

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ВЫТЯЖКИ-ФОРМОВКИ ПОЛИУРЕТАНОМ

Существует большой класс тонкостенных деталей типа мембран различных приборов, изготовление которых эффективно вытяжкой - формовкой полиуретаном. Целью данной работы являлась отработка методики экспериментальных исследований процесса.

Конечно-элементное (КЭ) моделирование процессов штамповки является наиболее рациональным методом расчета и оптимизации. Однако для корректного КЭ моделирования необходимо правильно задавать исходные данные по характеристикам материала заготовки и полиуретана, а также иметь достоверные экспериментальные данные по параметрам деформирования заготовки для оценки корректности моделирования и «настройки» модели. В литературе практически отсутствуют данные по характеристикам полиуретанов, которые необходимы для моделирования процессов вытяжки-формовки. Полиуретан представляет собой высокоэластичную нелинейную жидкость, параметры которой могут изменяться в пределах технологического процесса в десятки раз. Например, коэффициент кулоновского трения между полиуретаном и металлом, определяемый по экспериментально полученной формуле А.Д. Комарова: $\mu = b/(a + p) + c$ для полиуретана СКУ-7Л ($a = 8.2$ МПа, $b = 2.77$ МПа, $c = 0.0045$) при максимальном давлении до 50 МПа уменьшается больше, чем в 20 раз, по сравнению с началом процесса. По данным высокоскоростных ударных испытаний скорость продольных волн примерно в 2.3 раза выше скорости поперечных волн, а при статических испытаниях модуль продольной упругости по некоторым экспериментальным данным может быть в сотни раз больше модуля поперечной упругости. Поэтому задание при расчетах усредненных параметров может приводить к большим погрешностям прогнозирования параметров процесса. Экспериментальные исследования носят комплексный характер. В данной работе отражены особенности исследования распределения давления по сечению контейнера и определения параметров напряженно-деформированного состояния заготовки.

Для измерения распределения давления полиуретана по площади контейнера применялась пленка, чувствительная к действию давления (pressure sensitive film - PSF). Для экспериментов использовалась PSF марки FUJIFILM типа LW с чувствительностью 2.5...10 МПа. Пленка предварительно тарировалась равномерно распределенным давлением в указанном выше номинальном диапазоне чувствительности. Затем проводились эксперименты по оценке неравномерности распределения давления. После воздействия на пленку давления штамповки делались сканирование и обработка результатов измерения. Данный метод предполагается, в частности применить для определения соотношения модулей продольной и поперечной упругости полиуретана.

Для оценки деформированного состояния обрабатывается методика Лагранжево-Эйлерового описания процесса деформирования тонколистовой заготовки. Расчетная схема формоизменения осесимметричной оболочки в лагранжево-эйлеровой постановке представлена на рис. 1.

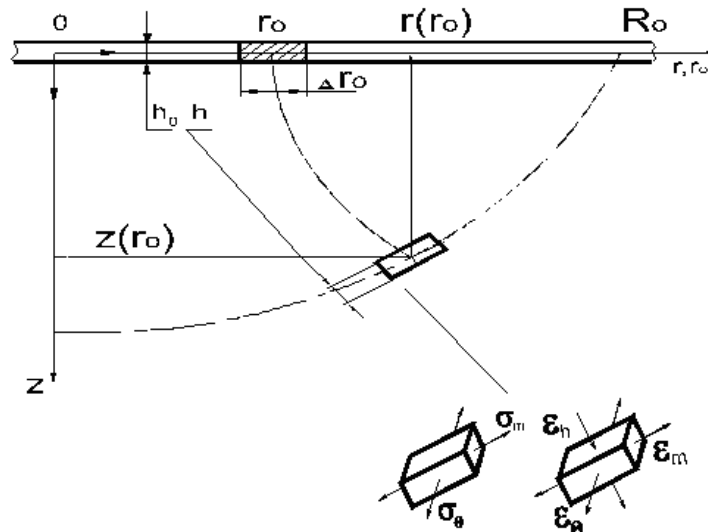


Рис. 1. Схема деформирования осесимметричной оболочки в лагранжево-эйлеровой постановке

Элемент заготовки, имеющий лагранжеву координату r_0 , в процессе деформирования перемещается и деформируется. Меридиональная (ε_m) и тангенциальная (ε_θ) компоненты тензора логарифмических деформаций при смешанном эйлерово-лагранжевом описании деформирования заготовки определяются начальной лагранжевой координатой нанесенной на заготовку сетки r_0 и эйлеровыми координатами r, z вектора перемещений точек заготовки следующими геометрическими соотношениями:

$$\varepsilon_m = \ln \sqrt{\left(\frac{r}{r_0}\right)^2 + \left(\frac{z}{h_0}\right)^2}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_\theta = \ln \left(\frac{r}{r_0}\right). \quad (2)$$

Толщинная деформация ε_h в предположении несжимаемости материала заготовки, определяется соотношением:

$$\varepsilon_h = -\varepsilon_m - \varepsilon_\theta = \ln(h/h_0),$$

где h, h_0 – текущая и начальная толщины заготовки (рис. 1).

При обработке экспериментальных данных, которые представляют набор значений:

$r_{0i}, r_i, z_i, i=1, 2, \dots, n$, используется разностное представление производных, входящих в выражения для деформаций (1) и(2):

$$(\varepsilon_\theta)_{i+1/2} = \ln \left[\frac{r_i + r_{i+1}}{(r_0)_i + (r_0)_{i+1}} \right]; \quad (\varepsilon_m)_{i+1/2} = \ln \left\{ \left[\frac{(z_{i+1} - z_i)/(r_{0i+1} - r_{0i})}{(r_{i+1} - r_i)/(r_{0i+1} - r_{0i})} \right]^2 + 1 \right\}^{1/2}.$$

Определив компоненты тензора деформаций, далее можно найти компоненты тензора напряжений для активного этапа деформирования. Для этого можно воспользоваться определяющими соотношениями деформационной теории пластичности Ильюшина-Смирнова-Аляева. Данную методику предполагается распространить также на случай деформирования произвольной в плане заготовки.

Таким образом, разработаны экспериментальные методики определения некоторых характеристик высокоэластичных сред - типа полиуретанов и параметров напряженно-деформированного состояния заготовки в процессах штамповки полиуретаном.