

УДК 623.983+539.3

Н.В. Логашкин (5 курс, каф. МиТОМД), К.И. Поздов, инж.,
В.С. Мамутов, д.т.н., проф.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ТОНКОЛИСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ФОРМОВКЕ

Рассматривается формоизменение тонколистовой осесимметричной заготовки, закрепленной по контуру (рис. 1), при электрогидроимпульсной формовке. Такая схема формоизменения соответствует, например, технологическому процессу формовки центрального гофра мембраны, когда на ребре матрицы между центральным и соседним гофром наблюдается граница раздела течения металла в виде “неподвижной” точки. Аналогичная схема деформирования имеет место также при деформировании пластических мембранных датчиков, где специально затрудняется перемещение фланцевой части заготовки. Для расчета технологического процесса формовки, а также для расчета мембранных датчиков необходимо

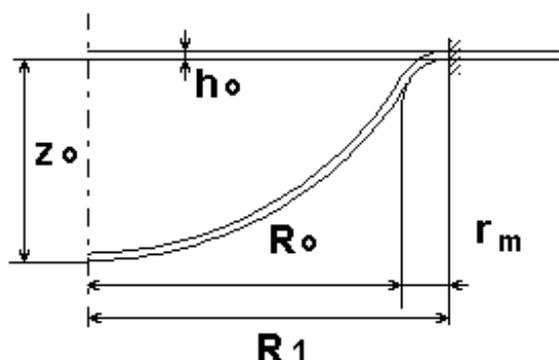


Рис. 1. Расчетная схема формоизменения осесимметричной тонколистовой заготовки

прогнозировать прогиб заготовки, при котором произойдет ее разрушение. При осесимметричном деформировании тонколистовой заготовки максимальное утонение и разрушение заготовки наблюдается вблизи центральной точки. Поэтому, зная зависимость интенсивности тензора логарифмических деформаций в центральной точке от параметров процесса деформирования и имея экспериментальную диаграмму предельных деформаций, можно определить, разрушится ли заготовка при электрогидроимпульсном нагружении. Компьютерная модель данного процесса определяется смешанной нелинейной задачей математической физики для уравнений в частных производных гиперболического типа. Жесткая волновая динамика процесса деформирования и другие физические и технологические особенности требуют специальной подготовки специалистов для осуществления расчетов и оценки их корректности. Поэтому целесообразным представляется получение указанной зависимости в конечном алгебраическом виде с применением методов компьютерного эксперимента с использованием компьютерной модели процесса, что и являлось целью данной работы.

Исходными параметрами для компьютерной модели являлись:

- Геометрические размеры заготовки, представленные на рисунке: z_0 - прогиб центральной точки заготовки; h_0 - толщина материала заготовки; R_0 - радиус просвета матрицы; r_m - радиус закругления кромки матрицы; R_1 - радиус защемления контура заготовки.
- Параметры давления: p_0 - амплитуда; Θ - характеристическое время; t_f - длительность фронта.
- Характеристики материала заготовки: B, m - параметры аппроксимации динамической кривой деформационного упрочнения степенной зависимостью ($\sigma_s = B\varepsilon_i^m$); ρ - плотность материала; E - модуль продольной упругости (модуль Юнга); ν - коэффициент Пуассона; μ - коэффициент кулоновского трения между заготовкой и матрицей.

Целью расчетов являлось определение зависимости ε_{im} в процессе движения заготовки от параметров давления, материала и геометрии. Была сформирована следующая система безразмерных факторов, определяемых параметром отклика и параметрами давления, материала и геометрии (ε_{im} - параметр отклика, x_1, x_2, \dots - независимые безразмерные факторы):

- $x_1 = p_0 R_1 / (B h_0)$ - параметр относительного давления;
- $x_2 = R_1 / [\Theta (B/\rho)^{1/2}]$ - отношение размера заготовки и условной пластической волны;
- $x_3 = m$ - показатель степени при степенной аппроксимации кривой деформационного упрочнения материала заготовки;
- $x_4 = t_\phi / \Theta$ - относительная длительность фронта давления;
- $x_5 = z_0 / R_1$ - относительный прогиб центра заготовки;
- $x_6 = r_m / R_1$ - относительный радиус закругления кромки матрицы;
- $x_7 = \mu$ - коэффициент кулоновского трения материала заготовки о материал матрицы;
- $x_8 = B/E$ - соотношение упругих и пластических прочностных характеристик;
- $x_9 = \nu$ - коэффициент Пуассона.

При проведении численного эксперимента варьировались первые пять факторов в следующих диапазонах их изменения: $x_1 \in [0.304; 2.027]$; $x_2 \in [0.127; 2.542]$; $x_3 \in [0.3; 0.6]$; $x_4 \in [0.05; 0.5]$; $x_5 \in [0.075; 0.6]$.

Безразмерные параметры x_6, x_7, x_8, x_9 оставались постоянными: $x_6 = 0.15$; $x_7 = 0.25$; x_8, x_9 - соответствовали характеристикам латуни Л68. В результате обработки результатов численного эксперимента (99 расчетных точек) многомерной степенной зависимостью была получена следующая зависимость:

$$\varepsilon_{im} = 1.298 x_1^{0.479} x_2^{-0.121} x_3^{0.443} x_4^{0.015} x_5^{1.097},$$

аппроксимирующая исходные данные со средней погрешностью менее 6 %.

Данная зависимость позволяет прогнозировать величину интенсивности тензора логарифмических деформаций в зависимости от основных параметров процесса. При заданной из эксперимента критической величине этой характеристики путем сопоставления критической величины с расчетной можно прогнозировать разрушение заготовки.