

Особенности компьютерного моделирования комбинированных операций электрогидроимпульсной штамповки в комплексе LS-DYNA

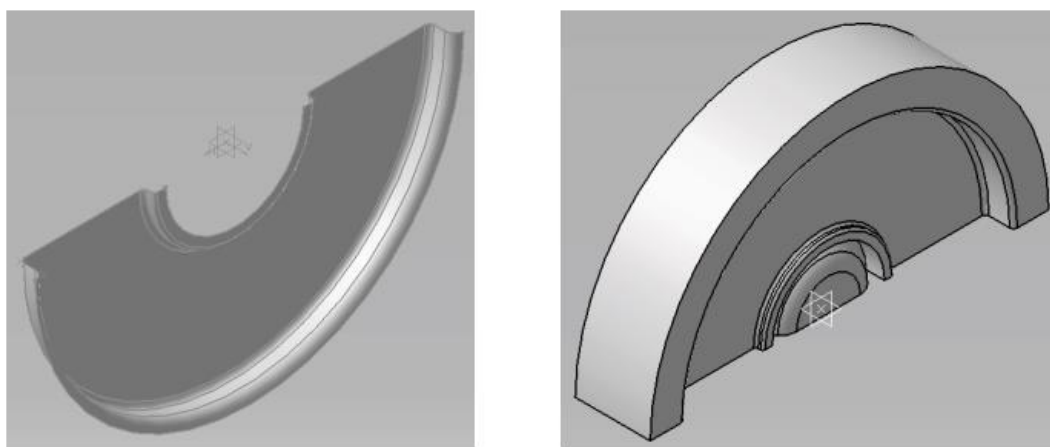
Студенты гр. 10402220: Якубчик Н.Г., Комар А.В.

Научный руководитель – Шкурдюк П. А.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Разрушение заготовки при разделительных операциях обработки металлов давлением (ОМД) являются одним из наиболее сложных и наименее изученных разделов теории ОМД. Задачи разрушения характеризуются нелинейностью дифференциальных уравнений, краевых условий, физической нелинейностью поведения металла, геометрической нелинейностью, большими пластическими деформациями, а также требуют задания комплекса физико-механических характеристик материала, определяющих трение, упругое и пластическое поведение, упрочнение и разрушение [1]. Надежные экспериментальные исследования очага деформации также проблематичны [2]. Развитие вычислительных методов механики разрушения, создание конечно-элементных программных комплексов, использующих такие методы, например, комплекс LS-DYNA [3]. Данный комплекс позволяет в настоящее время достаточно точно решать задачи для квазистатических и динамических процессов листовой штамповки. С точки зрения проектирования технологических процессов при этом сложность увеличивается для комбинированных операций, когда вместе с разделительной операцией присутствует формообразующая операция, особенно для процессов импульсной штамповки. В настоящее время в литературе практически отсутствуют рекомендации по проектированию таких процессов. Поэтому целью данной работы была разработка подхода и методики компьютерного моделирования комбинированных операций электрогидроимпульсной штамповки в комплексе LS-DYNA.

Для достижения поставленной цели рассмотрен пример компьютерного моделирования в конечно-элементном (КЭ) комплексе LS-DYNA осесимметричной детали «крышка двигателя» из стали 12X13C2M2 толщиной 1 мм, изготавливаемой методом комбинированной электрогидроимпульсной штамповки (ЭГИШ) рисунок 1 (а). Диаметр детали 155 мм, а отношение минимального радиуса закругления к толщине менее 1.5 мм. На рисунке 1 (б) показана матрица для комбинированной штамповки детали, предусматривающая комбинирование формообразование рельефа и пробивки центрального отверстия.



а) б)

Рисунок 1 – Деталь «Крышка двигателя»:

а – геометрическая модель детали;

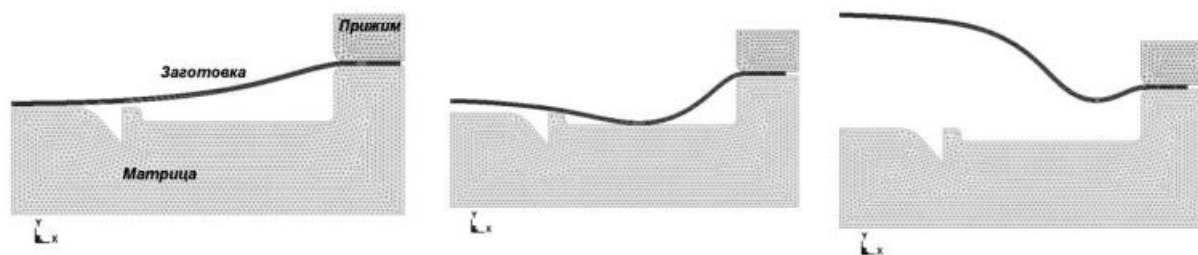
б – возможная матрица для штамповки при совмещенном комбинировании

С точки зрения максимальной информации компьютерного моделирования оптимальным является «полный» компьютерный расчет с учетом переходных процессов в разрядном контуре, динамикой развития плазменного канала в жидкости, учетом гидродинамики сжимаемой жидкости, ее взаимодействием с камерой и заготовкой, взаимодействием заготовки с матрицей. Аналог такого расчета представлен в работе [4] и требует достаточно сложное программирование модели, а также суперкомпьютера для ее реализации. Поэтому для упрощения в инженерных расчетах примельсась модель безмоментной оболочки при заданном законе импульсного давления [5]. Для данной детали модель безмоментной оболочки по типу ThinShell 163 не пригодна, и необходимо решать объемную задачу. С учетом формы детали можно считать осесимметричный вариант по типу 2DSolid 162, который также сможет учесть волновое взаимодействие заготовки с матрицей, что не учитывается в случае использования безмоментной оболочки.

Вторым важным моментом является оценка возможности задания давления при расчете нагружения заготовки при использовании объемной осесимметричной заготовки.

Результаты компьютерного расчета с полусинусоидальным импульсом давления длительностью 4 мс для осесимметричной заготовки (рисунок 2). На рисунке показаны характерные моменты взаимодействия заготовки с рельефом матрицы: а) заготовка до соприкосновения с рельефом матрицы, б) соприкосновение заготовки с матрицей, в) отскок заготовки от матрицы. Реально при ЭГИШ такого не происходит. Вода тормозит отскок заготовки. Поэтому максимально упрощенный подход к моделированию с заданием детерминированного давления – не пригоден.

Предложен новый упрощенный подход, с наличием жидкости (рисунок 3). Варьируя массой поршня, высотой жидкости и скоростью перемещения поршня можно получить широкий спектр параметров импульсного давления и определить требуемые величины параметров.

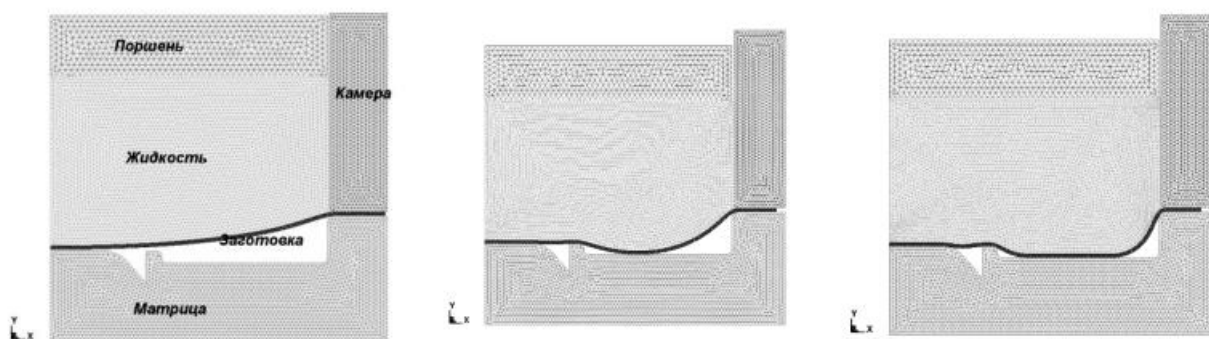


а) б)в)

Рисунок 2 – Взаимодействие заготовки с матрицей:

а – заготовка до соприкосновения с рельефом матрицы;

б – соприкосновение заготовки с матрицей; в – отскок заготовки от матрицы



а) б)в)

Рисунок 3 – Взаимодействие заготовки с матрицей при наличии жидкости:

а – заготовка до соприкосновения с рельефом матрицы;

б – соприкосновение заготовки с матрицей; в – заполнение рельефа матрицы

Разработан подход и методика компьютерного моделирования комбинированных операций электрогидроимпульсной штамповки в комплексе LS-DYNA. Установлено, что применении безмоментных оболочек в качестве модели заготовки не может быть использовано при расчете высокоскоростного взаимодействия заготовки с матрицей. Показано, что задание нагрузки в виде закона давления в случае объемной заготовки не дает возможности корректного расчета.

Список использованных источников

1 Морозов, Г. М. Метод конечных элементов в механике разрушения / Г. М. Морозов, Г. П. Никишков. – М. : Наука, 1980. – 256 с.

2 Смирнов-Аляев, Г. А. Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением / Г. А. Смирнов-Аляев, В. П. Чикидовский. – Л.: Машиностроение, 1972. – 360 с.

3 Improving standard shell elements, friction models and contact algorithms for the efficient solution of sheet metal forming problems with LS-DYNA 3D / J. O. Hallquist, K. Schweizerhof, K. Weimar, D. W. Stillman // VDI Berichte. – 1991. – N 89. – P. 499 – 515.

4 Mamutov, V. S. Mechanics of loading and deforming of thin-sheet blank at electrohydraulic forming / V. S. Mamutov, G. N. Zdor // International Review of Mechanical Engineering. – 2017. – Vol. 11, No. 5. – P. 332 – 336.

5 Мамутов, В. С. Электрогидроимпульсная вытяжка в закрытую матрицу с плоским дном при различных параметрах нагружения заготовки / В. С. Мамутов, К. С. Арсентьева // Современное машиностроение. Наука и образование. – 2018. – № 7. – С. 569 – 580.