

# Ремонт головок блока цилиндров: Цена несоосности

Часть 1



ИГОРЬ ПЕТРИЩЕВ, директор фирмы «Мотор Технологии» (С.-Петербург)

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

**То, что головка блока цилиндров (ГБЦ) — один из наиболее важных и ответственных узлов двигателя, никому объяснять не надо. На долю ГБЦ совместно с клапанным механизмом приходится почти половина всех дефектов, связанных с двигателем. Естественно то особое внимание, с которым профессионалы относятся к технологиям и оборудованию, применяемым при ремонте головок блока цилиндров. Потому что в этом деле, как и во всем, что связано с моторным ремонтом, не без хитростей.**

«...Э-э, да у вас детали были плохие. Видите, направляющие оказались из мягкого материала, да и клапана кривые — вот и износились. А мы тут ни причём...».

Знакомый разговор? Наверное, кое-кто из владельцев автомобилей уже попадал в подоб-

ную ситуацию. Да и недоумение работников автосервиса тоже как-то можно понять — вроде все делали правильно, так нет, поди ж ты.... Тем не менее, проблема быстрого износа и даже поломки деталей клапанного механизма после ремонта двигателя существует.

В прошлом нередко данная проблема решалась предельно просто — виновником объявлялись запчасти, за качество которых сервисы старались снять с себя всякую ответственность. И часто это получалось, или, как говорится, «прокатывало» — удрученный клиент покупал новые детали и заново платил за работу, ругая последними словами нечистых на руку торговцев, торгующих всякой дрянью, а также, в зависимости от родословной своего автомобиля, отечественный или импортный автопром, ее, эту дрянью, производящий.

Нынче времена уже не те, люди становятся грамотнее — и технически, и юридически, и просто так второй раз за одно и то же платить не станут. Хотя спору нет — некачественные запчасти еще встречаются, и отечественные, и импортные. И действительно, провоцируют быстрые износы и поломки в двигателе после ремонта. Это, в самом деле, большая проблема и одновременно — тема для отдельного разговора. Но нас более всего интересует такой вопрос — а вдруг запчасти были нормальные, проверенные, а износ или поломка все равно случились? Скажете, не бывает? Еще как бывает! Более того, на деле это происходит значительно чаще, чем кажется на первый взгляд.

## Герметичный — значит ...

Чтобы понять суть проблемы, надо посмотреть, как работает отдельно взятый клапан. Как известно, главная его задача — надежно (читай — герметично) уплотнить полость цилиндра и камеры сгорания. То есть в закрытом положении не пропустить ни воздух, ни продукты сгорания топлива — ни в камеру, ни обратно.

Как решается такая техническая задача? Довольно просто — надо, чтобы уплотнительная фаска на тарелке клапана точно прилегла к седлу. По всей окружности и по определенной ширине. Вот тогда будет герметично.

К слову сказать, точное прилегание клапана к седлу — это некая «палка о двух концах». На одном конце герметичность, а на другом охлаждение. То есть, когда горячая тарелка клапана (а нагревается она до 700–800 °С и даже более) садится в седло, имеющее температуру, близкую к температуре охлаждающей жидкости (100 °С), она, естественно, охлаждается. И тем лучше и быстрее, чем плотнее посадка. Таким образом получается, что герметичность и охлаждение тесно связаны друг с другом: герметичный клапан никогда не перегреется. Верно и обратное — клапан, работающий при своей нормальной рабочей температуре, герметичен. А иначе перегрелся бы...

Но все это, так сказать, присказка. Для обеспечения плотной посадки клапана в седле необходимо соблюсти ряд условий, нарушение которых напрямую влечет целый «букет» неисправностей, начиная с негерметичности

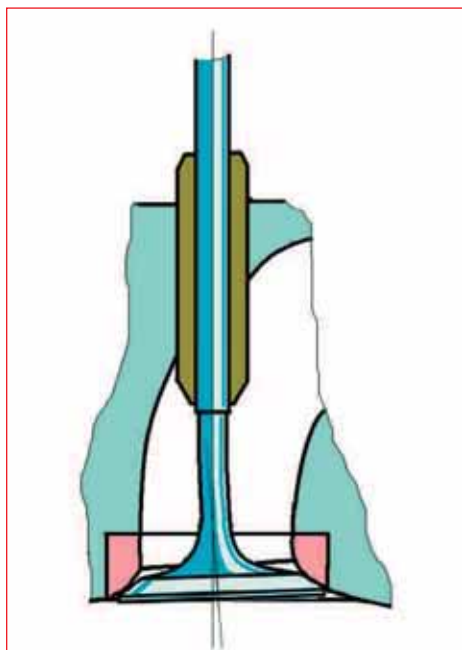
вплоть до прогара тарелки и даже разрушения клапана. Попробуем разобраться, что это за условия такие...

### Как не перегреть клапан?

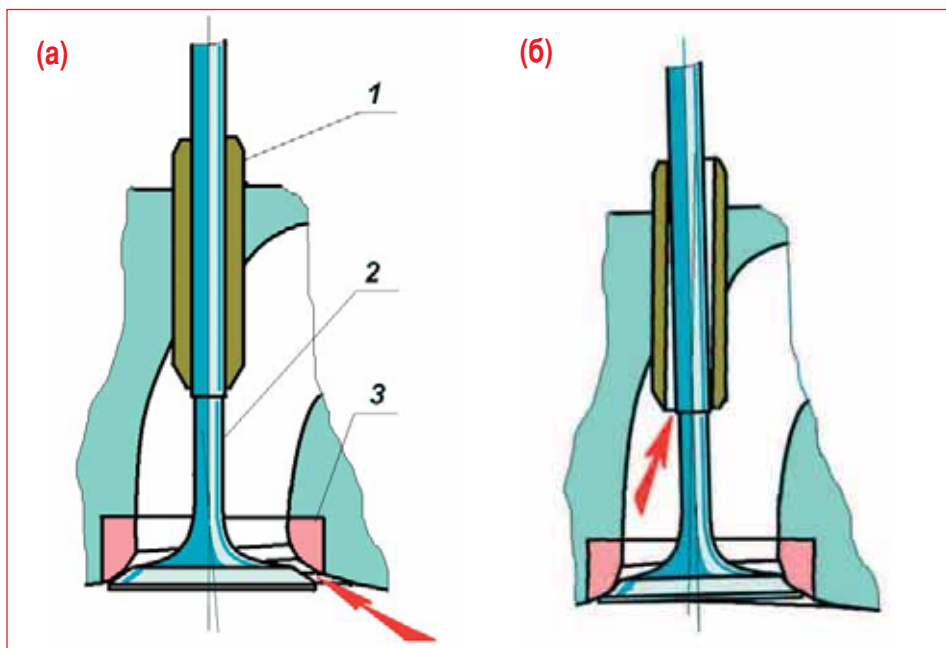
Посмотрим на клапан еще раз, повнимательней. Он имеет довольно длинный стержень, вставляемый в отверстие направляющей втулки. Хорошо, давайте поставим — что увидим? В отверстии втулки стержень ходит легко, но практически не болтается. Тем не менее, зазор там должен быть — в среднем около 0,03–0,04 мм. Иначе клапан при работе нагреется, его стержень вблизи тарелки несколько расширится и заклинит во втулке. Так что лучше пусть зазор будет чуть больше, чем меньше. Но не в этом суть.

Вот тарелка клапана точно садится в седло. А почему точно? Не требуется никакой специальной подготовки или «верхнего» образования, чтобы заметить простую вещь — рабочая фаска тарелки должна быть строго соосна стержню, точно так же, как рабочая фаска седла — отверстию направляющей втулки. Иначе клапану просто не попасть в седло. Ни за что, ни за какие коврижки: застрянет где-нибудь посередине, и щель останется. Какая уж тут герметичность? А с охлаждением так вообще «труба» — в щель потекут горячие газы, быстро нагреют неприлегающую кромку. И все — конец нашему бедному клапану, расплавился, прогорел.

Действительно, для плотного прилегания деталей точность, с которой их изготавливают и ремонтируют, должна быть очень высокой. Потому что все суммарные отклонения формы (некруглость) и взаимного расположения их поверхностей (биение, несоосность), должны укла-



Изгиб стержня клапана в «кривом» седле — основная причина обрыва тарелки и выхода двигателя из строя.



Чтобы тарелка клапана встала на свое законное место в «кривом» седле (а), ей надо износить седло, а стержню клапана — направляющую втулку (б): 1- направляющая втулка, 2- клапан, 3- седло.

дываться в половину рабочего зазора между этими деталями, то есть в 0,02 мм. В две сотых доли миллиметра! Из которых, к примеру, одна «сотка» достанется клапану, а другая — седлу.

Много это или мало? Смеем заверить — очень мало. Ни на глаз увидеть, ни руками пощупать, ни на зуб попробовать — только измерить специальными приборами. А уж сделать и того труднее — для этого требуется специальное оборудование.

Высокой точности обработки рабочих поверхностей, тем не менее, недостаточно для долгой и счастливой работы клапанного механизма. Форма, или, как говорят специалисты, профиль прилегающих поверхностей тоже немаловажен. Мы бы даже сказали — чрезвычайно важен. Прилегание должно осуществляться по поверхности деталей определенного профиля, при этом фаска тарелки должна быть шире фаски седла, несколько выступая за ее края. Именно такая форма сопряжения гарантирует большой ресурс деталей.

Помимо этого, решающее значение имеет ширина фаски седла. Слишком широкая фаска приводит к ухудшению герметичности сопряжения. В самом деле, усилие пружины клапана распределяется по всей площади контакта, создавая определенное давление (его называют удельным) клапана на седло. Если площадь большая, то удельное давление низкое, и клапан плохо уплотняет седло. Напротив, если фаска на седле узкая, то в сопряжении возникает высокое удельное давление, способствующее хорошему уплотнению. Однако это тоже плохо — ускоряется износ фасок, падает ресурс деталей. Так что ширина фаски седла, а она всегда задается производителем автомобиля, является

компромиссом между плотностью посадки и ресурсом. Недаром на гоночных двигателях находят применение даже седла с радиусным профилем без фасок — так надежнее уплотнение, которое в спорте важнее ресурса.

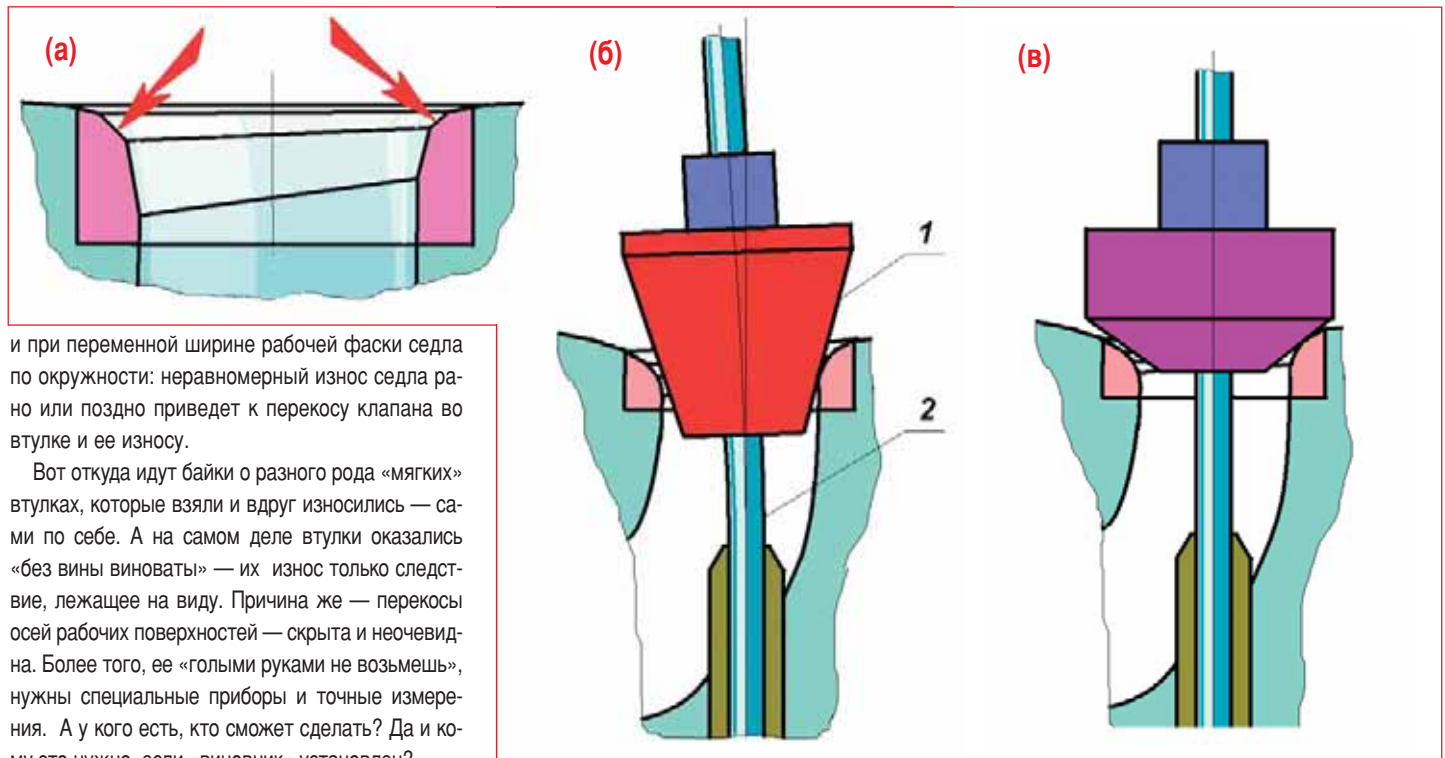
### Цена заблуждения

Интересно, что рабочие фаски седла и клапана в результате износа со временем теряют свой идеальный конический профиль: фаска клапана становится вогнутой, а седла — выпуклой. В этом хорошего мало — в отдельных участках сопряжения возникает существенная разность удельных давлений, что отрицательно сказывается на плотности посадки деталей.

Поняв, как взаимодействует клапан с седлом и втулкой, нетрудно предугадать последствия еще одного дефекта: когда по каким-либо причинам рабочая фаска на седле получается переменной ширины. Очевидно, после непродолжительной работы фаска седла (вследствие разницы в удельных давлениях на нее) начнет изнашиваться по окружности неравномерно и просто из круглой превратится в овальную, что быстро приведет к потере герметичности, перегреву и прогару клапана.

А теперь попробуем представить, что будет, если рабочая фаска седла, к примеру, несоосна с направляющей втулкой. Или фаска клапана — стержню. Тогда при посадке в седло клапан будет бить по краю седла, вызывая его быстрый односторонний износ и потерю герметичности. Но это не все — стержень, стараясь уследить за движением тарелки, тоже будет перекашиваться во втулке, что резко ускорит износ втулки. Кстати, аналогичная ситуация возникает также

Переменная ширина рабочей фаски седла — одна из причин повышенного износа деталей после замены направляющей втулки (а). Возникает при обработке седла ручным инструментом в результате разницы в усилиях отжима инструмента от седла для разных углов фасок: при больших углах (б) усилие и деформация пилота больше, чем при малых (в): 1 — фреза, 2 — пилот.



и при переменной ширине рабочей фаски седла по окружности: неравномерный износ седла рано или поздно приведет к перекоосу клапана во втулке и ее износу.

Вот откуда идут байки о разного рода «мягких» втулках, которые взяли и вдруг износились — сами по себе. А на самом деле втулки оказались «без вины виноваты» — их износ только следствие, лежащее на виду. Причина же — перекосы осей рабочих поверхностей — скрыта и неочевидна. Более того, ее «голыми руками не возьмешь», нужны специальные приборы и точные измерения. А у кого есть, кто сможет сделать? Да и кому это нужно, если «виновник» установлен?

Тем не менее, очень быстрый результат всякого рода кривизны в клапанном механизме — это падение мощности, повышенный расход топлива, неравномерная работа двигателя на холостом ходу, повышенное содержание токсичных веществ в отработавших газах, шумность, стуки, расход масла при весьма небольшом пробеге после ремонта. Понятно, что это связано с потерей компрессии, чего не сможет «победить» даже самая продвинутая электронная система управления двигателем, и большими зазорами клапанов во втулках, при которых масло уже не удержит даже самый эластичный маслосъемный колпачок.

А дальше хуже, если не сказать, совсем плохо. При такой кривой посадке стержень клапана каждый раз изгибается, как только садится в седло. Поэтому ни у кого не должно вызвать удивления, когда клапан «устанет» от такого издевательства над собой, и в один прекрасный день тарелка «благополучно» оторвется от стержня, продемонстрировав сомневающимся, что такое усталость металла. Тогда им просто повезет, если это случится на небольших оборотах, иначе взрыв мотора прозвучит скорее похоронным маршем, нежели лебединой песней. Видимо, и в этом случае тоже были втулки «неправильные»?

## Не все то золото...

Итак, надеемся, что уже никому не требуется объяснять важность и в то же время сложность качественного ремонта клапанного механизма головки блока цилиндров. А именно, достиже-

ния при ремонте строгой соосности всех рабочих поверхностей и придания им правильного профиля. Посмотрим, что для этого делается на практике.

Для ремонта седел наиболее распространен ручной инструмент, а именно: разного рода ручные фрезы и многолезцовые головки, как зарубежного производства, так и их не очень качественные копии отечественного происхождения. Работа с ними с виду проста: ставь во втулку направляющий стержень — пилот, надевай на пилот фрезу и крути сколько надо. Так работают сегодня в России многие гаражи и сервисы, большие и маленькие.

К сожалению, качество обработки седел таким инструментом при ближайшем рассмотрении не выдерживает никакой критики, несмотря на рекламные лозунги и уверения продавцов-распространителей этой, мягко говоря, продукции. В результате после обработки седло имеет полный «букет» дефектов, о которых мы уже говорили выше, но о которых многие даже не догадываются. Поэтому рассмотрим этот вопрос более подробно.

Первое, что необходимо отметить, — это полное отсутствие жесткости в системе «приспособление-инструмент-деталь». Дело в том, что приспособление — пилот, устанавливаемый в направляющую втулку, — не имеет крепления сверху и деформируется (изгибается) даже при легком нажатии на фрезу при обработке. Чем тверже седло и сильнее нажатие, тем больше получается перекося седла относительно втулки.

Особенно, если пилот тонкий или имеет цанговый зажим во втулке.

С помощью специального прибора мы не поленились провести прямые измерения биения обработанных таким инструментом седел относительно отверстий направляющих втулок после их замены на нескольких головках блока. И получили весьма печальный результат — биение седла оказалось очень нестабильным и лежало в пределах 0,08–0,15 мм, а в некоторых случаях и более! Причем даже последующая длительная притирка, которая приводила к заметному ухудшению профиля фасок седла и клапана, не могла полностью исправить положение — остаточное биение рабочих фасок составляло 0,04–0,08 мм! Естественно, что после такого «ремонта» разговаривать о ресурсе направляющих втулок и седел бессмысленно.

Нам могут возразить — работал не очень опытный специалист. Хорошо. Тогда вопрос — каким опытом должен обладать специалист, чтобы на глаз ловить «сотки»? Нет, пожалуй, здесь одного, даже золотого, глаза недостаточно — видимо, нужны еще специальные нюх, слух и ноготь. И обязательно золотой зуб, чтобы потом на него проверять то, что получилось. Интересно, где водятся такие спецы — пусть нам покажут.

Кстати, о притирке... Необходимость ее выполнять самым тщательнейшим образом в данном способе ремонта седел очевидна. А это иной раз просто фатально отражается на работоспособности и ресурсе клапанов и седел. И по

причине деформации профиля сопрягаемых поверхностей, и вследствие внедрения абразива в седло. Это тема отдельного серьезного разговора, хотя об этом мы уже говорили не раз. Но, видимо, недостаточно.

Следующая проблема — в ширине рабочей фаски седла. Оказывается, получить ее постоянной практически невозможно по двум причинам: все фаски седла делаются раздельно, разным инструментом, а пилот изгибается тем сильнее, чем меньше угол фрезы. Последнее означает, что наиболее сильно пилот будет гнуться (читай — делать фаску еще более несоосной седлу) на примыкающей фаске под углом 60° и особенно 75°. А тогда о постоянной ширине рабочей фаски седла не может быть и речи, как и о нормальном ресурсе клапанного механизма. И еще более далекой становится задача выполнить рекомендации производителя по профилю седла.

Еще одна проблема — время. А оно, как известно, деньги. Раз нажимать на фрезу нельзя, надо затратить очень много времени, чтобы легонько, под собственным весом фрезы, крутить эту конструкцию. И хорошо, когда в головке блока мало седел, а за день сделать надо только одну такую головку. А если несколько, и многоклапанных?

Получается следующее — для ремонта седла таким инструментом необходимы: материал седла как можно мягче, а стержень клапана как можно больше в диаметре, чтобы пилот имел побольше жесткости. Такое сочетание материала и диаметра имели лишь некоторые старые двигатели, в большинстве своем нижневальные и нижнеклапанные. Напротив, для современных многоклапанных моторов с тонкими



Ручной инструмент для ремонта седел — именно из-за него после ремонта клапанного механизма современных двигателей возникает немало дефектов.

стержнями клапанов 5,5–6 мм и спеченными или стальными седлами о применении ручного инструмента лучше забыть. И убрать такой, с позволения сказать, «инструмент» от греха подальше, просто чтобы не портить чужие головки блока. А свои — тем более.

Некоторые иностранные фирмы предлагают ручной режущий инструмент для обработки не только седла, но и фаски клапана. К сожалению, проблемы здесь те же: исправить биение фаски старого клапана практически невозможно, а вот добавить еще — пожалуйста. Вид поверхности получается, правда, красивый, но, к сожалению, «не все то золото, что блестит»...

Общий вывод очевиден — ремонт клапанного механизма с использованием ручного инструмента непрофессионален по своей сути, поскольку в некоторых случаях не только не улучшает, а значительно ухудшает плотность посадки клапана в седле по сравнению с тем, что было до ремонта. А о ресурсе деталей лучше вообще забыть — такую «работу» можно сдавать с гарантией «только до ворот». Потому что дальше уже маячат тень прогара и призрак обрыва клапана...

Каемся — когда-то и мы «баловались» подобным «инструментом». От неимения лучшего оборудования, а большей частью от неверного понимания проблемы. Потому что тоже считали, что направляющие втулки бывают «мягкие», а клапаны — из «ведерной» стали. Хорошо хоть, что до обрыва дело не доходило. И хотя несколько раз меняли изношенные втулки и прогоревшие клапаны по гарантии, все равно приносим извинения всем нашим бывшим заказчикам. Что было — то было...

Теперь настали другие времена, и качество работ, а не вал любой ценой, вышло на первый

план. Это потребовало от нас пересмотра всей концепции ремонта клапанного механизма. Коротче говоря, встал вопрос о применении инструмента и оборудования совершенно другого рода.

### Раз — соосность, два — соосность...

На другом, противоположном от ручного инструмента, краю всей линейки возможных средств для обработки седел ГБЦ расположилось специализированное станочное оборудование. Его задачей как раз и стало то, что никогда не выйдет у ручных «крутилок» — точность обработки и производительность.

Сегодня специальные станки для обработки седел выпускают многие известные иностранные станкостроительные компании. Среди них итальянские AZ и Berco, датская AMC Schou, французская SERDI, американские Newen, Winona Van Norman, Sunnen, Storm Vulcan, Peterson и многие другие. Заметим, что в этот список нам, при всем желании, так и не удалось занести ни одного из отечественных производителей станков — в производственных программах российских заводов подобных станков не оказалось вообще. То ли по причине отсутствия в свое время необходимости качественно ремонтировать отечественные моторы, то ли из-за невозможности обеспечить требуемую точность изготовления узлов такого станка (что выглядит несколько сомнительно). А может, еще по какой-нибудь неведомой причине высшего политического толка. Так или иначе, а пришлось довольствоваться только тем, что есть — многочисленными иностранными образцами.

Но прежде чем проводить какой-либо анализ представленного на рынке оборудования, полезно рассмотреть кое-что из теории вопроса. Итак, есть



Объективно оценить качество обработки седла можно только путем прямого измерения его биения относительно отверстия направляющей втулки.

задача — так обработать седло, чтобы его биение относительно отверстия направляющей втулки было минимальным, в идеале не более 0,01 мм. Как этого добиться технически, то есть, какова должна быть схема базирования инструмента? Да и вообще, что это за инструмент такой?

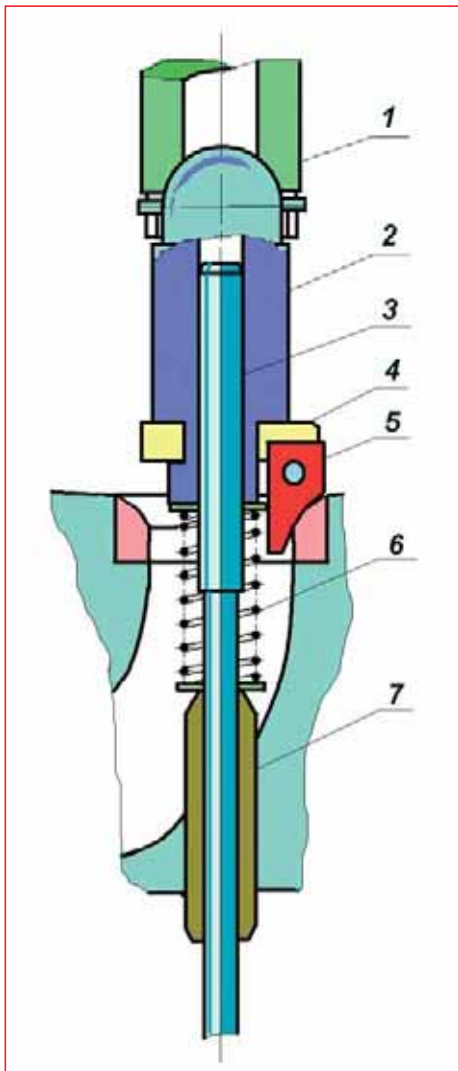
Все существующие станки имеют направляющий элемент — пилот, аналогичный тому, что используется и в ручном инструменте. Пилот представляет собой шлифованный с высокой точностью направляющий стержень, входящий в направляющую втулку либо с очень малым зазором, либо плотно, без зазора. В первом случае пилот цилиндрический, жестко крепится на шпинделе станка и вращается вместе с ним, во втором — конический и ставится во втулку неподвижно.

Но пилоту в станке уже не требуется держать инструмент — это задача прочного и жесткого шпинделя, именно на нем и закреплен с помо-

щью специального держателя инструмент, в качестве которого у большинства станков выступает резец из твердого сплава. Причем резец может быть как с одним углом (например 30°, 45° или 60°), так и с тремя углами для формирования сразу всего профиля седла. А главное назначение пилота другое — точно выверить положение шпинделя перед обработкой. Другими словами, наличие пилота предполагает, что технологический процесс обработки седла разделяется на две части — стадию центрирования шпинделя и собственно стадию обработки седла. Пилот нужен прежде всего на стадии центрирования, когда положение шпинделя настраивается и регулируется так, чтобы его ось вращения точно совпа-



Красивая вещь... Но для точной работы с головками блока современных двигателей не очень удачная.



Традиционная схема базирования инструмента в специализированных станках для обработки седел может удовлетворительно работать только при большом диаметре пилота: 1 — шпиндель, 2 — держатель инструмента, вращающийся на пилоте, 3 — неподвижный конический пилот, 4 — резцедержатель, 5 — резец, 6 — пружина, 7 — направляющая втулка.

Затем, когда шпиндель точно настроен и прочно закреплен, пилот может выполнять вспомогательную роль (например, быть дополнительной опорой шпинделя), поскольку точность обработки определяется жесткостью всего станка — станины, стола, приспособления для крепления головки блока, самого шпинделя.

Но самая большая проблема всех станкостроителей при создании таких станков оказалась именно в центрировании! Действительно, как настроить станок и обеспечить абсолютно точно соосность шпинделя и направляющей втулки, если шпиндель станка должен еще иметь некие механизмы его привода — вращения, наклона, продольного и поперечного перемещения, иначе просто не попасть в нужную ось втулки у головки блока, закрепленной на столе станка?! Ведь все это шпиндельное хозяйство весом не один десяток килограммов, а на конце тонкий пилот, к примеру, 5 мм, а то и 4 мм диаметром, который гнется даже пальцами! И он должен точно встать в отверстие втулки. Чуть что не так — и пилот изгибается, а об искомой соосности можно уже и не вспоминать.

А почему пилот может деформироваться при центрировании шпинделя? Причин много, но одна из главных — это трение, возникающее в подвижных элементах станка, регулирующих положение шпинделя на стадии центрирования. Что ж, посмотрим, какое решение этой проблемы нашли иностранные станкостроители, насколько хорошо идут дела в этом «королевстве»...

## Если чуть-чуть не хватает...

Надо сказать, что многие производители кое-какое решение нашли давно, много лет назад. В определенной степени оно даже очевид-

но. Допустим, надо исключить (или значительно, во много раз, снизить) трение между двумя сопрягаемыми поверхностями. Для этого достаточно точно подогнать поверхности друг к другу и запустить между ними под давлением какую-нибудь жидкость, чтобы поверхности не соприкасались. Похожая схема, например, реализована в широко известных подшипниках скольжения.

Но жидкость, какая бы она ни была, имеет вязкость, поэтому совсем избавиться от трения не получится. Кроме того, применение жидкости сложно, поскольку требует насосов, фильтров и других гидравлических агрегатов и систем. Куда проще подавать в зазор... воздух от компрессора. Так в конструкциях «головочных» станков появилась воздушная подушка. И это определило внешний облик таких станков — весьма похожих один на другой независимо от фирмы-производителя.

Первым встал на воздушную подушку весь рабочий узел станка вместе со шпинделем. Для этого верхняя часть станины станка была сделана плоской, как и ответная поверхность рабочего узла. Причем точность обработки этих деталей потребовалась очень высокая, иначе бы происходило соприкосновение поверхностей и резкое снижение точности центрирования шпинделя. В результате тяжелый узел получил возможность по команде оператора свободно плавать в поперечном и продольном направлении от легкого нажатия рукой, для того чтобы на этапе центрирования можно было точно попасть в искомую ось направляющей втулки.

Однако этого «плавания» оказалось недостаточно для точного центрирования шпинделя. Дело в том, что закрепить на рабочем столе станка головку блока цилиндров так, чтобы оси отверстий всех втулок встали строго по вертикали, даже наклоня ее во все стороны, невоз-

можно. Хотя бы потому, что в головке блока вследствие допусков на изготовление втулки могут стоять чуть-чуть непараллельно. Но этого «чуть-чуть» будет достаточно, чтобы испортить всю работу. Стало ясно, что шпindel должен иметь некий шарнир, обеспечивающий при центрировании хотя бы небольшой его наклон в двух плоскостях. И вот здесь «мнения» производителей разделились...

Подавляющее большинство фирм пошли по такому пути. Той части пилота, которая входит в отверстие направляющей втулки, была придана слабо коническая форма. Такая, чтобы пилот заклинивал и сидел во втулке неподвижно. На верхнюю, цилиндрическую, часть пилота с малым зазором устанавливался специальный держатель инструмента с резцом. Верхняя же часть держателя выполнялась с двумя выступами так, чтобы шпindel мог вращать держатель на пилоте и в то же время иметь возможность небольшого перекоса оси относительно оси вращения держателя (и пилота).

Такое соединение держателя и шпинделя (его еще называют байонетным) в общих чертах аналогично карданному шарниру, который, как известно, неплохо работает только при небольших перекосах осей. Поэтому задача центрирования шпинделя таким способом полностью не решается. Пришлось пойти еще на од-

ну «хитрость» — с помощью специального прибора, аналогичного обычному уровнемеру. Прибор вначале устанавливался на пилот, измеряя направление и величину его наклона от вертикали, после чего переносился на специальное место на шпинделе или рабочем узле станка. Далее оператор вручную регулировал наклон шпинделя, добиваясь тех же показаний прибора и обеспечивая тем самым параллельность осей пилота (и держателя) и шпинделя. После этой процедуры включалась воздушная подушка, шпindel подвигался и соединялся (центрировался) с держателем. Затем подача воздуха выключалась, рабочий узел фиксировался на станине, и выполнялась обработка седла.

Постепенно станки данной схемы (с некоторыми вариациями) в 70–80-х годах прошлого столетия довольно широко распространились по всему миру и даже заняли господствующее положение в крупных гаражах и специализированных мастерских. Их преимущество в точности и производительности по сравнению с ручным инструментом было неоспоримым, что дало возможность производителям этих машин успокоиться, сочтя их конструкцию удачной. Почить, так сказать, на лаврах — на целые десятилетия вперед. А что, конструкция отработана, исполнение, даже внешне, на пять с плю-

сом, покупатели довольны — чем не повод для гордости?

Все бы было хорошо и дальше, но грянули 90-е годы — началась эра многоклапанных конструкций головок блока цилиндров. И вскоре выяснилось, что так хорошо отработанная схема постепенно теряет все свои преимущества. Можно даже сказать, что король, в определенном смысле слова, незаметно оказался голым... Но что из этого получилось, мы расскажем в следующем номере журнала. **ABC**

Приобрести станочное оборудование для ремонта головок блока цилиндров фирмы SERDI (Франция), посмотреть это оборудование в работе, а также качественно отремонтировать ГБЦ двигателя любого автомобиля можно в Москве, у технического представителя компании SERDI по Московскому региону фирмы «АБ-Инжиниринг», тел. (095) 148-2432, [www.ab-engine.ru](http://www.ab-engine.ru) или в Санкт-Петербурге, у эксклюзивного российского дистрибьютора SERDI фирмы «Мотор Технологии», тел. (812) 974-5454, [www.spbmotor.ru](http://www.spbmotor.ru).



компания **ТехноАльянс**

ВСЕ СПЕКТР  
ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ АВТОСЕРВИСА

**Оборудование для профессионального ремонта, сварки и резки кузовов автомобилей.**

*Широкое разнообразие моделей, позволяет сделать выбор, полностью соответствующий вашим потребностям.*



**Сварочное оборудование SEWORA**

**Оборудование для профессиональной резки металла SEWORA**



**Точечная сварка TECNA**

SEWORA ежегодно разрабатывает новые модели и усовершенствует старые аппараты, стараясь быть всегда на шаг впереди своих конкурентов как по цене, так и по качеству своего оборудования.

Оборудование соответствует международному стандарту ISO 9001, благодаря чему компания гарантирует высокое качество производимого оборудования. Повышение квалификации технического персонала позволяет не отставать от новейших технологий, а новая продукция компаний SEWORA и TECNA удовлетворяют всем требованиям клиентов.

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОФИС:**  
123373, г. Москва, ул. Василия Патушкова, д. 3, офис 328  
тел. (095) 514-05-71; факс (095) 491-99-18  
<http://technoalliance.ru>, e-mail: [ta-sales@concord.ru](mailto:ta-sales@concord.ru)

**ФИЛИАЛЫ:**  
г. Санкт-Петербург: (812) 515-99-46, e-mail: [ta-sales@sp.ru](mailto:ta-sales@sp.ru)  
г. Омск: (3812) 56-32-95, e-mail: [omsk@concord.ru](mailto:omsk@concord.ru)  
г. Екатеринбург: (343) 358-94-55, e-mail: [ural@concord.ru](mailto:ural@concord.ru)

# ГАРДИА Холдинг

## Бизнес






- Диагностическое оборудование
- Шиномонтажное оборудование
- Мотортестеры, сканеры, дымомеры, газоанализаторы
- Стенды для линий инструментального контроля
- Стенды сход-развал
- Приборы для обслуживания кондиционеров
- Обслуживание и ремонт оборудования, обучение персонала

111033, Москва, ул. Самокатная, 2в, тел./факс: (095) 956-31-66, 956-21-66  
E-mail: [info@gardia.ru](mailto:info@gardia.ru) Internet: [www.gardia.ru](http://www.gardia.ru)

Региональные представители:  
Адск-Сервис, 830031, Новосибирск, ул. Пострижика, 21, д. 43  
тел. (3832) 79-04-51, факс (3832) 19-04-66, [info@adsk.spb.ru](mailto:info@adsk.spb.ru)  
ГАРДИА Нева, 190013, г. С.-Петербург, ул. Бронниковая, 24  
тел./факс: (812) 276-47-44, 276-52-67, моб. 8-911-272-14-66  
[www.gardia.ru](http://www.gardia.ru)

# Ремонт головок блока цилиндров: Цена несоосности



Часть 2

*В предыдущем номере журнала мы рассказали о некоторых применяемых при ремонте головок блока цилиндров инструментах и оборудовании. Речь шла о типичных неисправностях клапанного механизма, связанных с нарушениями в технологии ремонта и в первую очередь с ошибочным выбором такого оборудования. Особенно когда дело касается ремонта головок блока современных двигателей, отличающихся малым диаметром стержней клапанов. Сегодня — продолжение начатого разговора.*

*Действительно, не каждый специализированный станок способен легко справиться с обработкой седел многоклапанных головок блока цилиндров. Даже несмотря на внушительный внешний вид, сверкающие детали и высокую цену. И на солидность фирмы-производителя тоже.*

рых моторов. Например, вращение держателя на пилоте довольно быстро приводит к износу их сопряженных поверхностей, что также добавляет погрешности. В довершение всего конический пилот оказался не лучшим решением, и в направляющей втулке с отверстием малого диаметра не смог обеспечить правильное центрирование инструмента строго по оси втулки (реальный-то клапан не имеет конуса на стержне!).

Надо было срочно менять схему, а фактически всю конструкцию станка. Но многие производители, бросив немало сил на борьбу с коварной несоосностью седла и втулки, так и не смогли полностью решить задачу точной обработки седел в многоклапанных ГБЦ. Лишь единицы справились с этой проблемой, но какой ценой! Например, американская фирма Newen выпустила очень сложный станок с двумя плоскими воздушными подушками и электронным управлением сферическим шарниром шпинделя с помощью сервомоторов (эта запатентованная фирмой система получила название Pantograph). Нет слов, отличная машина, точная, но цена такова, что оправдывает ее приобретение только для крупносерийного ремонта или производства головок блока в заводских условиях. И ничего достойного серьезного внимания у других, тех, кто уже много лет выпускает с незначительными улучшениями все ту же морально устаревшую конструкцию. Почему?

Все очень просто. Оказалось, что «место под солнцем» уже занято. Схема базирования инст-

Как мы уже говорили, в этой схеме пилот установлен во втулке неподвижно, а на него сверху надет держатель инструмента. Шарнир же, образуемый в соединении держателя со шпинделем, имеет некоторую свободу, необходимую для работоспособности схемы. То есть, фактически держатель на пилоте висит консольно, да еще испытывает некоторое усилие со стороны шпинделя при вращении. Если речь идет о моторе старой конструкции, у которого клапаны имеют достаточно толстый стержень, больших проблем нет. Но стоит только начать обрабатывать седла головок блока с тонкими клапанами, как пилот начинает изгибаться, и вся точность станка куда-то пропадает — фаски седла после обработки получаются несоосны отверстию направляющей втулки.

Чем не аналог ручных резцовых головок — у них тоже замечена подобная зависимость. Тем более что многие фирмы использовали в своих станках стальные пилоты, не отличающиеся высокой упругостью, в отличие от пилотов из твердого сплава. Но и это не все. При обработке современных головок блока проявляются и другие недостатки данной схемы, которые оставались в тени, пока речь шла о головках ста-

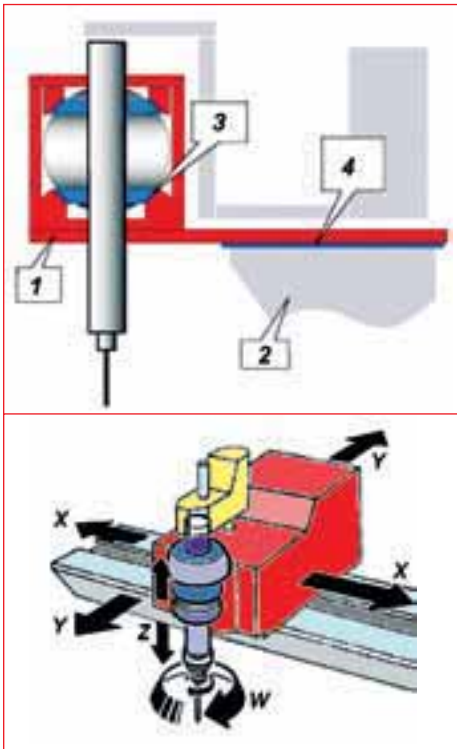
ИГОРЬ ПЕТРИЩЕВ, директор фирмы «Мотор Технологии» (С.-Петербург)

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

## Кто не успел, тот опоздал...

В конце 90-х некоторые российские фирмы, специализирующиеся на ремонте автомобильных двигателей, не разобравшись до конца в ситуации, поспешили приобрести подобное оборудование. И, поддавшись на рекламу производителей и заверения продавцов, попробовали обрабатывать седла без последующей притирки. Но не тут то было — сразу пришлось столкнуться с претензиями заказчиков, почувствовавших ухудшение качества ремонта. Ничего не оставалось делать, как вернуть притирку на ее законное место и продолжать работать по старинке. Почему?

Ларчик открывается довольно просто — станки разработки 20–30-летней давности оказались непригодны точно обрабатывать седла многоклапанных головок блока, имеющих стержни клапанов малого диаметра. Чтобы это понять, достаточно посмотреть на схему центрирования, применяемую в этих станках, и предположить, как это все работает.



Сферическая воздушная подушка обеспечивает шпиндель необходимыми степенями свободы для точного центрирования инструмента:  
 1 — рабочее устройство станка;  
 2 — верхняя часть станины;  
 3 — сферическая воздушная подушка шпинделя;  
 4 — плоская воздушная подушка рабочего устройства;  
 X, Y — перемещение рабочего устройства на воздушной подушке;  
 Z, W — вертикальное перемещение и вращение шпинделя

инструмента, которая могла бы прийти на смену традиционной, но, в отличие от последней, прекрасно справляется с современными головками блока, имеет эксклюзивного хозяина. Ее давно запатентовала и широко использует в конструкции своих станков французская фирма SERDI.

### Соосность? Это просто...

Первый патент, определивший на десятилетия вперед приоритеты в деле ремонта головок блока цилиндров, фирма SERDI получила еще четверть века назад, в 1980 году. Смысл изобретения состоял в следующем. На станке устанавливается не одна, а две воздушные подушки. Первая — традиционная, позволяет свободно, без трения, плавать рабочему узлу со шпинделем на станине. А вот во второй заключена вся хитрость — она не плоская, а сферическая! При подаче в нее воздуха шар, выполненный за одно целое со шпинделем, чуть приподнимается, и шпиндель, какой бы он ни был тяжелый, легко отклоняется на любой угол. И без малейшего трения!

Изменениям подверглась и вся конструкция пилота с резцедержателем. Цилиндрический пилот из твердого сплава закреплен на держателе, который, в свою очередь, жестко крепится к

шпинделю. Никаких шарнирных соединений — шпиндель обладает всеми необходимыми для точного центрирования степенями свободы: все стало жестко до предела. И еще. Пилот, приобретая цилиндрическую форму, стал точно моделировать стержень клапана в отверстии направляющей втулки, что только прибавило точности станку.

Еще одна деталь — резко упростилась работа оператора. Теперь для точного центрирования шпинделя не надо каких-либо специальных приборов, достаточно лишь включить обе воздушные подушки и попасть с помощью ручной вертикальной подачи пилотом в направляющую втулку. После того как шпиндель найдет свое положение (а это несколько секунд), подача воздуха в подушки прекращается, и рабочий узел со шпинделем фиксируется гидравликой или тем же воздухом, но на прижатие, — и можно начинать обработку седла. Кстати, на станках SERDI используется и более прогрессивная конструкция резца — он сменный, целиком из твердого сплава, и закрепляется на специальном регулируемом резцедержателе винтом, а не напаивается на резцедержатель, как у некоторых других производителей. С недавних пор эта конструкция резца стала стандартной для многих фирм.

Вылет резца на станках SERDI регулируется с помощью простейшего приспособления, в которое вначале устанавливается клапан обрабатываемого седла, по фаске которого выставляется специальная линейка. Далее клапан снимается, и приспособление устанавливается на пилот, предварительно вставленный в держатель инструмента. Остается только отрегулировать положение резцедержателя регулировочным болтом и зафиксировать стопорными винтами. Далее, установив держатель инструмента в шпиндель, можно начинать работу. После которой следует проверить ее качество вакуумтестером — у большинства станков SERDI эти приборы встраиваемые.

В общем, вся конструкция получилась настолько простой и удачной, что станки, выполненные по этой схеме, успешно выпускаются до сих пор с минимальными изменениями. Мало того, они оказались долгожителями — представитель первой серии станков SERDI 60 выпуска начала 80-х годов до сих пор работает в одной из московских фирм, а станок SERDI 100 в возрасте 20 лет — в Омске.

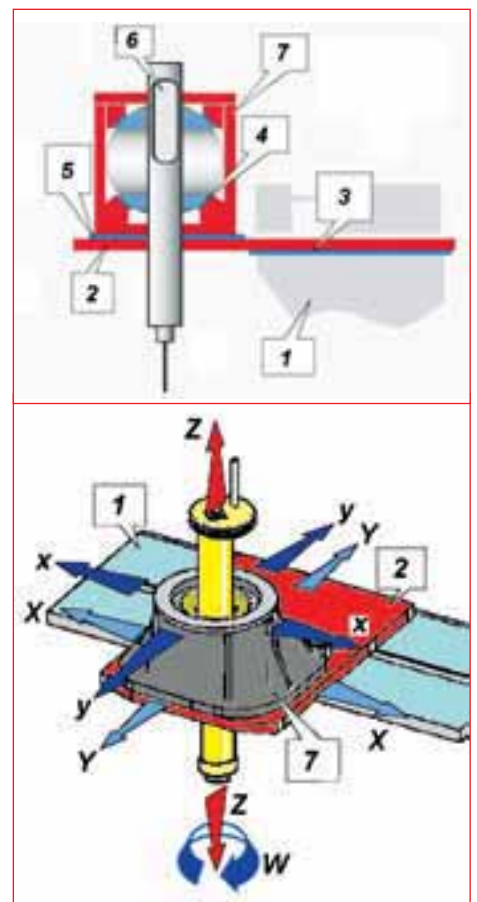
Интересен и такой факт: некоторые фирмы, продвигающие, и довольно успешно, оборудование других производителей, сами предпочитают, когда дело касается головок блока цилиндров, работать именно на станках SERDI. Естественно, не афишируя их наличие в своих цехах.

Однако, несмотря на такие достижения, все это время фирма не стояла на месте. Стремление еще более повысить точность центрирова-

ния инструмента, что особенно важно для многоклапанных малолитражных двигателей с диаметром стержня клапана до 4 мм, привело инженеров фирмы в 1996 году к новой разработке — тройной воздушной подушке, также защищенной патентом.

### Точность? Пожалуйста...

Суть схемы с тройной воздушной подушкой в следующем. Рабочий узел станка, как и прежде, установлен на станине на воздушной подушке. Ее задача — обеспечить предварительное центрирование шпинделя относительно направляющей втулки, после чего рабочий узел жестко фиксируется на станине. А далее включаются две воздушные подушки шпинделя — малая плоская и сферическая, уже для точного и окончательного центрирования.



Тройная воздушная подушка и встроенный шпиндельный двигатель — полная свобода для идеального центрирования шпинделя:  
 1 — верхняя часть станины станка;  
 2 — основание рабочего устройства;  
 3 — воздушная подушка рабочего устройства;  
 4 — сферическая воздушная подушка шпинделя;  
 5 — малая воздушная подушка шпинделя;  
 6 — встроенный шпиндельный двигатель;  
 7 — корпус сферической воздушной подушки;  
 X, Y — перемещение рабочего устройства на воздушной подушке,  
 x, y — перемещение корпуса шпинделя на малой плоской воздушной подушке;  
 Z, W — вертикальное перемещение и вращение шпинделя





Вылет резца (а) в станках SERDI регулируется с помощью простого приспособления, предварительно настраиваемого по тарелке клапана (б).

Зачем так было сделано, понятно — рабочий узел, обладая большой массой, затрудняет точное центрирование шпинделя. Поэтому для получения максимальной точности необходимо предельно облегчить шпиндель. Решение проблемы было найдено: вместо традиционной ременной передачи от двигателя к шпинделю со шкивами и прочими элементами на современных станках SERDI применяется так называемый встроенный шпиндельный двигатель, а многие детали шпинделя выполнены из алюминиевых сплавов. Все это имеет принципиальное значение для точности, поскольку отсутствует какое-либо внешнее воздействие со стороны элементов привода на шпиндель, который получается предельно легким и компактным.

Результат не заставил себя ждать — центрирование легкого шпинделя на двух воздушных подушках занимает считанные секунды. При этом точность обработки беспрецедентна — седло имеет биение относительно направляющей втулки не более 0,01 мм, в чем мы смогли убедиться, измерив эту величину специальным прибором (по нашим измерениям, биение седла у новых головок ВАЗ лежит в пределах 0,02–0,04 мм). Такая



Узел крепления инструмента в станках SERDI — предельная жесткость и точная обработка всего профиля седла фасонным мультитупловым резцом.

непревзойденная на сегодняшний день точность сохраняется даже для самых тонких пилотов диаметром 4 мм, используемых для ремонта го-

ловков двигателей мотоциклов. Ну и конечно, производительность — обработка седла на обычной 8-клапанной головке блока цилиндров двигателя ВАЗ со всеми настройками занимает не более 15–20 минут.

Конечно, прецизионный станок — вещь недешевая. И приобрести его под силу не каждой мастерской. Поэтому, учитывая накопленный опыт в создании станков, фирма пошла навстречу небольшому ремонтному мастерскому и сделала совсем недорогой станок с ручным приводом SERDI Micro. При ближайшем рассмотрении — по такой же схеме базирования инструмента, что и полноразмерный станок с тройной воздушной подушкой.

## Мал, да удал

Станок SERDI Micro снабжен специальной станиной UNICLAMP, с помощью которой он ставится на верстак. Имеется плоский кронштейн, который одновременно позволяет прижать головку к станине и установить на него рабочий узел станка. Такая конструкция позволяет легко ориентировать рабочий узел на любых ГБЦ независимо от параллельности их плоскостей и угловых наклонов клапанов.

А вот интересная особенность — в станке используются такие же твердосплавные мультитупловые резцы, резцедержатели и пилоты, что и в полноразмерных станках SERDI. И вакуумтестер — без него вообще невозможно оценить качество обработки седла. Но самое главное — это система центрирования шпинделя. Она представляет собой полный механический аналог тройной воздушной подушки полноразмерного станка. Так, для предварительного центрирования шпинделя служит пластина рабочего узла с регулируемым поперечным углом наклона. Эта пластина может передвигаться по крон-



Достаточно попасть пилотом в отверстие направляющей втулки, включить на несколько секунд сферическую и малую плоскую воздушные подушки (а), затем установить скорость вращения шпинделя (б), чтобы начать обработку седла (в).

штейну станины, моделируя действие воздушной подушки рабочего устройства больших станков SERDI. При этом узел регулирования поперечного угла наклона — аналог устройства поперечного наклона головки блока цилиндров на столе большого станка.

Как и на большом станке, после стадии предварительного центрирования, когда пилот уже находится в отверстии направляющей втулки, на портативном станке тоже вступают в действие малая плоская и сферическая подушки — только механические. Эти устройства объединены в один общий узел оригинальной конструкции, который позволяет не только сцентрировать, но и практически «намертво» зафиксировать положение шпинделя простым поворотом соответствующего колеса на рабочем узле. Без каких-либо усилий, способных сдвинуть шпиндель в процессе фиксации и нарушить его положение. Остается лишь поставить сверху на шпиндель рукоятку и, подведя резец к седлу с помощью специального лимба, начать обработку.

Проверка точности обработки седла на портативном станке показала, что биение седла относительно направляющей втулки после обработки у SERDI Micro составляет в среднем около 0,02–0,04 мм. Что ж, это вполне достойный результат для такой маленькой машины — ведь в механических подушках есть трение, в отличие от воздушных. Тем не менее, результат не случаен, поскольку в конструкции станка отсутствуют недостаточно жесткие элементы в креплении шпинделя, имеющего к тому же достаточно степеней свободы для точного центрирования. Чего никак нельзя сказать об аналогичных ручных станках от других производителей.

Действительно, сравнение SERDI Micro с различными ручными станками как иностранного, так и отечественного производства не в пользу последних. Первое, что необходимо отметить — это разного рода магниты для крепления рабочих устройств подобных станков. Магнит в системе центрирования требует идеально плоской подложки, в противном случае при попадании стружки образуется люфт, резко снижающий точность обработки. Такая же картина возникает со временем, когда поверхности теряют свое первоначальное качество в результате износа или деформируются при зажиме головок блока, имеющих повышенную от перегрева привалочную поверхность. Кстати сказать, предыдущая модель портативного станка фирмы — SERDI Pro — тоже имела магнит в системе крепления, но фирме пришлось отказаться от этой конструкции именно по причине недостаточной точности центрирования и малой жесткости.

Еще одна проблема связана с общей схемой центрирования, используемой в



Для контроля плотности посадки клапана в седле служит вакуумтестер — необходимо установить клапан на место, поднести к отверстию канала насадку (а) и прочитать показания прибора (б).

ручных машинках. Применяя нашу аналогию с воздушными подушками, легко обнаружить, что в этих конструкциях есть только одна плоская подушка (магнит), а не две, как у SERDI Micro. Кроме того, единственная подушка слишком грубая, поскольку рабочее устройство станка тяжелое, а силы трения, возникающие при центрировании, чрезмерно большие (у Micro, напротив, эти силы невелики, поскольку плоская подушка держит только малый вес шпинделя, а не всего станка). Фактически же следует ожидать разницу в точности обработки седел между SERDI Micro и всеми прочими ручными «крутилками» на магнитной подушке примерно такую же, как между большими станками SERDI и всеми прочими, имеющими только одну воздушную подушку.

И еще — шарнир шпинделя у многих подобных устройств слишком слаб для жесткого крепления шпинделя, поскольку имеет малый диаметр шара. Это говорит о том, что обрабатывать седла диаметром 60 мм, как это может делать SERDI Micro, такие машинки не способны.



Точное измерение биения седла — специальный прибор SERDI тоже не обманул наших ожиданий.

А теперь самое главное. Как нам удалось установить, проведя соответствующие измерения, у магнитных «крутилок» после обработки седла его биение относительно втулки редко получается меньше 0,08 мм. Это значит, что подобные «волшебные» устройства по точности (а фактически, по браку) мало чем отличаются от ручных фрез и резцовых головок. Разве что только по ширине рабочей фаски седла, да и то это преимущество мнимое — оно быстро нивелируется последующей глубокой притиркой, без которой здесь никак не обойтись. Зато в цене разница немалая — «крутилки» в два раза и более дороже комплекта ручных фрез. Классический вопрос: за что взимается плата?

### Разницу надо почувствовать...

Возникает вопрос — а какие варианты оборудования для обработки седел в головках блока цилиндров и инструмент получили наибольшее распространение в России? К сожалению, вынуждены признать, что сегодня в этом деле наблюдается прямо-таки безрадостная картина.

По нашим оценкам, даже в таких крупных центрах, как Москва и Санкт-Петербург, в среднем не более 10–15% от общего количества ремонтируемых головок блока цилиндров проходят обработку седел на современном специализированном станочном оборудовании. Примерно столько же или чуть больше головок блока ремонтируются с помощью ручных портативных машин. Все остальное сегодня, похоже, отдано на откуп ручному инструменту типа фрез и резцовых головок. Это ли не повод для тревоги — за ресурс и надежность «криво» отремонтированных двига-

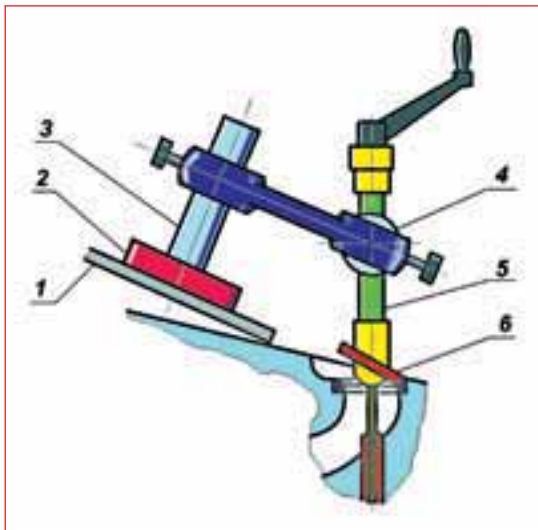


Схема базирования инструмента в традиционной ручной машине на магнитной «подушке» слишком груба, чтобы быть точной:

- 1 — плоская часть станины, прижимающая головку блока цилиндров;
- 2 — магнитная «подушка»;
- 3 — штатив;
- 4 — шаровой шарнир;
- 5 — шпindelь;
- 6 — резец

телей, сожженное ими впустую топливо, загрязнение окружающей среды, наконец?

Вспомните, сколько было дымящих маслом моторов лет десять-пятнадцать назад? А где они сейчас, куда пропали? Все просто — доставшаяся всем нам в наследство от советских времен система не смогла обеспечить качество ремонта неведомых для нее моторов, пришедших в основном из-за рубежа. Затем появились специализированные фирмы по ремонту двигателей, были развиты и отлажены необходимые технологии ремонта, в первую очередь цилинд-



Станок SERDI 4.0 Power — один из самых мощных и универсальных во всей программе фирмы

ропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма. И проблема постепенно была решена...

Но, к сожалению, не до конца. И на то есть свои причины. Дело в том, что для ремонта блока цилиндров и коленчатого вала практически любого современного двигателя может быть приспособлено отечественное станочное оборудование. Старое, выпуска 20-, а иногда и 30-летней давности. Тем не менее, после соответствующего ремонта и доводки, а иногда и серьезной переделки, пусть медленней, чем хотелось бы, но на таких станках можно сегодня качественно расточить и отхонинговать любой блок цилиндров, шлифовать любой коленвал. Даже самого навороченного иномарочного мотора.

А вот с головками блока ситуация иная. Мало того, что у наших ремонтников традиционно головка блока всегда стояла на третьем месте после блока и коленвала. Просто не досталось нам никакого головочного наследства, кроме пресловутых фрез, да еще, пожалуй, громоздких шлифовальных приспособлений. А импортные станки для многих мастерских долгие годы оставались недоступны. Вот и пошли гулять по нашим городам и весям их дешевые заменители, эрзац-приспособления и инструменты для ремонта головок блока.

Пока речь шла о ремонте старых двигателей, все было еще ничего. Но когда в ремонт начали поступать современные многоклапанные моторы, ситуация коренным образом изменилась. Теперь продавцы, традиционно демонстрируя простоту работы своего товара и обещая отличный результат, на деле просто вводят в заблуждение, мы бы даже сказали, подрывают основу всей школы отечественного моторного ремонта, которая с таким трудом создавалась все эти годы и которая всегда была нацелена прежде всего на качество ремонта.

Не так давно знакомый директор автосервиса заметил, что при ремонте двигателей коленчатые валы и блоки цилиндров он отвозит в специализированную мастерскую, а вот головки блока ремонтируют сами мотористы — с помощью ручного инструмента, который недавно был приобретен. Мол, зачем деньги терять, отдавая их на сторону? К сожалению, с тем, что еще вчера было нормой, сегодня уже никак нельзя смириться — когда дело касается головок блока цилиндров современных двигателей,



Портативная машина SERDI Micro — маленький аналог тройной воздушной подушки большого станка

мотористы в этом сервисе скорее их уродуют, нежели ремонтируют.

И все же положение с ремонтом головок блока пусть с трудом, но меняется к лучшему. Специализированные фирмы постепенно оснащаются хорошим станочным оборудованием для ремонта головок блока. Появился выбор такого оборудования, да и по цене оно теперь не кажется недостижимым, как это было пять или десять лет назад.

Важно только правильно этот выбор сделать. Мотористу — между кривыми седлами, которые даже непонятно, как исправить, и тем качеством, которое дает нормальный станок. Руководителю мастерской или цеха — между дешевыми ручными «инструментами» и настоящим профессиональным оборудованием. И почувствовать разницу. Просто чтобы потом не было мучительно больно... **ABC**

Приобрести станочное оборудование для ремонта головок блока цилиндров фирмы SERDI (Франция), посмотреть это оборудование в работе, а также качественно отремонтировать ГБЦ двигателя любого автомобиля можно в Москве, у технического представителя компании SERDI по Московскому региону фирмы «АБ-Инжиниринг», тел. (495) 148-2432, [www.ab-engine.ru](http://www.ab-engine.ru) или в Санкт-Петербурге, у эксклюзивного российского дистрибьютора SERDI фирмы «Мотор Технологии», тел. (812) 974-5454, [www.spbmotor.ru](http://www.spbmotor.ru)