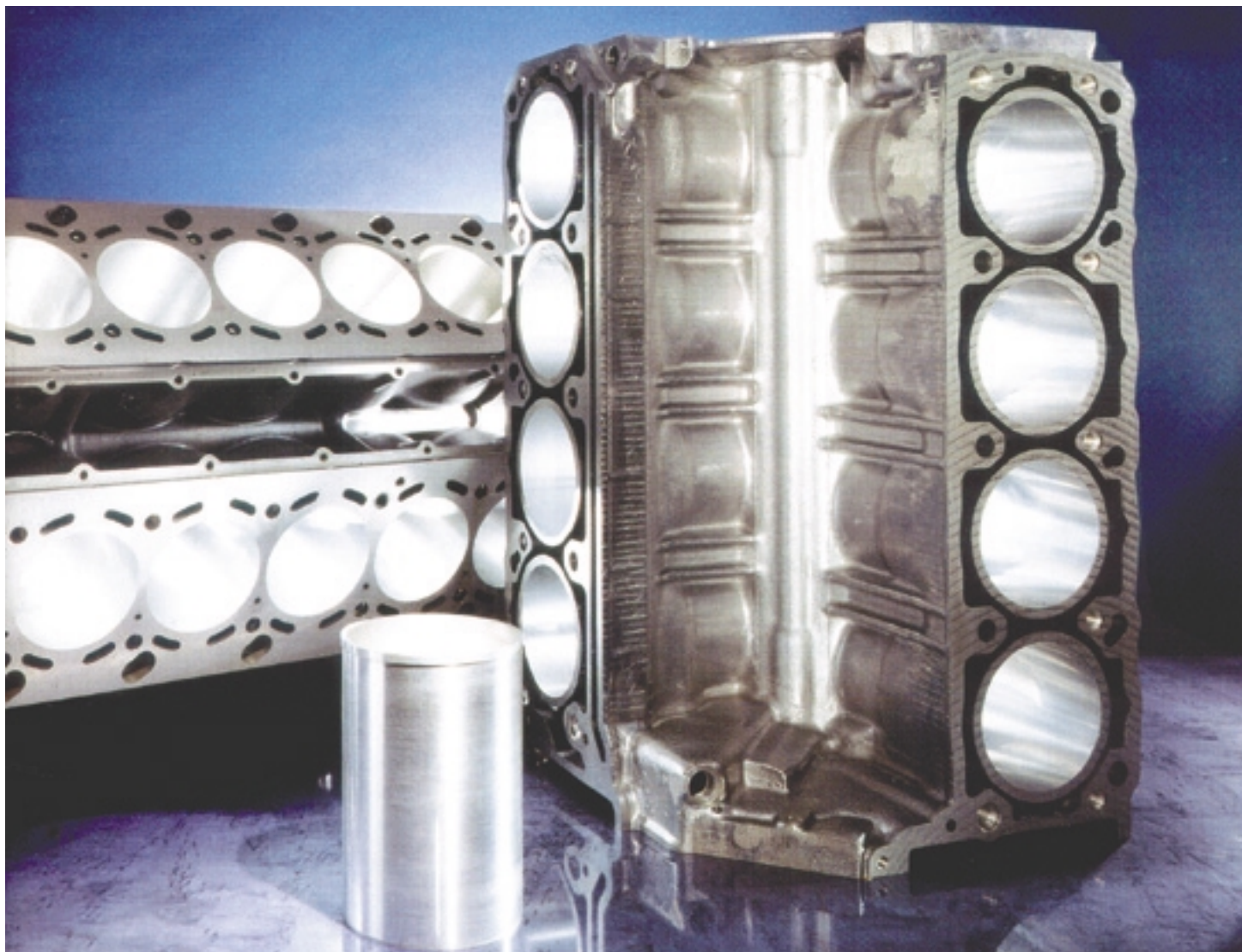


Алюминиевый блок цилиндров: «Заменить нельзя отремонтировать»



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

«Такой блок отремонтировать нельзя! — сказал мастер, указывая на задиры в цилиндрах двигателя Mercedes V8. — По крайней мере, в России технологией ремонта алюминиевых блоков не владеют. Специальное покрытие на зеркалах восстановлению не подлежит. Только менять!» — И назвал цену — цифру с некоторым количеством нулей. В долларах, разумеется...

Мы ничего не придумали. Этот разговор действительно произошел не так давно в сервисном центре одного из официальных дилеров знаменитой фирмы. Конечно, установка нового агрегата в сборе взамен вышедшего из строя удобнее и выгоднее для техцентра. Огорчало другое: профессионалы (надеюсь, что в дилерских центрах работают только они) не знают (или скрывают

это?), что такое — алюминиевый блок цилиндров. В смысле технологии его производства и ремонта. А ведь в России ремонт алюминиевых блоков освоен давно — пожалуй, лет 10 уже, не менее!

Алюминиевый блок в «интерьере»

Прежде чем выстраивать технологические цепочки ремонтных операций, надо, разумеется, знать все особенности ремонтируемой детали. В том числе технологические «хитрости» ее производства и характер работы. У алюминиевых блоков есть много такого, о чем иные профессионалы, похоже, и не слышали.

Первый вопрос: зачем блок цилиндров делать алюминиевым, если и чугунные блоки прекрасно работают? Ответ прост: удельная масса алюминия (2850 кг/м³) в 2,7 раза меньше удельной массы чугуна. Соответственно алюминиевый блок

получается намного легче чугунного. А это важно, особенно для многоцилиндровых моторов с большим рабочим объемом. Кроме того, теплопроводность алюминия в 4 раза выше, чем чугуна. В результате этого двигатель с алюминиевым блоком быстрее прогревается, а объем системы охлаждения может быть уменьшен благодаря более эффективному охлаждению и быстрому выравниванию температуры стенок блока.

Однако реализовать на практике эти преимущества алюминия не так-то просто. Известно, что по чугунным цилиндрам прекрасно «ходят» поршневые кольца как с твердыми покрытиями, так и без таковых, и сами «мягкие» алюминиевые поршни. С алюминиевыми цилиндрами ситуация другая: сочетание «мягкого» металла поршня с таким же «мягким» материалом цилиндра мгновенно приводит к «схватыванию» металлов и заклиниванию двигателя.

Разумеется, конструкторы двигателей, принимая во внимание эти свойства металлов, разработали несколько способов решения проблемы. Один из них — **блоки цилиндров с «мокрыми» гильзами**.

Еще в 30-е годы прошлого века получила распространение такая схема: в алюминиевый блок цилиндров устанавливаются «мокрые» чугунные или стальные гильзы. Что называется, и «волки сыты (то есть блоки стали легкими), и овцы целы» — поршни и кольца «ходят» по традиционной твердой поверхности. Такая схема благополучно дожила до наших дней: многие моторы как отечественных, так и иностранных автомобилей имеют подобные блоки цилиндров (вспомним хотя бы наши «волги» и «москвичи»).

Однако простота решения проблемы оказалась весьма обманчивой — схема с «мокрыми» гильзами не лишена недостатков. Жесткость блока, где гильзы «живут» своей жизнью, снижается, что приводит к необходимости увеличивать толщину его стенок, а гильзы при обжатии головки блока деформируются, вызывая повышенный угар масла. Кроме того, такая конструкция оказалась чувствительной к перегреву — прокладка головки блока обычно теряет герметичность даже при не слишком большом и длительном превышении допустимой температуры двигателя.

Эти тонкости можно было не принимать во внимание до тех пор, пока двигатели оставались тихоходными и малонагруженными, а нормы токсичности выхлопа — весьма демократичными. Но к 80-м годам прошлого века ситуация изменилась, и конструкция, прожившая без малого полвека, перестала удовлетворять новым требованиям в полной мере.

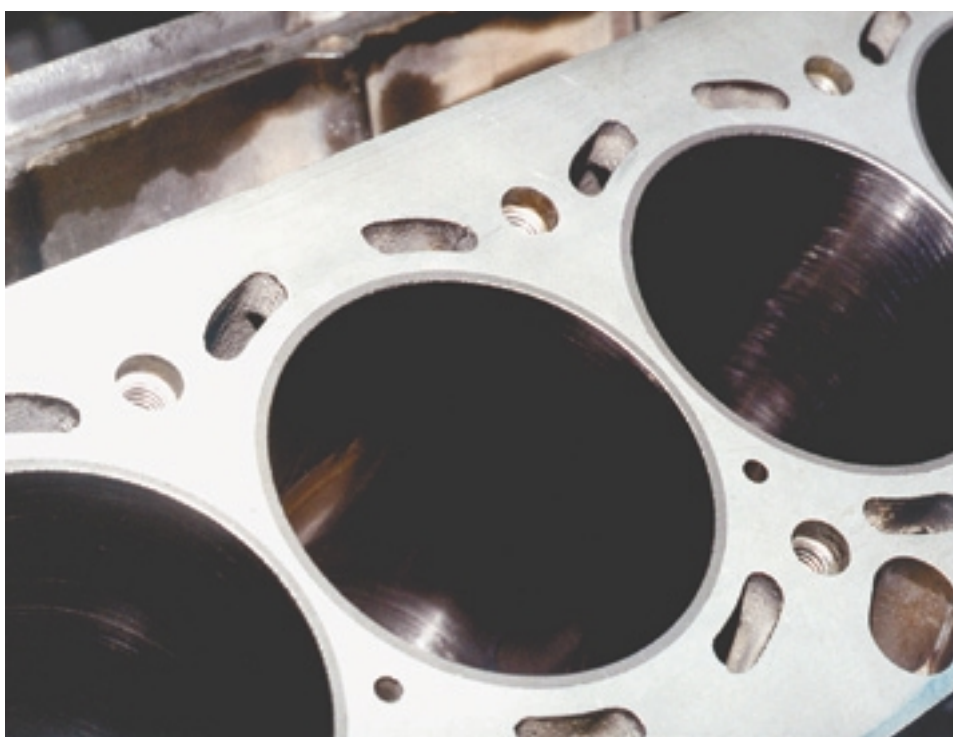
Следующим шагом стало появление **блоков цилиндров из алюминия с «сухими» чугунными гильзами**. Такая схема отработывалась многими производителями, но компания Honda первой внедрила в массовое производство конструкцию алюминиевого блока с залитыми тонкими «сухими» чугунными гильзами, и с конца 70-х годов все моторы этой фирмы стали оснащаться такими блоками. Постепенно эта схема завоевала своих сторонников — к 2000-му году такие блоки применяли Renault, Volvo, GM, Suzuki, Subaru, Rover и другие производители.

Нередко вместо чугуна гильзы выполняют из композиционных материалов на чугунной основе. Износостойкость таких гильз значительно выше, чем у цельнолитых чугунных блоков (применение дорогостоящих композиционных материалов при изготовлении последних неоправданно, по экономическим соображениям, из-за их большой массы).

Схема с «сухими» гильзами реализует все преимущества легких алюминиевых блоков, прекрасно сочетая их с технологичностью чугунных, а именно: с возможностью растачивания и хонин-

гования цилиндров в увеличенный (ремонтный) размер поршней. Вместе с тем и эта схема не свободна от недостатков. Чугун, из которого изготовлена гильза, имеет меньшие, нежели алюминий, коэффициенты теплового расширения и теплопроводности. Необходимы специальные меры для исключения «отрыва» гильзы от алюминиевой стенки (с этой целью нередко гильзу снаружи делают ребристой). При этом рабочий зазор поршня в цилиндре, как и в простом чугунном блоке, при нагреве уменьшается, а при охлаждении увеличивается, даже если материалы поршней и блока одинаковые. В результате при больших пробегах возможно появление «холодного» стука поршней и, как следствие, повышенного угара масла.

В этом алюминиевом блоке «сухие» чугунные гильзы хорошо заметны невооруженным глазом, чего нельзя сказать о большинстве подобных блоков.



Цельноалюминиевые блоки цилиндров появились приблизительно в те же годы. Технологию их производства отработала немецкая фирма Mahle. Суть идеи заключается в том, что сохраняется пара «железо-алюминий» для поршня и цилиндра, но при условии, что цилиндр выполнен алюминиевым, в то время как алюминиевый поршень гальванически покрыт тонким (0,02-0,03 мм) слоем железа.

Теперь все встало на свои места: поршень в цилиндре не заклинит, зато тепловое расширение цилиндра и поршня практически одинаково. Тогда рабочий зазор не будет «гулять», и его можно сделать очень малым (0,01-0,02 мм), не боясь возникновения задиров и «прихватов». Значит, ресурс деталей повысится, по крайней мере, в 1,5 раза.

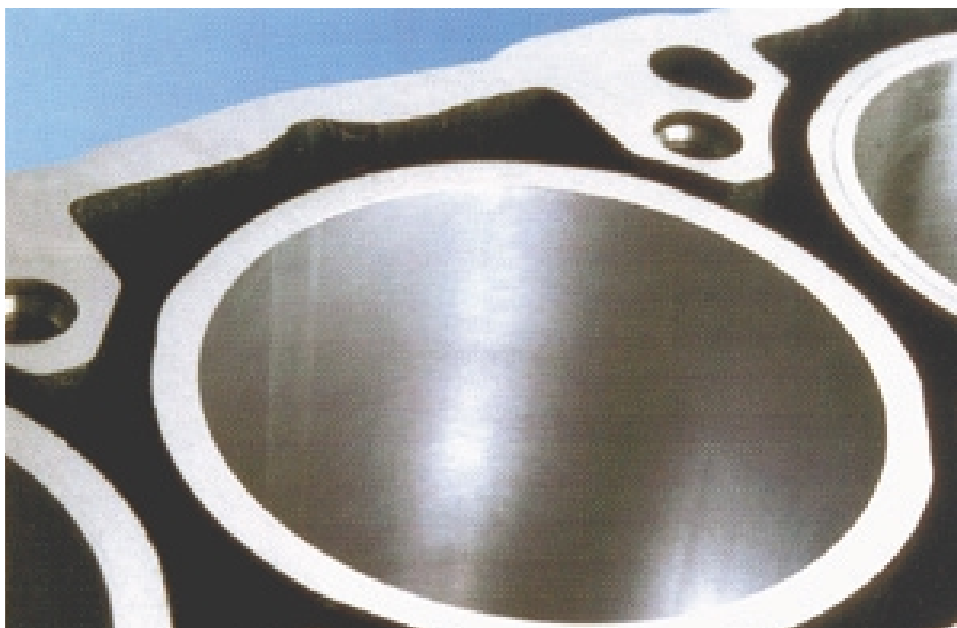
Однако то, что в теории просто, на деле оборачивается новыми проблемами. На практике, ко-

гда поршневые кольца работают по алюминию, ресурс поршневой группы оказывается невелик вследствие слишком «мягкой» рабочей поверхности цилиндра.

Проблему решили, применив специальную технологию литья блока из алюминиевого сплава с содержанием кремния более 18%. Быстрое охлаждение участков заготовки блока в зоне цилиндров приводит к направленной кристаллизации кремния у зеркала цилиндров. Далее, после механической обработки поверхность цилиндров дополнительно обрабатывают химическим травлением. В результате этой операции кислота, взаимодействуя преимущественно с алюминием, «вымывает» его слой толщиной несколько микрон, оставляя на поверхности лишь кристаллы кремния.

Теперь и поршень, и поршневые кольца будут «работать» не по алюминию, а по твердому кремнию — износостойкость и долговечность этих пар трения гарантирована, причем она заметно выше, чем у обычных чугунных цилиндров. Правда, при этом поршневые кольца, все без исключения, должны иметь твердое хромовое покрытие, поскольку именно этот металл обеспечивает наивысшую износостойкость в паре с кремнием.

Блоки цилиндров, изготовленные с помощью описанной технологии, получили достаточно широкое распространение у немецких производителей автомобилей: это двигатели Mercedes V8 и V12, Audi V8, Porsche L4 и V8, BMW V8 и V12. Та структура материала, которая получена на поверхности цилиндров этих цельноалюминиевых блоков, по терминологии фирмы Mahle называется Silumat. Поршни для таких блоков имеют особое покрытие Ferrostan (фирма Kolbenschmidt,



Цилиндры цельноалюминиевого блока не имеют никакого покрытия, что легко определяется не только по характерному серо-матовому цвету поверхности, но и ее «мягкости».

также использующая эту технологию, дает ей другое название — Alusil).

Описанные цельноалюминиевые блоки прекрасно ремонтируются, их можно растачивать и хонинговать в ремонтный размер без всяких ограничений. Правда, при ремонте необходима специальная операция — финишная доводка поверхности цилиндров.

К сожалению, при всех преимуществах пара «Silumal-Ferrostan» (цилиндр-поршень) все-таки не идеальна. В отличие от традиционных чугунных блоков цельноалюминиевые очень «не любят» перегрева и плохой смазки. В таких нештатных условиях на поверхности цилиндров нередко возникают глубокие задиры, практически выводящие двигатель из строя. Это естественная плата за меньшую прочность и твердость алюминиевого сплава по сравнению с чугуном.

Очевидно, чем больше кремния окажется на поверхности цилиндров в цельноалюминиевом блоке, тем выше будут их износостойкость и долговечность. Однако применять на практике технологию направленной кристаллизации довольно трудно и дорого. Фирма Kolbenschmidt предложила другое решение: на стадии изготовления блока в него устанавливаются уже готовые алюминиевые гильзы (технология Locasil). Это позволяет использовать для блока более дешевый алюминиевый сплав и на поверхности цилиндров получить очень высокую концентрацию кремния — до 27%. Хотя отмеченные недостатки цельноалюминиевых блоков сохраняются и здесь.

Поскольку «мягкая» поверхность цилиндров алюминиевого блока уступает чугуну, то почему бы не сделать ее более твердой? То есть нанести настоящее твердое покрытие? Такие **блоки цилиндров с твердым покрытием** начали применять уже давно. Это покрытие представляет

собой слой никеля толщиной 0,1-0,2 мм со сверхтвердыми частицами карбида кремния SiC размером 3 мкм. Разработчик этой технологии фирма Mahle называет это покрытие Nicasil (фирма Kolbenschmidt использует другое название — Galnical).

Первоначально технология Nicasil применялась в 60-70-х годах для блоков цилиндров дорогих эксклюзивных или спортивных автомобилей. Кстати, моторы автомобилей «Формулы-1» имеют аналогичное покрытие на гильзах цилиндров. Но в массовом производстве эта технология начала применяться лишь в начале 90-х (в качестве примера можно привести двигатели M60 и M52 фирмы BMW).

В отличие от цельноалюминиевых блоков покрытие Nicasil не требует каких-либо изменений

Алюминиевый цилиндр двигателя Porsche с покрытием типа Nicasil — его рабочую поверхность можно поцарапать только алмазом.



материала поршней, т.к. по этому покрытию прекрасно работают и обычные алюминиевые поршни. А вот с поршневыми кольцами для этих блоков ситуация сложнее. Традиционные хромированные кольца не подходят: два сверхтвердых материала (хром и Nicasil) плохо сочетаются друг с другом. Поэтому для цилиндров с твердым покрытием рекомендуются другие кольца — например, чугунные фосфатированные без твердого покрытия.

Мотористы, впервые встретившие алюминиевые блоки цилиндров в своей практике, нередко путают их и не могут точно определить, с каким именно блоком — с покрытием или без него — они имеют дело. На самом деле установить тип блока просто: достаточно «царапнуть» острым металлическим предметом по верхнему краю цилиндра. Цельноалюминиевый блок царапается очень легко, причем царапина получается глубокой, поскольку поверхность цилиндра из мягкого алюминиевого сплава. На чугунном цилиндре царапины будут незначительными. И лишь на покрытии Nicasil не останется никакого следа — настолько высока его твердость.

Несмотря на то, что износостойкость покрытия Nicasil существенно превышает аналогичный показатель обычных чугунных блоков цилиндров, некоторые недостатки этой технологии все же надо отметить. Основа блока — алюминиевый сплав — остается относительно «мягким», поэтому при серьезных поломках (обрыв шатуна, прогар и разрушение поршня) тонкое покрытие легко пробивается и уже не может быть восстановлено. Да и в случае естественного износа ремонт, как правило, не предусматривается, т.к. покрытие имеет малую толщину, из-за чего при обработке цилиндра можно легко обнажить алюминий. По этой причине ремонтных поршней для большинства таких блоков «в природе» не существует (лишь для некоторых моторов выпускаются ремонтные комплекты поршневой группы с увеличенным на 0,08-0,10 мм размером).

Но если фирма-производитель не предусматривает технологии ремонта, это вовсе не значит, что изношенный блок нельзя отремонтировать. Скажем больше — алюминиевый блок цилиндров, изготовленный по любой из описанных выше технологий, как правило, подлежит ремонту не только в случае износа цилиндров, но даже при более серьезных повреждениях. Как это можно сделать, мы расскажем в наших следующих публикациях. **АБС**

Наша справка.

Отремонтировать блок цилиндров любого типа, а также коленвалы и головки блока можно в Специализированном моторном центре «АБ-Инжиниринг».

Тел.: (095) 158-7443, 787-3212.

E-mail: ab@ab-engine.ru www.ab-engine.ru