

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ОБОРУДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ КЛАПАННЫХ СЕДЕЛ В ГОЛОВКАХ ЦИЛИНДРОВ ДВС



XXI Международный Конгресс Двигателестроителей

Постановка проблемы обработки седла клапана

Задачи при обработке седла клапана в производстве и ремонте ДВС:

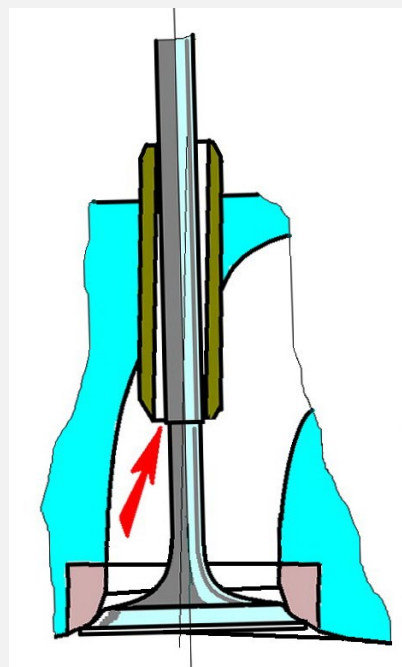
- обеспечить (восстановить) строгую соосность рабочей фаски седла относительно отверстия направляющей втулки,
- обеспечить (восстановить) заданную форму седла.

Особенности:

- ❖ по тому, насколько точно тот или иной станок выполняет данные задачи, можно судить о его применимости и точности,
- ❖ выпускается широкий спектр станков для обработки седел, имеющих достаточно широкий диапазон конструктивных особенностей, оснащения и стоимости, что затрудняет правильный выбор оборудования и влечет за собой риск приобретения необоснованно дорогих и/или даже непригодных для выполнения тех или иных производственных задач,
- ❖ влияние различных факторов на точность обработки седла тем больше, чем меньше размеры деталей.

Цель работы:

- путем моделирования напряженно-деформированного состояния шпиндельной системы станков для обработки седел найти эффективные критерии выбора конструктивной схемы и обосновать область применения выбранного оборудования еще на этапе маркетингового исследования рынка.

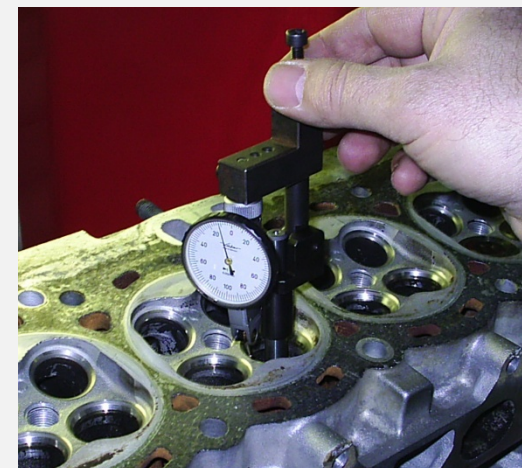


Особенности геометрии узла сопряжения клапана с седлом

Несоосность седла и направляющей втулки как следствие дефекта или повреждения седла клапана

Источники несоосности:

- неточность обработки при производстве - несоосность вследствие погрешностей обработки (мультипликация погрешности),
- износ и/или повреждение деталей в эксплуатации - несоосность вследствие износа и/или деформации стержня клапана, направляющей втулки и седла,
- ошибки при восстановительном ремонте – применение несоответствующего оборудования.



Особенность проблемы – сложность контроля несоосности (взаимное биение), неочевидность дефекта обработки и его причины.

Количественная оценка – сравнение величины биения седла с величиной зазора стержня клапана в отверстии направляющей втулки.

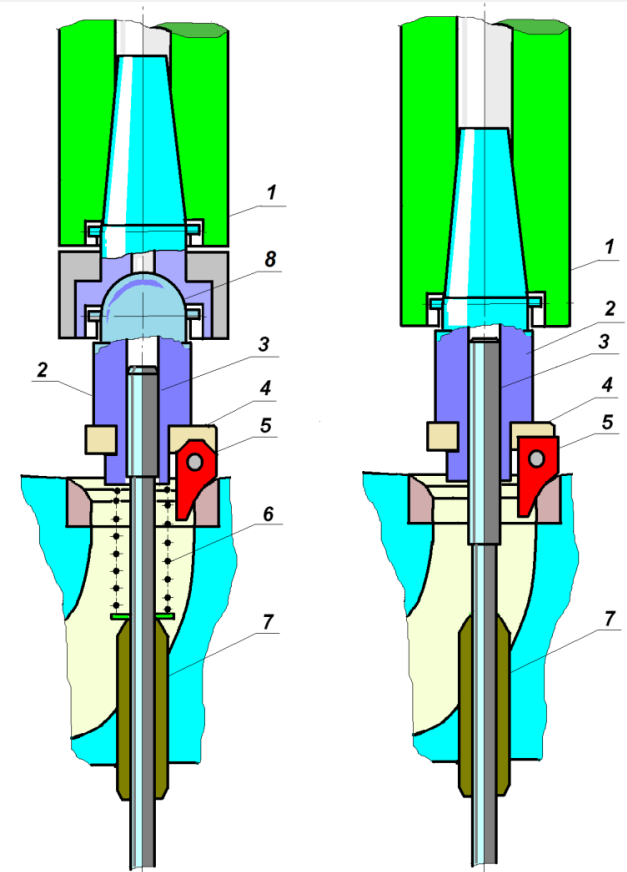
Требования к оборудованию – необходимость операции центрирования инструмента относительно отверстия направляющей втулки перед обработкой.

Вывод – непригодность универсальных станков, необходимость применения специализированного оборудования.

Конструктивные схемы станков для обработки седел

Шарнирная схема - держатель резца соединен со шпинделем шарнирно с помощью так называемого байонетного соединения, а направляющий пилот, плотно сидящий в направляющей втулке клапана, установлен в держатель резца с малым зазором.

Жесткая схема - предусматривает жесткое крепление на шпинделе элементов режуще-центрирующей части – держателя с резцом и цилиндрическим направляющим пилотом, имеющим малый зазор в направляющей втулке.

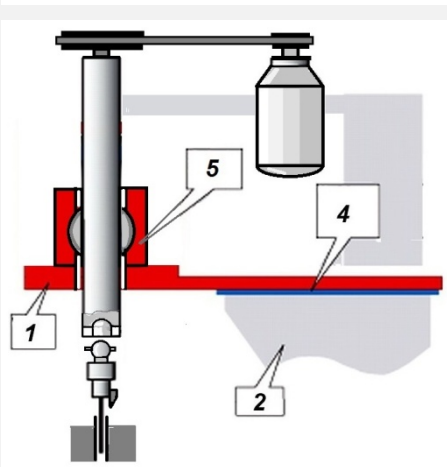
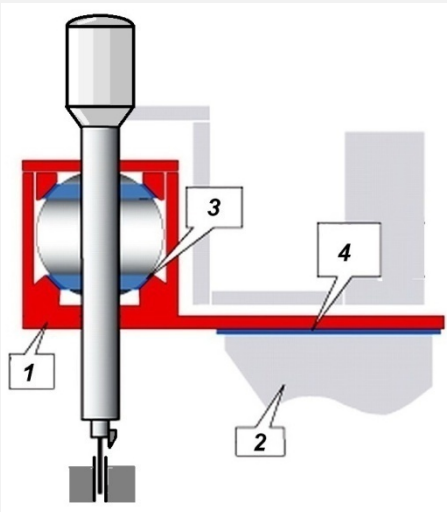


Байонетный шарнир

Жесткая система

1-шпиндель, 2- держатель, 3- пилот, 4- держатель резца, 5- профильный резец, 6- пружина, 7- направляющая втулка, 8- байонетный шарнир.

Предварительное центрирование инструмента как главная особенность специализированных станков для обработки седел



Жесткая схема - инструмент центрируется в сборе со шпинделем (центрируется весь шпиндельный узел) по отверстию направляющей втулки с помощью:

- воздушных подушек – плоской и сферической, или
- системы с ЧПУ и направляющим пилотом в качестве чувствительного элемента.

Точность центрирования зависит от многих факторов.

Шарнирная схема - центровка инструмента по отверстию направляющей втулки выполняется отдельно от шпинделя (центрируется только инструмент), далее с помощью шарнира осуществляется соединение инструмента и предварительно выровненного шпинделя.

Очень точное центрирование.

1- рабочая бабка, 2- станина, 3 – сферическая воздушная подушка, 4- плоская воздушная подушка, 5- шарнир.

Технологический процесс обработки седла в головке цилиндров

Особенность:

- точение седла профильным 3-угловым резцом .

Основные проблемы:

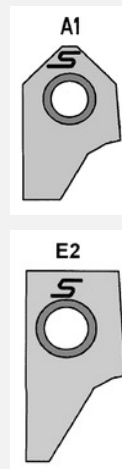
- ❖ несоосность рабочей фаски седла и отверстия направляющей втулки (при точном центрировании инструмента),
- ❖ дробление резца,

Возможные причины:

- недостаточная жесткость шпиндельной системы

Возможное решение:

- ✓ выбор определенного типа оборудования для конкретной задачи путем моделирования напряженно-деформированного состояния шпиндельной системы



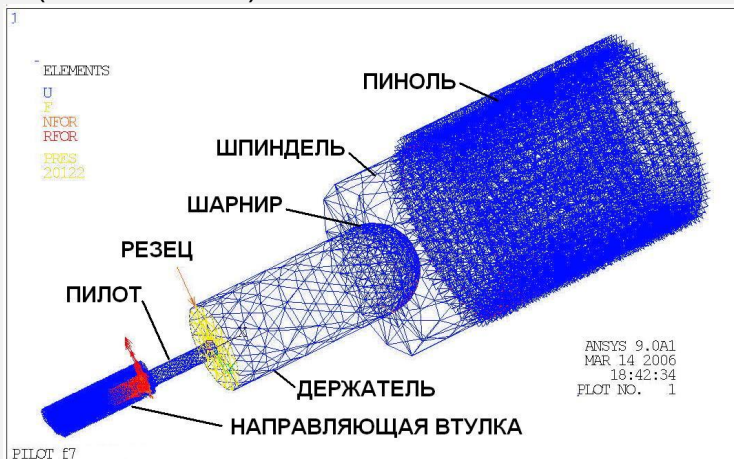
Особенности моделирования:

- ❑ одинаковый инструмент на всех рассматриваемых типах станков (профильный резец),
- ❑ одинаковая геометрия обрабатываемой детали (одинаковые диаметры седла и направляющей втулки),
- ❑ единичная нормальная сила, приложенная к резцу – прочие составляющие силы резания не учитываются,
- ❑ Сравнение жесткости (податливости) шпиндельных систем в одинаковых условиях устраняет необходимость учитывать при моделировании большое количество факторов.

Расчет напряженно-деформированного состояния шпиндельной части станка для обработки седел

Расчетная модель:

- программный комплекс ANSYS,
- разбиение шпиндельной системы на элементы (около 40.000).

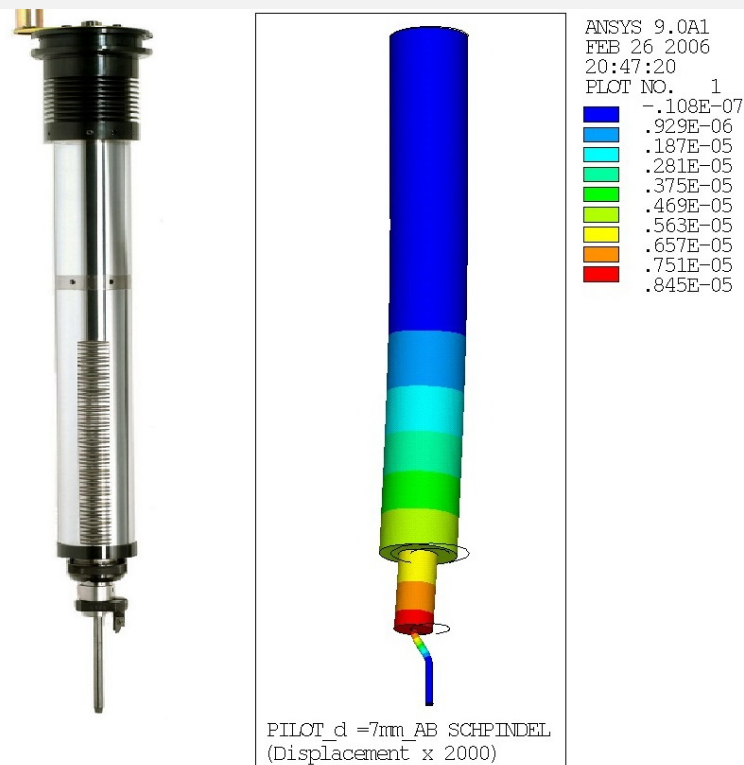


Основные допущения модели:

- пилот в направляющей втулке имеет скользящую беззазорную посадку,
- пиноль, седло и направляющая втулка недеформируемые,
- шпиндель зажат неподвижно в пиноли,
- коэффициенты трения соответствуют скольжению стальных гладких поверхностей в присутствии смазки.

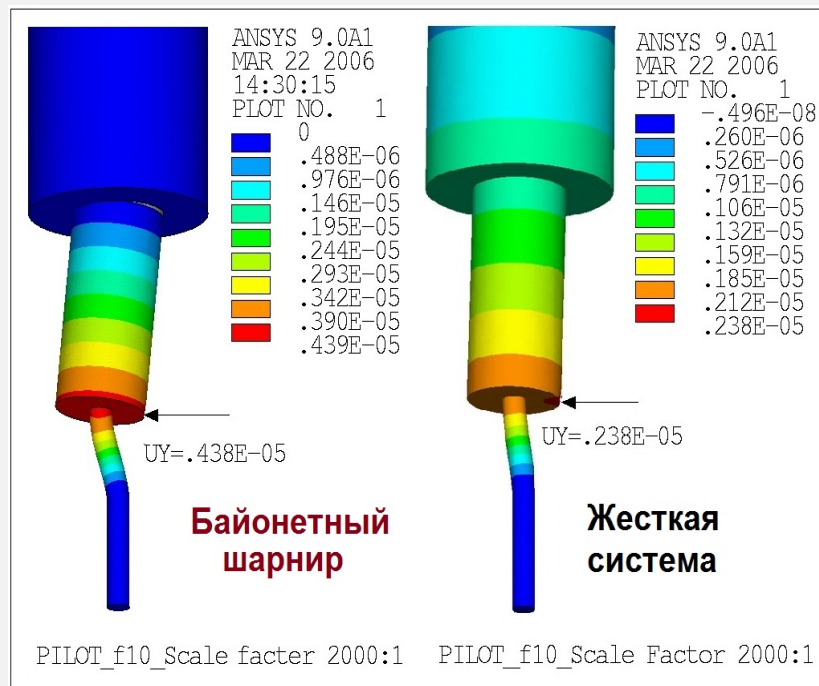
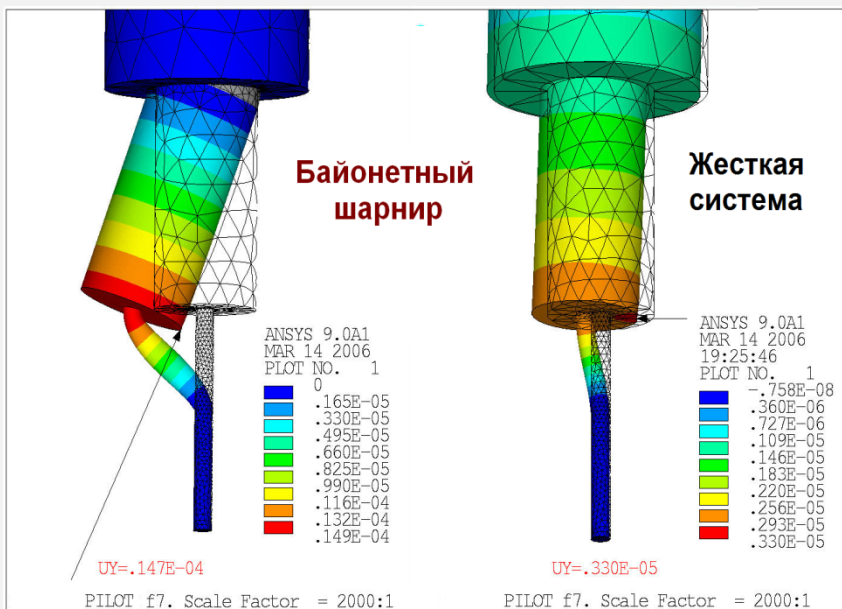
Результат:

- контурные диаграммы в масштабе 2000:1



Сравнение жесткости (податливости) различных конструктивных схем станков

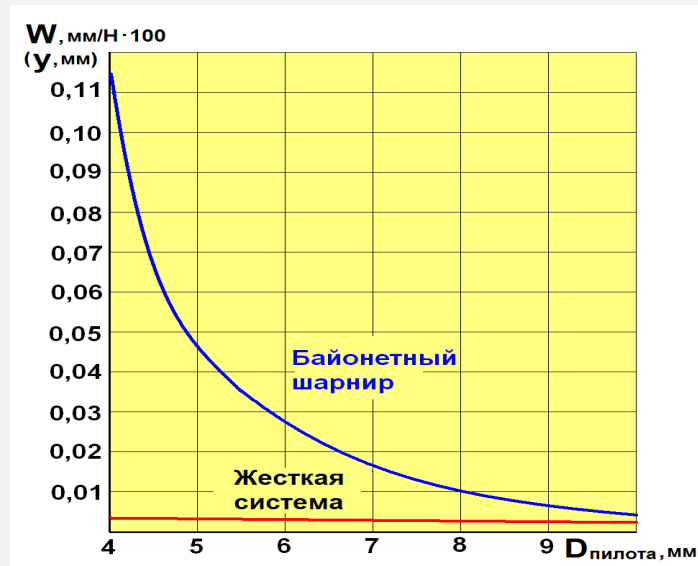
- при диаметре пилота 7 мм податливость в жесткой схеме без шарнира примерно в 4,5 раза меньше, чем податливость в схеме с шаровым шарниром,
- при уменьшении диаметра пилота с 7 мм до 4 мм разница в податливости (жесткости) шарнирной и жесткой схем выросла еще более чем в пять раз и достигла 30.



- ❖ при увеличении диаметра пилота разница в жесткости (податливости) схем быстро уменьшается, и при диаметре стержня клапана свыше 9-10 мм практически становится незначительной.

Выводы

- ❖ Чем меньше диаметр направляющего пилота (стержня клапана), тем больше шарнирная схема станка уступает жесткой схеме в податливости.
- ❖ Жесткая конструктивная схема обладает одинаково высокой жесткостью и точностью во всем диапазоне размеров клапанов и седел,
- ❖ Шарнирная схема фактически оказывается малоэффективной для обработки седел двигателей с малым диаметром стержня клапана (менее 7 мм) и может эффективно применяться только при больших диаметрах стержня клапана, 9-10 мм и более.
- ❖ Полученные результаты позволяют определить области применения станков данного типа: станки жесткой схемы обладают универсальностью во всем диапазоне областей возможного применения, в то время как станки шарнирной схемы целесообразно применять для обработки седел больших дизелей, а также старых двигателей, выпущенных 20-40 и более лет назад.



- ❖ Полученные данные объясняют известный из практики факт, почему на станках с шарнирной шпиндельной системой при малых диаметрах пилота резец преимущественно "гладит" седла, а устранение несоосности рабочей фаски седла относительно направляющей втулки возможно только частично и, главным образом, лишь путем длительного "выхаживания".