрузка, действующая на вал, вызывает его эксцентричное смещение, масло как бы затягивается в суживающуюся часть зазора и образует масляный клин, препятствующий соприкосновению вала со стенками отверстия. Чем больше давление и вязкость масла в зазоре, тем большую нагрузку (до соприкосновения поверхностей) выдерживает подшипник скольжения.

Фактическое давление масла в зоне клина достигает

50-80 МПа (500 – 800 кг/см<sup>2</sup>), а в некоторых конструкциях и больше. Это в сотни раз выше, чем в подающей системе. Однако не следует думать, что давление подачи мало влияет на работу подшипника. Чем оно больше, тем интенсивнее идет прокачка масла через подшипник и тем лучше его охлаждение.

При определенных условиях режим работы с минимальным трением (его также называют жидкостным) может быть нарушен. Это случается при понижении вязкости масла (например, из-за его перегрева вследствие недостаточной подачи) и снижении частоты вращения при возрастании нагрузки.

Нередко, особенно после ремонта двигателя, сказывается и неоптимальная геометрия узла. При значительном отклонении формы поверхностей от цилиндрической, при перекосе осей и других дефектах деталей возможно местное возрастание удельной нагрузки (то есть нагрузки, отнесенной к площади поверхности) выше допустимого предела. Тогда пленка масла в этих местах становится тонкой, а поверхности вала и подшипника

начинают соприкасаться по микронеровностям. Возникает режим полужидкостной смазки, характеризующийся возрастанием трения и постепенным разогревом подшипника. Дальше это может привести к так называемому граничному трению с полным соприкосновением поверхностей, следствием которого будет перегрев, схватывание (задиры), заедание, расплавление и разрушение подшипника.

Понятно, что в эксплуатации режим граничного трения неприемлем. Тем не менее он появляется при нарушении подачи масла, а это чаще всего происходит из-за его нехватки в картере, то есть либо вследствие недосмотра водителя, либо при повреждении поддона картера в результате наезда на препятствие.

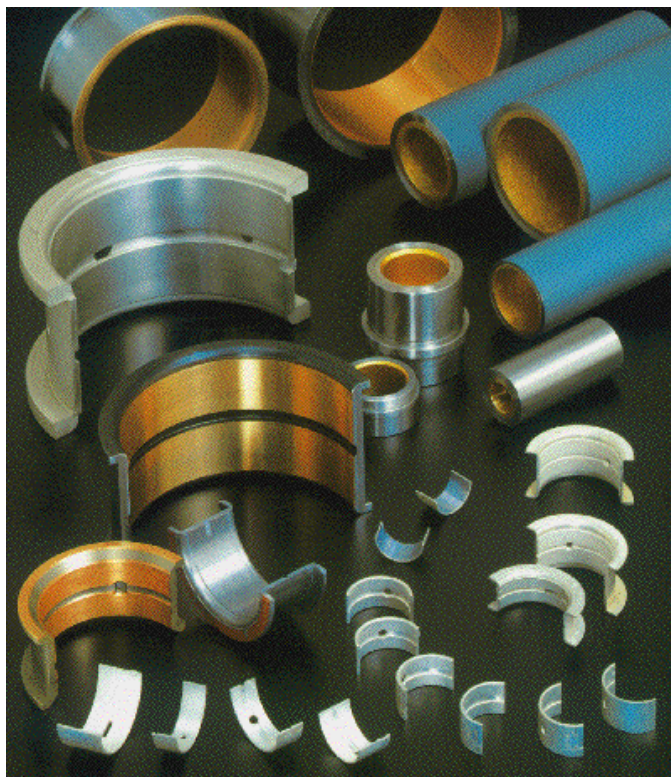
Режим полужидкостной смазки допустим лишь на короткое время, когда он не успевает сказаться на износе подшипника. Пример – пуск холодного двигателя. Правда, тут есть другая опасность: при очень низкой температуре масло может быть слишком вязким и его нормальная подача восстанавливается долго (20 – 30 секунд и бо-

лее). Тут уже полужидкостная смазка способна заметно повлиять на износ деталей.

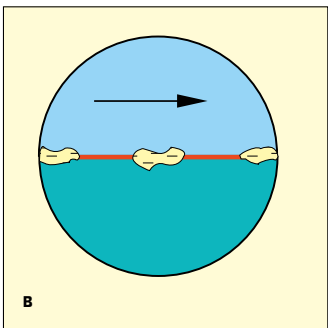
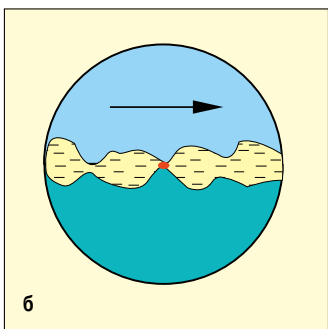
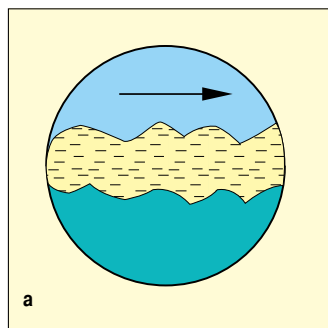
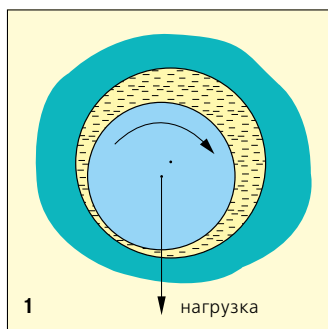
Совершенствование автомобильных двигателей связано с постоянным ростом частоты вращения и увеличением мощности. Одновременно наблюдается повышение компактности конструкций, в том числе уменьшение ширины и диаметра подшипников. Это значит, что удельные напряжения в узле растут. А поскольку нагрузка на подшипник при работе двигателя циклически изменяется по величине и направлению, становится реальным так называемое усталостное разрушение деталей. Чтобы обеспечить работоспособность подшипников в таких условиях, требуются специальные конструкции, материалы и технологии.

## КАК ОН УСТРОЕН

Обычно подшипники коленчатых валов в современных двигателях выполняют в виде тонкостенных вкладышей или втулок толщиной 1,0 – 2,5 мм (редко больше). Вкладыши коренных подшипников коленчатого вала делают толще из-за необходимости разместить круговую канавку для подачи масла к



## ЗАПЧАСТИ



1. Масляный клин образуется в подшипнике при вращении вала и смещении его под нагрузкой эксцентрично отверстию. Основные режимы работы подшипников скольжения: а. Жидкостная смазка в условиях нормальной эксплуатации, б. Полулижидостное трение – поверхности вала и подшипника соприкасаются по микронеровностям, в. Граничное трение – масляная пленка практически отсутствует

шатунным подшипникам. Общая тенденция – уменьшение толщины вкладышей, которая сейчас составляет в среднем 1,8–2,0 мм у коренных и 1,4–1,5 мм у шатунных подшипников. Чем тоньше вкладыши, тем лучше они прилегают к поверхности корпуса (постели), тем лучше теплоотвод от подшипника, точнее геометрия, меньше допустимый зазор и шум при работе, больше ресурс узла.

Чтобы при установке в постель вкладыш точно принял ее форму, в свободном состоянии он должен иметь натяг по диаметру постели (так называемое распрямление) и нецилиндрическую форму переменного радиуса. Кроме того, для хорошего прилегания к поверхности и удержания от проворачивания необходимо натяг и по длине вкладыша – его называют выступанием. Все эти параметры зависят от толщины, ширины и диаметра вкладышей, при этом распрямление составляет в среднем 0,5 – 1,0 мм, а выступание – 0,04 – 0,08 мм. Однако для надежной работы подшипника и этого еще недостаточно. Около разъема толщину вкладышей уменьшают на 0,010 – 0,015 мм, чтобы избежать задиры в этих местах. Они могут появляться из-за деформации отверстия в корпусе под действием рабочей нагрузки, когда рабочий зазор в подшипнике мал.

Материалы для вкладышей могут быть разными. Их выбор увязывается с материалом коленчатого вала и его термообработкой, степенью форсировки двигателя и заданным ресурсом. В известной мере сказываются тут и традиции автомобильной фирмы.

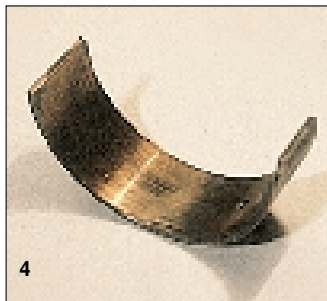
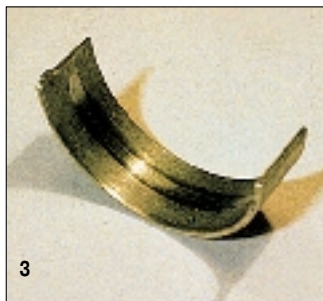
Вкладыши всегда делают многослойными. Основа вкладыша – стальная лента, которая обеспечивает прочность и надежность посадки в корпу-

се. На основу различными способами наносят слой (или слои) специального антифрикционного материала толщиной 0,3 – 0,5 мм. Основные требования к антифрикционному материалу – низкое трение по валу, высокая прочность и теплопроводность (то есть способность хорошо проводить тепло от поверхности в корпус подшипника). Первое требование лучше всего обеспечивают мягкие металлы, например, сплавы с большим содержанием олова и свинца (в частности, широко известные баббиты).

В прошлом баббиты широко применялись на малофорсированных низкооборотных двигателях (в том числе на отечественных ГАЗ – 21 и М – 408). С ростом нагрузок прочность таких вкладышей с толстым слоем баббита оказалась недостаточной. Проблема была решена заменой всего этого слоя на своеобразный бутерброд – свинцовооловянистую бронзу, покрытую тонким (0,03 – 0,05 мм) слоем того же баббита. Вкладыш стал многослойным. В современных двигателях «сталебронзобаббитовые» вкладыши обычно выполняют 4 – слойными (под баббитом еще лежит очень тонкий подслой никеля) и даже 5 – слойными, когда для улучшения приработки сверху на рабочую поверхность наносится тончайший слой олова. Именно так выглядят подшипники на многих иностранных двигателях.

Наряду с этим широкое распространение получили и сталеалюминиевые вкладыши (включая наши ВАЗы, ГАЗы и «москвичи»). Антифрикционным материалом здесь служат сплавы алюминия с оловом, свинцом, кремнием, цинком или кадмием, как с покрытиями, так и без них. Наиболее часто в мировой практике используется сплав алюминия с 20% олова без покрытия. Он хорошо противостоит высоким нагрузкам и скоростям вращения современных двигателей, включая дизели, и одновременно обладает удовлетворительной «мягкостью». Тем не менее сталеалюминиевые вкладыши жестче, чем баббитовые (или с баббитовым покрытием), поэтому более склонны к задирам в условиях недостаточной смазки.

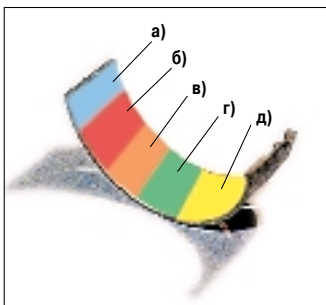
Вспомогательные и распределительные валы двигателей вращаются, как правило, с меньшей частотой, чем коленчатые и испытывают гораздо меньшие нагрузки, поэтому условия их работы легче. Вкладыши и втулки этих валов обычно делают из материалов, аналогичных вышеописанным. Кроме того, здесь иногда применяют баббит или бронзу без покрытия. Зачастую эти подшипники вообще не имеют втулок или вкладышей и образуются непосредственно растачиванием отверстий в головке блока цилиндров. В таких конструкциях головка выполнена из сплава алюми-



ния с кремнием, который обладает неплохими антифрикционными свойствами. Так, кстати, сделано у двигателя «Москвича», а у моторов ВАЗ распределительный вал вращается в отдельном алюминиевом корпусе, что в принципе то же самое.

Общим для подшипников современных двигателей, особенно если речь идет об опорах коленчатых валов, является соответствие материала и конструкции вкладышей материалу и условиям работы вала (частота вращения, нагрузки, условия смазки и т.д.). Поэтому произвольная замена деталей, когда, например, при ремонте ставят вкладыши от другого двигателя, не может быть рекомендована. В противном случае долговечность отремонтированного агрегата может оказаться очень небольшой. Чтобы решаться на такой шаг, нужно иметь соответствующую информацию.

Вкладыши – это очень точные (прецизионные) детали. Чтобы гарантировать малые (но вполне конкретные – в среднем 0,03 – 0,06 мм) рабочие зазоры в подшипниках, при изготовлении толщину вкладыша выдерживают с точностью порядка 5 – 8 мкм, а длину – 10 – 20 мкм. Нарушение этих требований может привести к изменению рабочего зазора в подшипнике или плотности посадки вкладыша в корпусе, что недопустимо из-за снижения надежности и ресурса всего двигателя в целом.



У многослойных вкладышей каждый слой выполняет свою задачу  
 а) стальная основа  
 б) основной бронзовый антифрикционный слой  
 в) подслой никеля  
 г) баббитовое покрытие  
 д) покрытие оловом для приработки

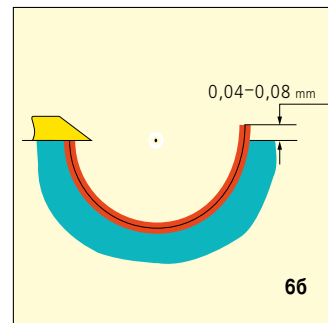
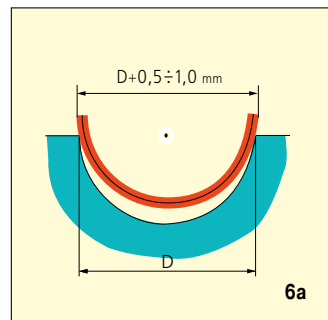
### КТО ИХ ПРОИЗВОДИТ

Сложность всего круга проблем, связанных с созданием высококачественных автомобильных подшипников скольжения, привела к тому, что их производство постепенно перешло к специализированным фирмам. За рубежом многие из таких фирм одновременно выпускают и другие детали двигателей, причем поставки идут как на конвейеры автозаводов, так и в запчасти. Некоторые фирмы такого рода входят в состав известных транснациональных производственных и торгово – промышленных корпораций. Из мировых изготовителей подшипников для двигателей следует в первую очередь отметить фирмы *Kolbenschmidt (KS)*, *Glyco*, *TRW*, *Sealed Power*, *Glacier*, *Clevite*, *Bimet*. В последние годы подшипники начали делать и такие фирмы – «корифеи», как *Mahle* и *Goetze*. Среди «молодых» стоит упомянуть специализированную фирму *King* (Израиль), начавшую выпуск подшипников в начале 80 – х годов.

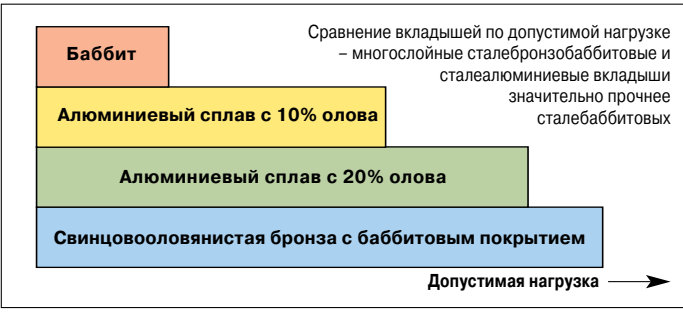
Большинство перечисленных производителей выпускает огромную номенклатуру подшипников и поставляет свою продукцию в запчасти повсюду, в том числе и на наш рынок (через дилеров или оптовые торговые компании). В основном, конечно, это подшипники для зарубежных двигателей – европейских, японских и американских.

В продаже можно найти вкладыши как стандартные, так и различных ремонтных размеров (как правило, не более 0,75 мм) на большинство распространенных моделей «Ауди – Фольксваген», БМВ, «Мерседес», «Форд», «Опель», «Фиат», «Тойота», «Ниссан», «Мицубиси», «Мазда» и т.д. На менее распространенные модели, а также при необходимости покупки вкладышей большего ремонтного размера обычно приходится оформлять заказ и ждать в среднем 5 – 10 дней (у разных торговых фирм эти сроки различны).

Качество такой продукции обычно не вызывает сомнений ни по геометрии, ни по материалам. Хотя, если есть выбор и сомнения в том, какой фирме – изготовителю отдать предпочтение, надо иметь в виду следующее. Такие фирмы, как, например, *Kolbenschmidt*, *Glyco*, *Glacier* – это одни из основных поставщиков массового производства. При покупке их изделий можно даже получить те же самые вкладыши, что стояли на двигателе «с рождения». Разница будет только в отсутствии на новых деталях эмблемы фирмы – изготовителя автомобиля. Кстати, поиск «родных» (или так называемых оригинальных) вкладышей ремонтных размеров может оказаться проблематичным. Не все автомобильные фирмы поставляют ремонтные вкладыши в запчасти, да и цена вклады-



3. Так выглядит вкладыш после кратковременного нарушения подачи масла – следы заедания видны вполне отчетливо  
 4. Длительная работа на грязном масле привела к полному износу баббитового покрытия  
 5. Несколько минут работы без масла – и вкладыш расплавился  
 6. Распрямление (а) и выступание (б) вкладышей во многом определяют их надежность и долговечность



шей в «оригинальной» упаковке, как правило, заметно выше, чем непосредственно от их производителя.

Цены нашего рынка на вкладыши для иномарок от наиболее именитых производителей (например, KS или Glysco) сильно колеблются – от 350 – 400 тысяч рублей за комплект (шатунные + коренные) для самых распространенных моделей «Ауди», «Форд» или «Опель» до 800 – 900 тысяч и более для некоторых дорогих моделей БМВ или «Мерседес».

Вкладыши других, менее именитых фирм обычно дешевле, хотя по качеству обнаружить отличия трудно. Более того, если есть выбор, то здесь можно попытаться учесть и условия эксплуатации автомобиля. Так, сравнительно дешевые сталеалюминиевые вкладыши, как

ни странно, несколько лучше противостоят низкокачественным маслам и маслофильтрам, «гуляющим» по нашим магазинам и рынкам, чем более дорогие сталебронзобаббитовые. Это, в частности, показала практика использования в ремонте сталеалюминиевых вкладышей фирмы «Кинг» вместо штатных бронзобаббитовых – такая замена не наносит ущерба надежности двигателей, зато позволяет заметно сэкономить (цена вкладышей «Кинг» лежит в пределах 250 – 450 тыс.руб. за полный комплект).

Некоторые из перечисленных фирм выпускают вкладыши и для наших машин. На нашем рынке уже можно найти эти изделия для двигателей ВАЗ производства фирм Clevite, Vimet, и Glacier. Безусловно, они ощутимо дороже

отечественных (в среднем 100 – 150 тыс.руб. против 70 – 80 тыс. за полный комплект). Однако экономить на вкладышах при ремонте отечественных моторов не стоит. Сравнение с импортной продукцией отечественная обычно не выдерживает. Отклонения по толщине у некоторых наших товарных экземпляров достигают 25 – 30 мкм вместо 8 мкм, регламентированных допуском. В результате после зажатия крышкой внутренняя поверхность подшипника приобретает неправильную форму, при которой, например, зазор в 0,07 – 0,09 мм в одном сечении подшипника может даже перейти в натяг в другом.

Не лучше обстоит дело и с материалами. Содержание олова в отечественных вкладышах для двигателей ВАЗ, ГАЗ и «Москвич» одинаково и составляет примерно 10%. В

мировой практике такие материалы, как сравнительно «жесткие», применяют с дополнительными «мягкими» покрытиями. И если это не слишком влияет на ресурс двигателей ВАЗа и «Москвича», то многие, кто имел дело с «волговским» мотором, знают, как коренные вкладыши «грызут» шейки его коленчатого вала.

К сожалению, вкладыши для (волг( и (москвичей( хотя и присутствуют в каталогах многих иностранных фирм, к нам пока не поставляются. Возможно, что тут дело только во времени. А пока этого не случилось, остается ждать и надеяться, что наши производители подшипников все-таки смогут хотя бы постепенно улучшать качество своей продукции. Рынок есть рынок, и он никому не делает поблажек.