

УДК 519.6

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ СБОРКИ АППАРАТОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

А. В. ПОДБЕРЕЗСКИЙ, А. Н. АВЛАС

Институт математики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

Аппараты высокого давления (АВД), используемые для синтеза сверхтвёрдых материалов, представляют собой сборные многослойные конструкции [1, 2]. Основными элементами являются твердосплавная матрица и несколько стальных поддерживающих колец, устанавливаемых с натягом. Такая сборка создаёт в матрице поле сжимающих напряжений, которое компенсирует рабочие нагрузки. От геометрии сопрягаемых поверхностей и режимов запрессовки напрямую зависят стойкость и ресурс аппарата.

Основной проблемой, ограничивающей срок службы АВД, является недостаточная прочность составляющих её элементов конструкции. Для решения этой проблемы необходимы детальный анализ напряженно-деформированного состояния (НДС), возникающего в элементах конструкции АВД, и выявление зон концентрации напряжений, являющихся потенциальными очагами зарождения трещин уже на этапе изготовления.

Объектом исследования в работе является напряженно-деформированное состояние (НДС), возникающее в процессе сборки АВД (последовательной запрессовки колец и матрицы). Для численного моделирования последовательной запрессовки колец и матрицы процесса сборки использовалась упругая модель твёрдого тела для колец и матрицы в осесимметричной постановке с учётом контактного взаимодействия между деталями (рис. 1).

В ходе вычислительных экспериментов варьировалась геометрия участков сопрягаемых поверхностей – углы наклона и размеры фасок. Анализировалось распределение эквивалентных напряжений в элементах АВД.

Результаты расчётов показали, что в области острых кромок на границах контакта могут возникать локальные перегрузки, превышающие предел текучести стали [3]. Это создаёт риск появления микротрещин и задиров уже на этапе монтажа. Серия численных расчетов показала, что увеличение угла наклона сопрягаемых граней колец приводит к увеличению напряжений, что согласуется с физическими представлениями.

Регулируя угол наклона сопрягаемых поверхностей, была подобрана конфигурация аппаратуры с максимальными значениями напряжений при запрессовке, не превышающими предел текучести.

На основе полученных численных данных по напряженно-деформированному состоянию поддерживающих колец определена геометрия составных элементов АВД, позволившая при сборке уменьшить возникающие в них локальные напряжения ниже порога их разрушения.

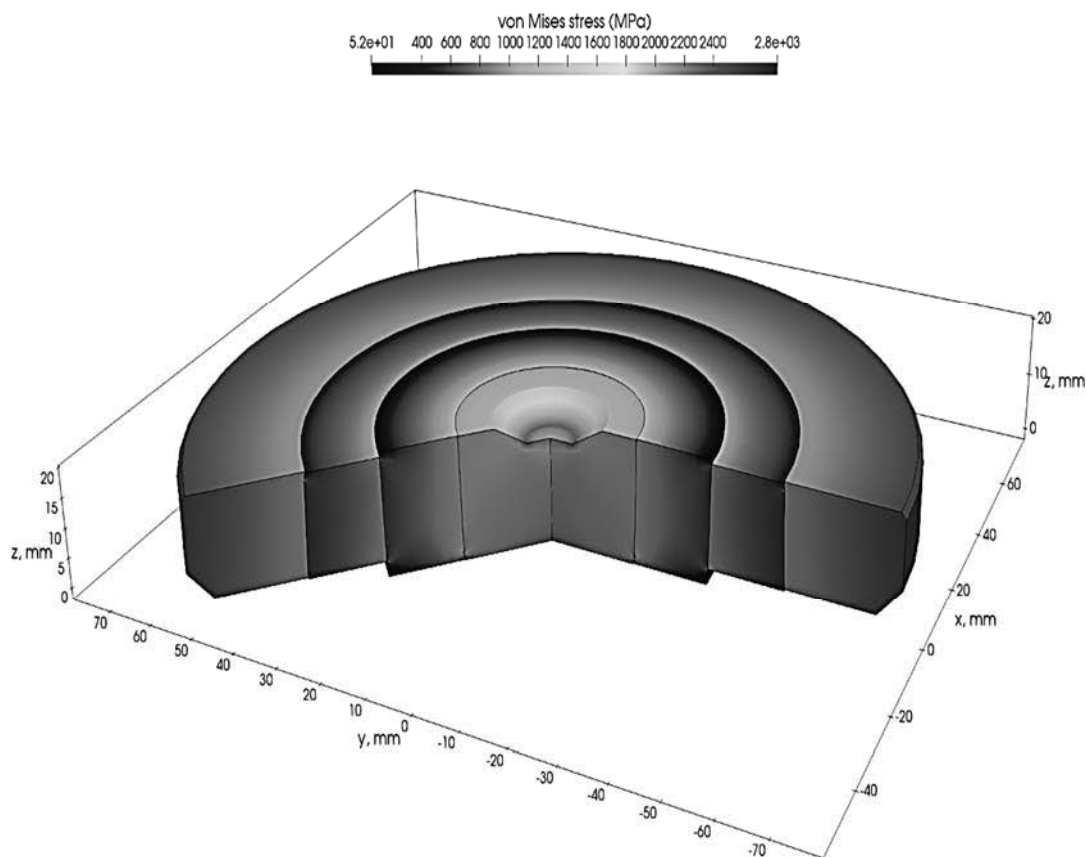


Рис. 1. Напряженно-деформированное состояние аппарата высокого давления

Кроме того, с помощью разработанной модели найдены минимальные давления индентора, необходимые для запрессовки элементов АД в единую конструкцию. Полученные результаты согласуются с экспериментальными данными.

В работе продемонстрирована работоспособность предложенного подхода к анализу процесса сборки АД. Результаты численных расчётов согласуются с экспериментальными данными и не противоречат физическим представлениям о процессе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Novikov, N.V.** Fundamentals of strength and durability calculations for high-pressure apparatus elements / N. V. Novikov, V. I. Levitas, S. I. Shestakov // *Physica B + C*. – 1986. – Vol. 139–140. – P. 782–784.
2. **Хвостанцев, Л. Г.** Аппараты высокого давления большого объема для физических исследований / Л. Г. Хвостанцев, В. Н. Слесарев // *УФН*. – 2008. – Т. 178. – С. 1099–1104.
3. **Орешко, Е. И.** Обзор критериев прочности материалов / Е. И. Орешко, В. С. Ерасов, А. В. Гриневич // *Труды ВИАМ*. – 2019. – № 9 (79). – С. 108–126.