

УДК 621.43.001.4

А.А. Зотов, инж., Ю.А. Гусев, канд. техн. наук, А.В. Белозуб, канд. техн. наук

К ВОПРОСУ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОРШНЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

С момента создания первого двигателя внутреннего сгорания (ДВС) прослеживается четкая тенденция роста удельных показателей двигателя, например, такого параметра как удельная мощность. В связи с этим, детали современных двигателей испытывают все большие нагрузки, что, в свою очередь, требует более тщательного подхода при их проектировании, т.к. надежность отдельного узла (детали) определяет работоспособность двигателя в целом.

Одной из основных деталей ДВС является поршень. При проектировании поршней особое внимание уделяется такому важному элементу, как боышка в районе отверстия под поршневой палец, и, в частности, внутренней кромке этого отверстия, являющейся концентратором напряжений (рис.1).

Опыт эксплуатации и результаты расчетов напряженно-деформированного состояния поршня [1,2] показывают, что это место является наиболее нагруженным (рис.2) и часто именно тут происходит разрушение поршня. Для того чтобы устранить концентратор напряжений, кромку скругляют или делают фаску (рис.3, а, б). Но наиболее эффективным методом является коническая расточка части отверстия под поршневой палец на значительную глубину с малым углом конусности (рис.3, в). В этом случае удастся не только разгрузить саму кромку, но и добиться более равномерного нагружения отверстия под поршневой палец по длине.

Обычно параметры такой расточки определяются в ходе оптимизационных расчетов поршня. Однако это требует проведения большого количества уточняющих расчетов и больших затрат времени.

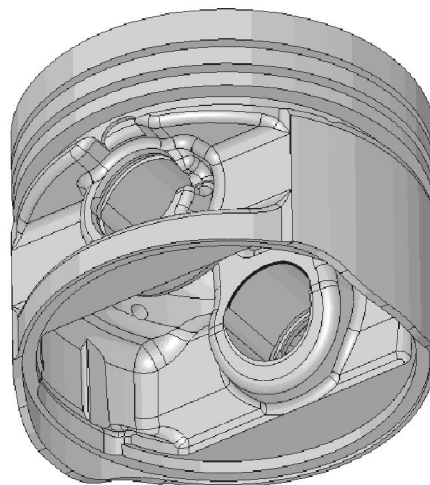


Рис.1. Поршень ДВС

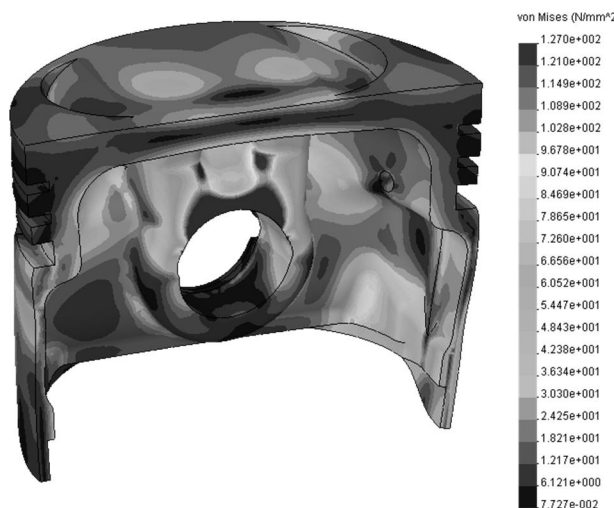


Рис.2. Поле напряжений

При проектировании поршня для двигателя ЗМЗ-406 была проведена оптимизационная работа по определению наиболее оптимальных параметров конусной расточки. Результаты этой работы позволяют сузить рамки поиска оптимальных размеров расточки.

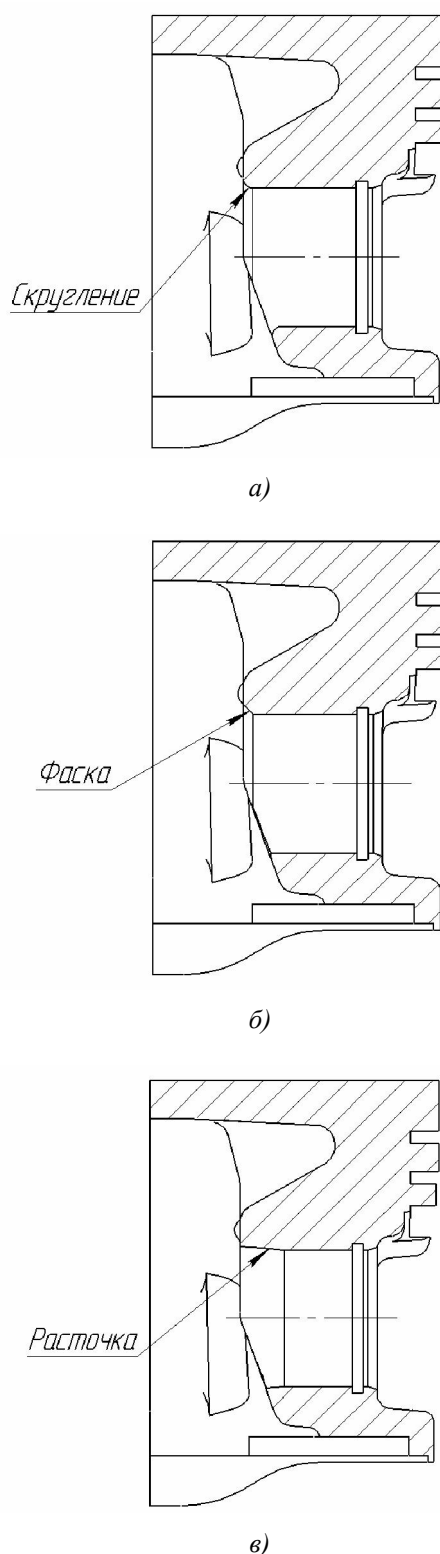


Рис.3. Варианты исполнения отверстия под поршневой палец: а – со скруглением; б – с фаской; в – с расточкой

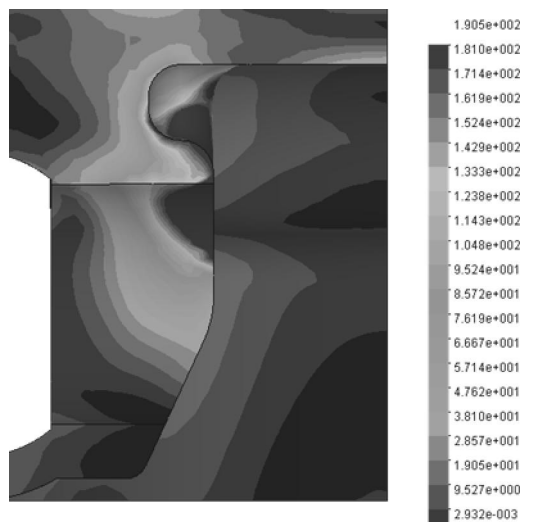
На рис.4 представлены результаты расчета поршня с гладким отверстием и с отверстием, в котором выполнена расточка. Для данного конкретного случая наиболее оптимальной оказалась расточка на глубину 10 мм и углом 35 минут. При этом диаметр отверстия составляет 22 мм, а рабочая длина опорной поверхности 15 мм. Таким образом, рекомендуемая глубина расточки составляет приблизительно 60 - 70 % от рабочей длины опорной поверхности. Более точное значение этого параметра необходимо уточнить в ходе оптимизационного расчета. Угол расточки может варьироваться в пределах 20 – 40 минут. Что также является уточняемым параметром и зависит в первую очередь от жесткости поршневого пальца.

Применение конусной расточки позволяет снизить напряжения в отверстии под поршневой палец почти в два раза и сместить область высоких напряжений в глубину отверстия, разгрузив тем самым внутреннюю кромку.

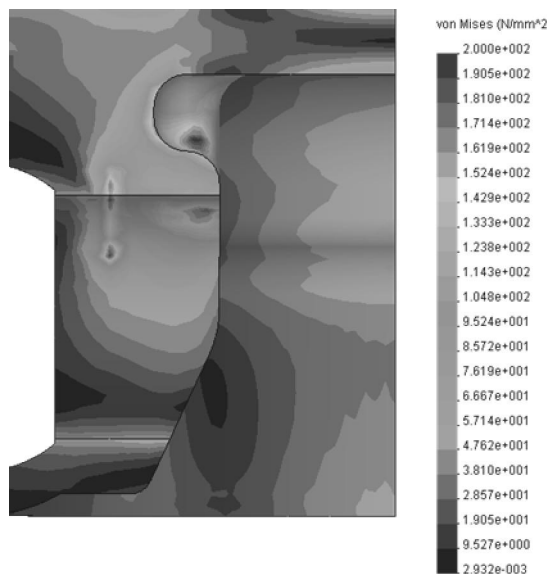
Однако, ввиду сложности выполнения конусной расточки малой конусности в отверстиях под поршневой палец сравнительно небольшого диаметра (менее 30 мм), данное конструкторское решение не может широко применяться на производстве. Альтернативным вариантом является выполнение профильной расточки на поршневом пальце. Это является более технологичным методом, а также упрощает проведение контроля на готовом изделии, хотя в любом случае приводит к усложнению изготовления. Как показывают расчеты (рис.5), результат получился аналогичным выше описанному результату расчета, приведенному на рис.4, б, когда расточка проводилась в отверстии под поршневой палец.

Таким образом, более рациональным является использование поршня с гладким отверстием и профилированного пальца. Применение этого решения целесообразно для сильно нагруженных поршней высокофорсированных двигателей или в случае ис-

пользования поршневого пальца недостаточно большого диаметра, когда не удастся другими способами снизить величину напряжений, действующих в отверстии под поршневой палец, особенно на внутренней кромке. В остальных случаях пригодны более простые варианты с выполнением фаски или скругления, которые рекомендуется заложить в конструкцию отливки для снижения трудоемкости выполнения отверстия в бобышке поршня.



а)



б)

Рис. 4. Распределение напряжений в различных вариантах исполнения отверстия под поршневой палец: а – гладкое; б – с расточкой

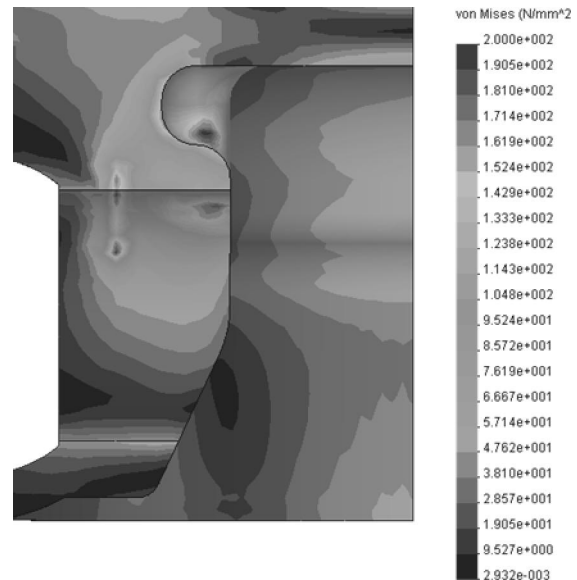


Рис. 5. Распределение напряжений в случае использования поршневого пальца с профилированной наружной поверхностью

На большей части поршней, спроектированных на ОАО "АВТРАМАТ", используется именно этот метод борьбы с концентратором напряжений как наиболее доступный и достаточно эффективный.

Список литературы:

1. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для студентов ВТУЗов, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" / Вырубов Д.Н., Ефимов С.И., Иващенко Н.А. и др. / Под ред. А.С. Орлина, М.Г.Круглова. - изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1984, - 384 с., ил. 2. Некоторые аспекты проектирования тонкостенных поршней / А.В. Белогуб, А.А. Зотов, Ю.А. Гусев // *Авіаційно-космічна техніка і технологія. Збірник наукових праць. Випуск 37/2.* – Харків, "ХАІ", 2003. - С. 51-54.