

УДК 539.3

Д.С. Михалюк (4 курс, каф. МПУ), А.И.Боровков, к.т.н., проф.

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРЕССА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Исследование сосудов высокого давления с точки зрения прочности и выявления возможностей оптимизации представляет значительный интерес для организаций из различных областей промышленности, в частности, для фирм, специализирующихся в области синтеза искусственных алмазов. Многовариантные исследования напряженно-деформированного состояния в настоящее время могут быть проведены лишь с использованием современных CAD/CAE технологий и программных систем, основанных на методе конечных элементов.

В работе выполнено КЭ исследование корпусных деталей установки высокого давления «Кристалл». Общий вид установки «Кристалл» представлен на рис. 1. Установка «Кристалл» состоит из двух полуколец затвора, а также верхнего и нижнего полукорпусов. Внутренняя поверхность полукорпусов в сопряженном состоянии представляет собой сферу.

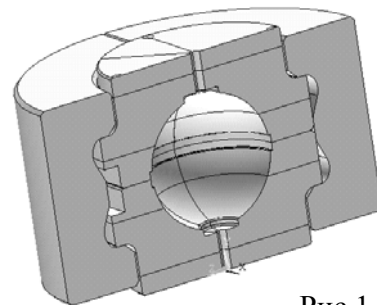


Рис.1

Нагрузкой для установки является внутреннее давление, равномерно распределенное по внутренним полусферическим поверхностям полукорпусов. Вследствие приложенной нагрузки верхний и нижний полукорпуса стремятся разъединиться, чему препятствуют полукольца затвора. Между верхним и нижним полукорпусом и полукольцами затвора возникает пространственное контактное взаимодействие. Элементы конструкции выполнены из стали 38ХНЗМФА с механическими свойствами: $\sigma_{0,2}=950$ МПа, $E=2*10^{11}$ Па/мм², $\nu=0.3$. Все расчеты проведены с помощью программной системы конечно-элементного анализа ANSYS 5.5.

В силу существующей симметрии в расчетных исследованиях рассматривалась только половина конструкции. Пространственная КЭ модель содержит 42740 8-узловых конечных элементов. Наличие в конструкции контактного взаимодействия делает задачу нелинейной и для ее решения применен инкрементально-итерационный метод – комбинация метода последовательных нагружений и итерационного метода Ньютона-Рафсона. При анализе полученных результатов выявлены основные зоны концентрации напряжений – разгружающие закругления в полукорпусе и затворе и области по краям контактных площадок. В зонах концентрации контактных давлений, где $\sigma_i > \sigma_{0,2}$ наблюдается пластическое деформирование материала. Проблема снижения уровня контактных давлений должна решаться путем детального выбора радиусов закруглений на краях контактной зоны, а также выбором ширины контактной площадки. Разгружающие закругления в полукорпусе и затворе являются наиболее опасными зонами концентрации напряжений в конструкции и одной из важнейших задач является снижение общего уровня напряжений в этих зонах.

Перепускные каналы, влияние которых не учитывалось при КЭ решении трехмерной макрозадачи также являются концентраторами напряжений и определение локального пространственного напряженно-деформированного состояния вблизи перепускных каналов потре-

бовало отдельного исследования. Для эффективного решения данных задач и получения КЭ результатов с высокой степенью точности применен метод субмоделирования (submodeling - метод), позволяющий исследовать интересующую часть конструкции с учетом всех геометрических особенностей, задавая в качестве граничных условий перемещения, полученные в результате решения макрозадачи. При этом необходимо следить за тем, чтобы плоскости сопряжения субмодели с остальной частью конструкции находились достаточно далеко от изучаемых зон концентрации напряжений – только в этом случае задаваемые кинематические граничные условия не вносят погрешностей в исследуемое локальное напряженно-деформированное состояние.

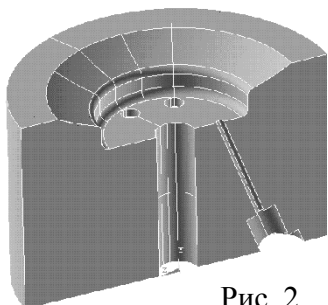


Рис. 2

В реальной конструкции в нижней части полукорпуса присутствуют четыре технологических канала, на которые внутреннее давление не действует (рис. 2). Выполнено КЭ исследование пространственного напряженного состояния нижней части полукорпуса с учетом как технологических каналов, так и нижнего впускного канала.

Пространственная КЭ модель содержит 107641 8-узловых конечных элементов и 450820 степеней свободы. Решение задачи проводилось с помощью метода PCG (метод сопряженных градиентов с предварительным улучшением обусловленности матрицы) на аппаратно-программном комплексе Wintel-GIGANT 2000. Время решения задачи – 4 минуты 20 секунд. Анализ полученных результатов свидетельствует, что ненагруженные каналы не только не явились дополнительными концентраторами напряжений, но и снизили общий уровень напряжений в локальных зонах своего влияния.

С целью снижения металлоемкости конструкции установки «Кристалл» была проведена оптимизация, основывающаяся на многовариантных КЭ

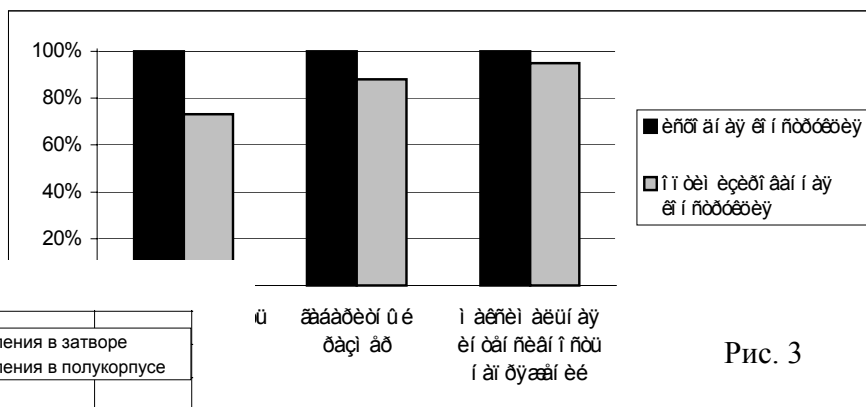


Рис. 3

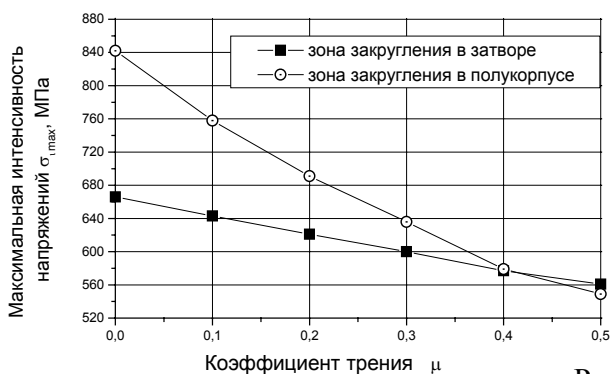


Рис.4

исследования позволили снизить металлоемкость на 17%, при этом удалось уменьшить максимальный габаритный размер конструкции на 12% и снизить значение максимальной интенсивности напряжений в области вырезов на 5%.

Проведены исследования зависимости интенсивности напряжений от коэффициента трения между контактными поверхностями сопрягаемых деталей в контактной зоне. Графики по-

лученных зависимостей представлены на рис. 4. Установлена целесообразность увеличения коэффициента трения между контактными поверхностями сопрягаемых деталей.