

УДК 623.983+539.3

А.А.Кудлаев (5 курс, каф. МиТОМД), К.И.Поздов, асп.,  
В.С.Мамутов, д.т.н., проф.

### КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ РАСЧЕТ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ВЫТЯЖКИ-ФОРМОВКИ ТОНКОЛИСТОВЫХ МЕТАЛЛОВ

Рассматривается конечно-элементный расчет высокоскоростной вытяжки-формовки тонколистовых металлов. Расчеты осуществлялись с применением программного комплекса LS-DYNA - версии PC-DYNA\_960, ограниченной 10000 элементами. Для создания расчетных моделей и обработки результатов применялись препроцессор Femb PC Pre-Processor Version 27.0 и постпроцессор PostGL 1.0L. При создании расчетной модели, исходя из условий симметрии, рассматривалась одна четвертая часть заготовки, матрицы и прижима (рис. 1). Роль прижима выполняла торцевая плоскость разрядной камеры. Целью расчетов являлась проверка возможности применения указанного программного комплекса для оценки кинематики деформирования заготовки и параметров напряженно-деформированного состояния в условиях волновой динамики деформирования заготовки, характерной для процессов импульсной штамповки.

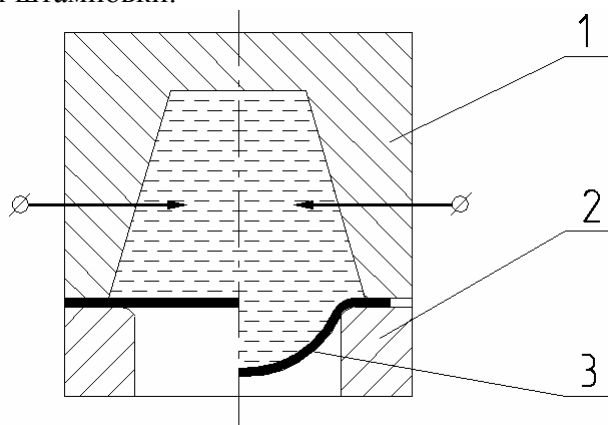
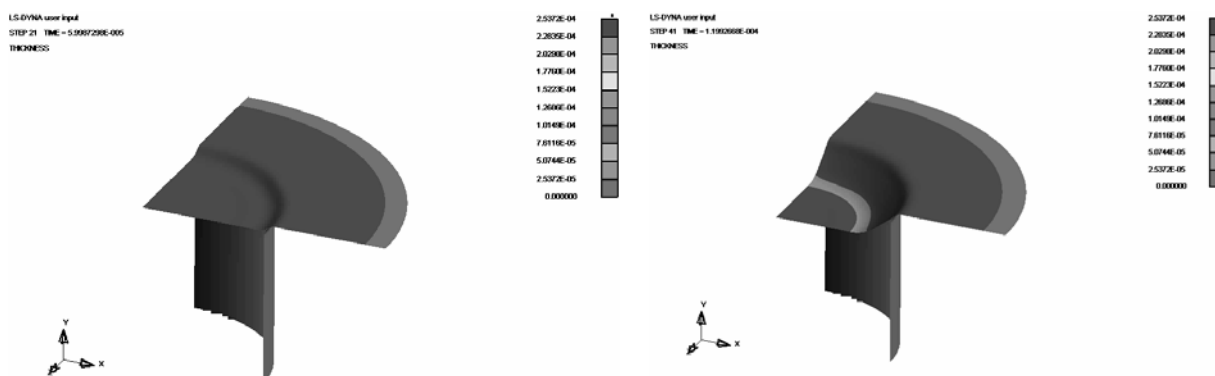


Рис. 1. Вытяжка-формовка в открытую матрицу (1 - разрядная камера с жидкостью, 2 - матрица, 3 – тонколистовая заготовка)



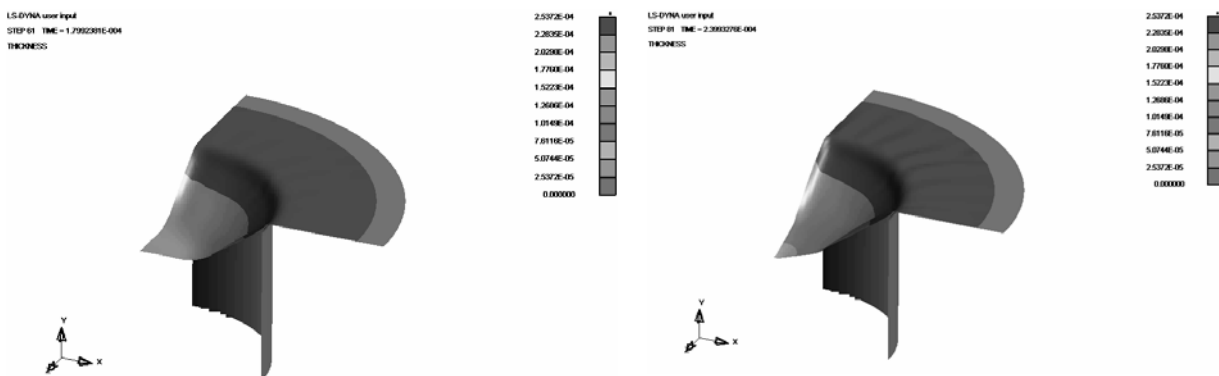


Рис. 2. Пример численного расчета импульсного деформирования заготовки

Последовательность создания расчетной модели в препроцессоре включала следующие основные этапы:

1. задание типа элемента для пластически деформируемой заготовки и для матрицы, пуансона и прижима;
2. задание констант для каждого типа элемента;
3. задание свойств материала (плотности, упругих констант, параметров закона деформационного упрочнения и др.);
4. создание геометрической модели комплексного объекта (заготовки, матрицы, прижима);
5. конечно-элементная разбивка отдельных составляющих комплексного расчетного объекта;
6. задание контактных условий;
7. задание граничных условий для заготовки (на плоскостях симметрии);
8. задание условий нагружения (импульсное давление на заготовку);
9. задание параметров контроля оболочки, контакта, шага интегрирования и других параметров;
10. создание программного *k*-файла для последующего численного расчета.

Отладка расчетной методики осуществлялась для латуни Л68 толщиной 0.24 мм с параметрами кривой деформационного упрочнения  $B=740$  МПа,  $m=0.44$ , с модулем Юнга  $E=10 \cdot 10^{10}$  Па, коэффициентом Пуассона  $\nu=0.35$  и с плотностью  $\rho=8300$  кг/м<sup>3</sup>. Параметры импульсного давления по форме и длительности соответствовали параметрам давления экспериментально замеренного в разрядной камере вблизи заготовки. Задавался импульс давления равномерно распределенного по площади заготовки и имеющего временной закон в виде положительной полуволны синусоиды с амплитудой 4 МПа и длительностью 110 мкс. Радиус исходной заготовки был 55 мм, радиус закругления кромки матрицы - 3 мм, радиус очка матрицы - 30 мм.

При моделировании заготовки применялась моментная оболочка типа Беличко-Вонга с 10 слоями интегрирования по толщине. Материал матрицы и прижима считался жестким. Заготовка разбивалась на прямоугольные элементы. Расчет велся в рамках ограниченной 10000 элементов лицензионной программы. Наилучшие условия взаимодействия заготовки с жестким инструментом обеспечили условия контакта типа "Surface To Surface". Шаг интегрирования искусственно уменьшался, чтобы полностью исключить видимое проникновение заготовки в инструмент.

Пример численного решения для различных моментов деформирования представлен на рис. 2. Прижим условно не показан. Шкала соответствует толщинной деформации.

Из иллюстраций виден волновой характер деформирования заготовки. Видно начало гофрообразования на фланце заготовки из-за сжимающих тангенциальных напряжений. Достаточно хорошее совпадение результатов расчета с экспериментальными данными по

компонентам толщинной деформации (12...15% по максимуму и 7...9% в среднем) позволяют судить о перспективности применения программного комплекса LS-DYNA для расчета процессов импульсной штамповки.