

Предлагая читателю данный материал, в редакции предвидят реакцию ряда уважаемых специалистов моторного ремонта на статью. Более того, готовя публикацию, члены редколлегии ловили себя на мысли, что гораздо спокойнее такую «крамолу» не печатать.

Однако публиковать решили, вспомнив судьбу лесковского героя.

Известный тульский умелец Левша, посланный на берега туманного Альбиона с миссией промышленного шпионажа, сумел овладеть тайной аглицких мастеров. «В Англии ружья кирпичом не чистят» — именно эту технологическую хитрость так и не смог донести мастер до российских промышленников. И продолжали в нашем отечестве «чистить кирпичом». Последствия известны — печальные.

Может быть, хватит наступать на одни и те же грабли? Имеем в виду — пора бы отказываться от «старых, добрых» дедовских способов моторного ремонта. Образно выражаясь — «чистить моторы кирпичом».

Именно эту мысль, а не идею опорочить конкурентов, пытаются донести до читателей авторы — признанные специалисты моторного ремонта. Интересно, сможет ли кто-то аргументированно опровергнуть выводы данной статьи?

«ПЛАСТИЛИНОВЫЕ» СТАНКИ, ИЛИ НАСКОЛЬКО СЕРЬЕЗЕН ВОПРОС ВЫБОРА СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

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

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

СЕМЕН ГРУЗИНСКИЙ, главный конструктор фирмы
«АБ-Инжиниринг»

Сегодня, когда качество ремонта двигателей выходит на первый план, многие специализированные предприятия начали оснащаться новым станочным оборудованием. Что, на самом деле, не может не радовать — наконец-то в нашу страну приходят современные технологии ремонта на смену «дедушкиным» методам, приспособлениям и инструментам, с которыми к хорошему мотору лучше не подходить. И выбор оборудования большой — бери, что хочешь, скорее, делай быстрее...

Но, как известно, бочка меда далеко не всегда обходится без ложки дегтя. А деготь в том, что среди большого числа красивых иностранных станков с непонятными, но благозвучными названиями не все отвечают в полной мере требованиям к точности обработки. Другими словами, выбор-то есть, а вот правильно выбрать трудно. Более того, как показывает практика, ошибиться легче простого, и тогда будет немного жаль «бесцельно прожитые годы», а точнее — зря потраченные деньги...

Интересно, что многие продавцы оборудования прекрасно осведомлены о недостатках

своего товара, но намеренно не информируют об этом покупателей, предпочитая рассказывать им разные «сказки» о прямо-таки волшебной точности, вместо того чтобы проводить реальный и серьезный анализ применяемых схем и методов обработки.

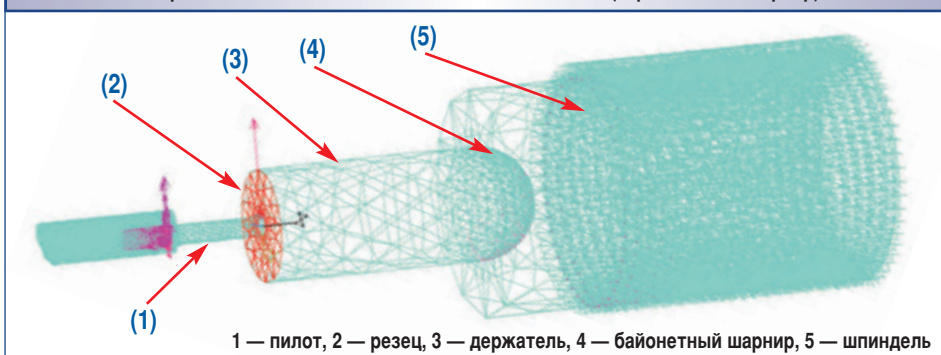
Именно такая ситуация, на наш взгляд, складывается в последнее время с оборудованием для ремонта головок блока цилиндров. В нашей статье «Цена несоосности» (№ 12/2005) мы уже упоминали о том, что современные моторы с тонкими стержнями клапанов требуют особого подхода при ремонте. По крайней мере, боль-



шинство станков, выпускаемых многими фирмами во всем мире, подходят для этой цели лишь с большими оговорками. К сожалению, обсуждение статьи в широких массах специалистов моторного ремонта показало, что большинство восприняли ее как примитивную рекламу, направленную на продвижение марки SERDI на российском рынке.

Однако некоторые из наших оппонентов забыли одну простую вещь — мы не первый год занимаемся моторным ремонтом, чтобы отличить красивую, но малополезную «поделку» от серьезного станка. И выбирали оборудование для своих цехов не с бухты-баракты, не по совету «доброе дяди-продавца» (который обычно рекомендует по принципу «сам не хочу, но другим советую»), а исходя из собственного опыта и детального анализа технических характеристик станков и особенностей работы оборудования различных производителей. И именно по

Это расчетная схема шпинделя байонетной системы (хорошо виден шарнир).



этой причине мы решили подойти к вопросу сравнения станков и их технических характеристик со всей серьезностью — с применением самых современных математических методов.

Кто? Где? Когда?

Итак, вначале о постановке задачи. Как известно, при обработке седла клапана на специализированном станке (как и на любом другом) резец имеет свойство «отжиматься» от обрабатываемой поверхности, причем тем больше, чем выше ее твердость. К чему этот отжим приводит, понятно — резец хуже исправляет биение седла относительно направляющей втулки. А почему возникает отжим? Тоже ясно — по причине недостаточной жесткости известной технологам системы «станок-приспособление-инструмент-деталь».

Так вот, тот станок, у которого жесткость указанной системы выше, обработает седло точнее — форма обрабатываемой поверхности седла и его соосность относительно базовой (отверстие направляющей втулки) будут лучше. Напротив, станок с низкой жесткостью при обработке седла, несоосного с направляющей втулкой, не сможет полностью устранить эту несоосность — при увеличении силы резания резец легко «отжмет» от обрабатываемой поверхности. В результате резец погладит поверхность, сделает ее красивой, но... несоосность останется. Поэтому для сравнения станков необязательно сразу углубляться в их устройство и особенности эксплуатации, возможно, надо просто по определенной методике сравнить жесткость разных станков, чтобы найти лучший...

А какие на сегодняшний день есть станки? Даже беглый взгляд на оборудование для ремонта ГБЦ, выпускаемое в мире, показывает, что наибольшее распространение получили две схемы. Одна из них — это жесткое крепление на шпинделе держателя инструмента с цилиндрическим пилотом, имеющим зазор в направляющей втулке.

Другая схема нашла более многочисленных сторонников. В станках этих производителей держатель инструмента соединен со шпинделем шарнирно с помощью так называемого байонетного соединения (подробно схема описана в статье «Цена несоосности»).



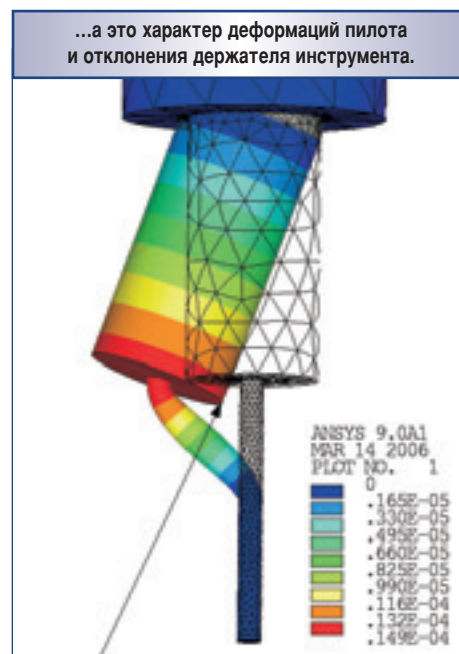
Станки обоих типов должны выполнять одну и ту же работу — обрабатывать седла головок блока цилиндров. Но у нас с самого начала изучения проблемы возникли сомнения в том, что станки с байонетным соединением могут это делать хорошо. С нами в полемику вступили отдельные, и весьма известные специалисты, которые утверждали обратное — такая схема отлично работает. И обвинили нас в непонимании сути дела, в нечестности и даже в нарушении чести и достоинства. Мы, якобы, потревожили уже сформировавшийся рынок и сложившиеся на этом рынке стереотипы и взгляды на технологии и оборудование.

Такая постановка вопроса вызвала у нас естественную реакцию, которую наши оппоненты вполне могли предсказать, — мы не только не отступили, а, напротив, еще больше погрузились в полемику и исследования, чтобы раз и навсегда поставить точку. И нам это удалось. Более того, результаты, которые мы получили, оказались не просто конечной точкой спора, а сенсацией, которой заинтересовались некоторые иностранные производители станков для ремонта головок.

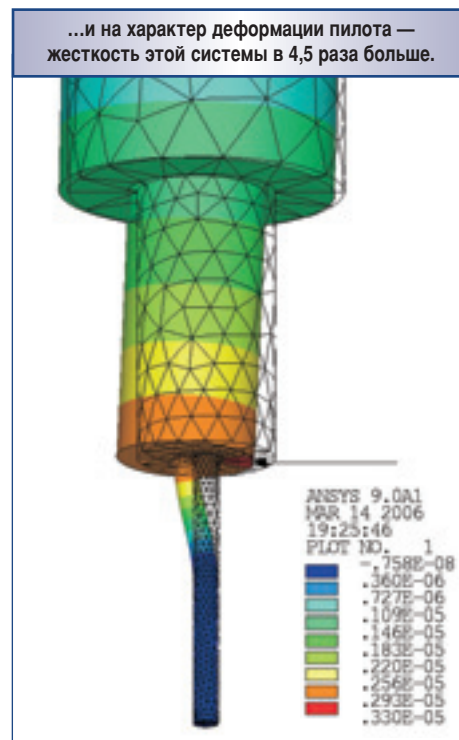
Жесткость? А вы как думаете?

Итак, начинаем наше исследование, в котором будем пытаться сравнить жесткости систем «шпиндель-пилот» в двух указанных схемах. Повторим еще раз: жесткость в нашем понимании это — способность системы противостоять отжиму резца от поверхности седла в процессе обработки. Очевидно, чем жесткость выше, тем точнее обработка. При этом, чем меньше деформация системы, тем более точно резец будет держать соосность седла относительно втулки. Как очевидно и обратное — чем меньше жесткость, тем хуже резец сможет исправить несоосность седла, имевшую место перед обработкой.

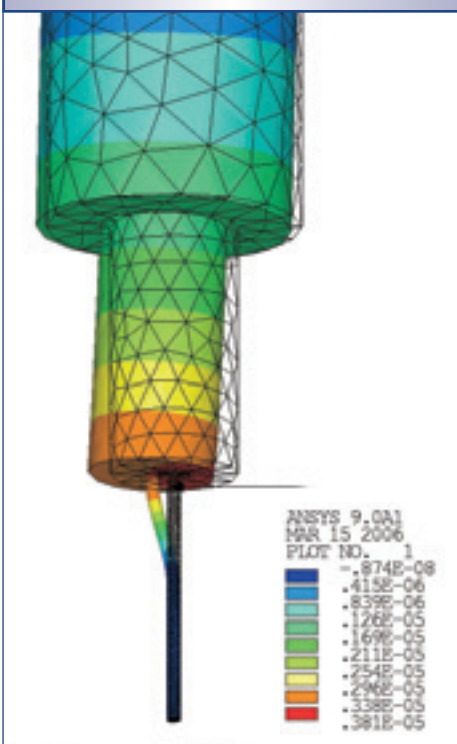
Таким образом, для оценки жесткости надо шпиндели обоих систем нагрузить в месте крепления резца одной и той же поперечной силой и посмотреть, насколько они деформируются. Для этого мы, дабы поставить обе схемы в одинаковые условия, использовали одинаковые шпиндели и одинаковые пилоты.



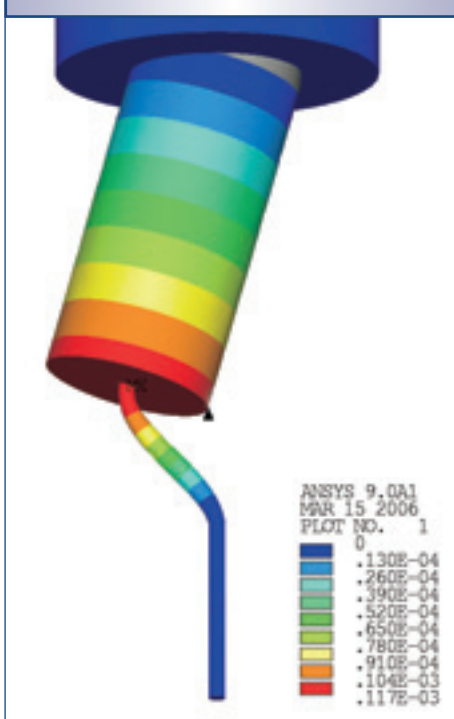
Другие особенности нашей задачи. Для простоты мы принимали, что в подвижных соединениях типа «пилот-втулка» скольжение есть, а зазора нет. Это обязательное условие, иначе на результаты расчетов повлияют зазоры (а они, как говорится, «отдельная песня»). Шпиндель был взят полый, диаметром 80 мм с толщиной стенки 7 мм, а на высоте от резца 250 мм (по схеме жесткого крепления) и 120 мм (с байонетным креплением) он вставлен в неподвижную втулку (пиноль). Пилоты — оба диаметром 7 мм — имели скользящую посадку в нужных местах, как и в реальной жизни. Высота седла от направляющей втулки также одинакова и равна 35 мм.



При уменьшении диаметра пилота с 7 до 4 мм жесткость безшарнирного станка уменьшилась только на 15%.



Такое же уменьшение диаметра пилота в схеме с шарниром сделало этот станок «пластилиновым» — по жесткости он стал уступать первому в 30 раз!



стоять усилию от резца так, как это делает мощный шпиндель. Жесткая система боковую нагрузку воспринимает шпинделем с небольшой степенью опоры на пилот. Фактически шпиндель тут работает как мощная балка, жестко закрепленная с одной стороны и опирающаяся на тонкий пилот — с другой.

В схеме с шарниром он развязывает держатель и шпиндель. Тогда какой мощный шпиндель ни делай, и где его ни крепишь, держатель (опирающийся с одной стороны на шарнир, а с другой — на тонкий пилот) при боковой нагрузке просто повернется в шарнире, резко нагрузив пилот. В результате шпиндель останется практически ненагруженным, в то время как нагрузки на пилот (и его деформации) резко возрастут. Такая «хлипкость» конструкции и привела к значительному (в 4,5 раза) росту деформации в зоне расположения резца.

«Пластилиновый» такой станочек...

Учитывая найденные характер и причины деформаций, интересно посмотреть, что будет при уменьшении диаметра пилота. Во всяком случае разница в жесткости конструкций должна увеличиться еще больше. К примеру, некоторые производители декларируют отличную работу своих станков до размера пилота в 4 мм! Что ж, проверим, насколько обоснованы эти декларации.

Опять переходим к нашей модели, но диаметр пилота уменьшаем до 4 мм. И получаем просто

В процессе расчетов шарнирной схемы выявилась некоторая сложность — решение не сходилось из-за потери контакта между деталями шарнира. Пришлось немного (всего с силой 2,5 кг), прижать держатель к шпинделю. Это подтвердило, в частности, необходимость наличия пружины в этой схеме.

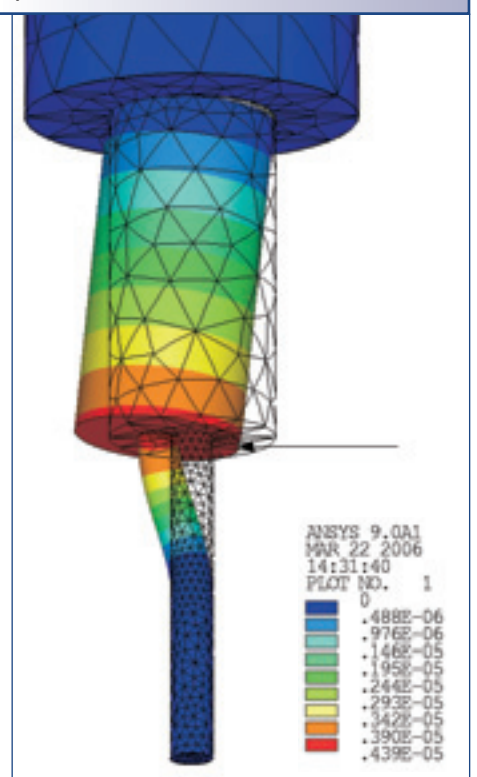
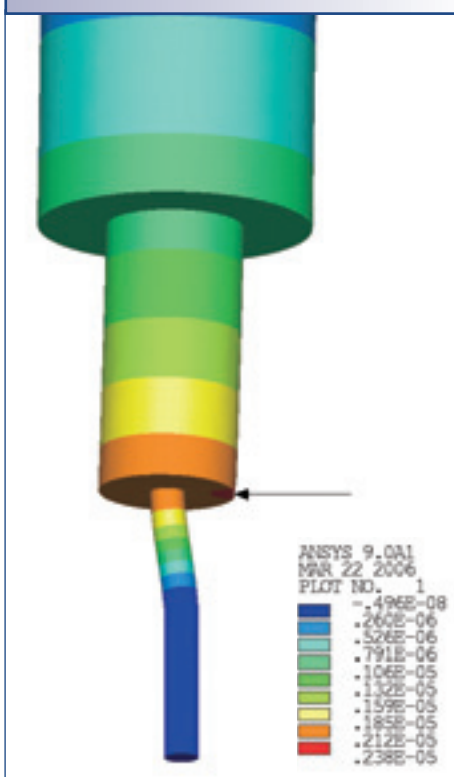
Нагружали шпиндели одинаковой поперечной силой (точечной нагрузкой) всего-навсего 10 кг. Место приложения силы — нижний край держателя инструмента, примерно там и расположен резец. Далее было выполнено конечно-элементное моделирование обеих схем, которое включало в себя разбиение их на конечные элементы с помощью универсального сеткообразователя (порядка 40 тысяч элементов для каждой модели). Ну а затем был проведен сам вычислительный эксперимент, в процессе которого мы получили решение (значение напряженно-деформированного состояния конструкции) методом итераций. Результаты его представлены в виде так называемых контурных графиков, при этом масштаб деформаций для большей наглядности мы выбрали 2000:1 в обоих случаях. Это значит, что реальные деформации (они справа, даны в метрах и в зависимости от значения обозначены разным цветом) на графиках увеличены в 2000 раз.

Посмотрите на цветные диаграммы. Видно, что перемещение (отжим) резца в схеме без шарнира (0,0033 мм) примерно в четыре с половиной раза меньше, чем перемещение резца в схеме с шарниром (0,0149 мм). Соответственно, больше и напряжения — пилот больше напряжен при

шарнирной системе. Даже несмотря на то, что шпиндель в схеме без шарнира нагружен больше.

И разница эта понятна — в первой схеме жесткость во многом обеспечивается толстым шпинделем, а во второй, в основном, тонким пилотом. А тонкий пилот не может противо-

При диаметре пилота 10 мм разница между жесткой (а) и шарнирной (б) системами уменьшилась до двух раз.



ужасающую картину — разница в деформациях (а фактически, в жесткости) выросла более чем в пять раз и составила 30!!! При этом деформации в жесткой схеме изменились очень незначительно и выросли всего на 15%. Это полностью подтвердило наши предположения о том, что в такой схеме жесткость задает мощный шпиндель, а пилот играет только вспомогательную роль. Поэтому уменьшение диаметра пилота с 7 до 4 мм почти не повлияло на величину деформации системы при заданной боковой нагрузке (10 кг) — она возросла с 3,3 до 3,8 мкм.

Совершенно противоположная картина наблюдается в системе с шарниром. Согласно нашей гипотезе, в этой схеме ее жесткость зависит от диаметра пилота. И гипотеза полностью подтвердилась — при уменьшении диаметра пилота с 7 до 4 мм величина деформации при заданной боковой нагрузке возросла с 0,0149 до 0,117 мм, т.е. в почти в восемь раз! В итоге проигрыш этой схемы в жесткости составил уже не 4,5, а 30 раз! Такие огромные деформации от «копеечной» нагрузки 10 кг даже не позволили изобразить их в выбранном масштабе 2000:1 — пришлось уменьшить масштаб в 10 раз, до 200:1. Теперь ни о какой способности обрабатывать на этих станках седла многоклапанных головок не может быть и речи — эти станки максимум на что способны, так это только гладить седло, «не причиняя» ему никакой соосности относительно направляющей втулки.

Таким образом, полученный нами результат гласит — чем меньше диаметр пилота, тем больше схема с шарниром уступает в жесткости схеме, в которой он отсутствует. А это как раз то, о чем мы говорили не раз, в том числе и в статьях, которые некоторые мотористы, видимо, по недомыслию, приняли за рекламу.

И нет ничего удивительного в том, что, получив такие результаты, мы во всеуслышание объявили схему с байонетным соединением «пластилиновой». А заодно назвали «пластилиновыми» и все станки, работающие по этой схеме. Почему? А давайте разберемся...

Шумел камыш...

Беда, как выясняется, у раскритикованной нами схемы не только с многоклапанными головками легковых автомобилей. Современные моторы грузовиков тоже не подарок — многие из них тоже стали многоклапанными, диаметры клапанов уменьшились, а твердость седел возросла. В этой ситуации жесткость станка стала определяющей, что вынуждает фирмы выпускать специальные станки для грузовых автомобилей и тяжелой техники. А что может пилот в станке с шарниром сделать с хорошим седлом в хорошей грузовой головке блока? Да ничего не может, только гнуться под тяжестью усилий резания, как камыш от ветра.

Вот и остается нашему бедному станочку жалкий удел — старые машинки с отжившими свой век моторчиками. Те, которые выпущены 30 или 40 лет назад и для ремонта которых этот станочек и предназначался в те же годы. А что делать — технический прогресс похоронил много старых идей, бывших в свое время весьма и весьма передовыми...

Вывод из всего этого совершенно очевиден — раз система без шарнира обладает во много раз большей жесткостью (а при малых диаметрах пилота разница просто катастрофическая!), то заведомо будет работать с несоизмеримо большей точностью. Более того, применение «пластилиновых» станков на практике в некоторых случаях может вообще оказаться невозможным. И совершенно неважно, какой такой патентованный супершарнир применен в последних станках — пороки схемы уменьшить он никак не может.

В этой ситуации дальнейшее продвижение этих волшебных станочков, в том числе и на российском рынке, без подробного информирования и акцентирования внимания покупателей на их ограниченной работоспособности ничем, кроме обмана или нечестной игры, назвать не получается.

Купите... на грош пятак

Несмотря на очевидные недостатки шарнирной схемы, среди специалистов нашлось немало рьяных сторонников подобных станков. Но мы заметили одну их волшебную хитрость — чем больше (прямо с пеной у рта) тот или иной спе-

циалист защищает преимущества таких станков, тем меньше он связан с ними. А некоторые защитнички, как выяснилось, вообще работают на станках без шарниров.

Такой цинизм у нас вызвал не просто недоумение — возмущение! Эти горе-специалисты убеждают других в том, что белое — это черное? Как говорится, «не верь глазам своим»? Или действуют по уже упомянутому принципу «сам не хочу, но другим советую»?

Еще интересней, когда обсуждение стараются свести к демагогии. Смысл такой — хорошо, вы провели расчет, там видно, что без шарнира лучше... Но... вы докажите, что действительно лучше. Во как — доказали, но все равно убедите!

Все это, конечно, было бы смешно, если бы не было так грустно. Потому что эти горе-специалисты обманывают, водят за нос, а проща говоря, откровенно дурят тех, кто еще не имеет необходимого опыта, а потому и пришел за советом к «старшим товарищам». Но эти, так называемые «старшие», при ближайшем рассмотрении, выступают в роли совсем «не товарищей»... И люди после их обработки потратят немалые деньги, возможно, несколько десятков тысяч евро, чтобы купить то, чем в отдельных случаях просто нельзя пользоваться. И такие примеры, к сожалению, уже появились.

Но это все, как говорится, лирика. Главный вопрос — какое оборудование лучше, а какое пригодно для нормальной работы с большой оговоркой, мы выяснили однозначно, окончательно и бесповоротно. Ну а что покупать для своего цеха — это решение предлагаем каждому найти в качестве домашнего задания и принять самостоятельно... **АБС**

Обсуждение этой проблемы подробнее можно посмотреть в Интернете на сайте специализированного моторного центра «АБ-Инжиниринг». www.ab-engine.ru

