

УДК 621.787
КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПОВЕРХНОСТНОГО
УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

В. В. АФАНЕВИЧ, А. А. КАТЬКАЛО, В. А. ПОПКОВСКИЙ
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Большинство энергетических, транспортных и других машин работают в условиях динамических нагрузок, при действии которых существенное влияние на эксплуатационные характеристики оказывает состояние поверхностного слоя изделия. Важным фактором, влияющим на работоспособность поверхностного слоя, является его напряженное состояние.

Одним из способов упрочнения поверхностного слоя изделия является процесс поверхностного пластического деформирования, при котором деформирующие элементы (шарики) наносят удары по обрабатываемой поверхности. Данная задача относится к разряду контактных задач нелинейного характера. В процессе удара изменяется площадь контакта между соприкасаемыми телами, что предполагает учет геометрической нелинейности в процессе деформирования и использования пошагового метода расчета процесса нагружения. Кроме того необходимо также учитывать и физическую нелинейность, связанную с упругопластическим деформированием соприкасающихся изделий, особенно на начальной стадии контактирования. Решения данной задачи в аналитическом виде нет, поэтому предпринята попытка анализа с использованием численных методов. Наиболее апробированным и хорошо зарекомендовавшим себя на практике является метод конечных элементов.

Первоначально рассматривалась общая задача обработки внутренней поверхности гильзы. На рис. 1 приведена конечно-элементная модель рассматриваемого процесса.

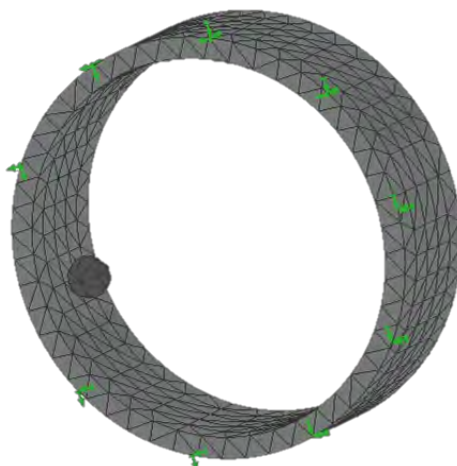


Рис.1. Конечно-элементная модель процесса упрочнения

Модель оказалась очень громоздкой. Для ее упрощения был использован сформулированный Сен-Венаном принцип в рамках теории упругости. В соответствии с ним, если к какой-то малой по сравнению с размерами всего тела части приложена статически уравновешенная система сил, то она вызывает напряжения, быстро убывающие по мере удаления от места соприкосновения. Данный принцип позволяет заменять одни граничные условия (действующие силы) на другие (удобные для статических расчетов). Это называется методом смягчения граничных условий.

Учитывая осесимметричный характер модели, и используя принцип Сен-Венана, разработана модель упруго-пластичного удара в области контакта. На рисунке 2 показана реализованная в компьютерной среде SolidWorks модель, при формировании которой использовался тетраэдральный 10-ти узловый конечный элемент повышенной точности.

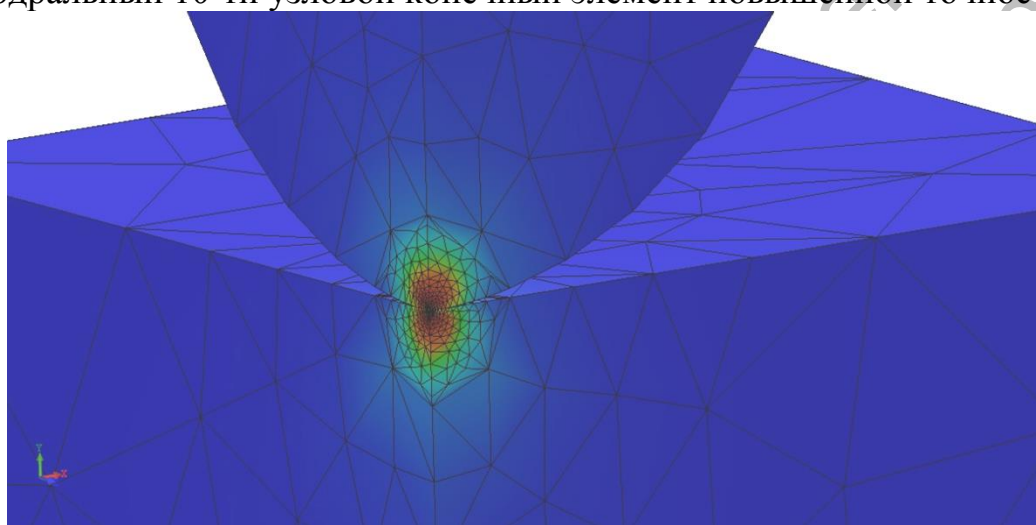


Рис. 2. Модель упругопластического удара в среде SolidWorks

Характер изменения остаточных узловых напряжений в радиальном направлении и по глубине приведены на рис. 3.

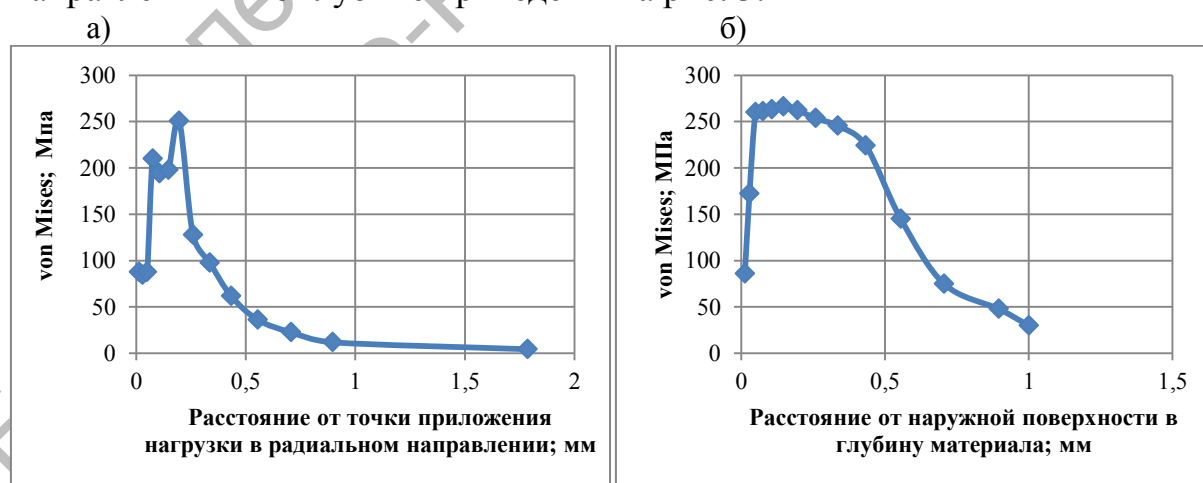


Рис. 3. Узловые напряжения в радиальном направлении контакта (а) и по глубине (б) в месте контакта