

УДК 621.7

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫТЯЖКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ОБОЛОЧКИ ИЗ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Вадим Викторович Емельянов

Магистрант 6 курса,  
кафедра «Системы пластического деформирования»,  
Московский государственный технологический университет «Станкин»

Научный руководитель: К.И. Васильев,  
доктор технических наук, профессор кафедры «Системы пластического  
деформирования»,  
Московский государственный технологический университет «Станкин»

При вытяжке предельные значения растягивающих напряжений в стенке полого цилиндра ограничиваются прочностью материала в опасном сечении. Это сечение находится в переходном участке, где боковая цилиндрическая (или коническая) поверхность сопрягается с радиусным участком пуансона. Значения растягивающего напряжения в опасном сечении определяется тремя слагаемыми: напряжение от свертывания фланца, напряжение от сил трения между прижимом и свободной поверхностью фланца, напряжение от изгибающего момента на кромке матрицы, а также коэффициентом учитывающим напряжение от сил рения на кромке матрицы.

В общем виде это может быть записано:

$$\sigma_{z \max} = (\sigma_{\text{фл.}} + \sigma_{\text{тр.пр.}} + \sigma_{\text{изгиб.м.}}) \quad (1)$$

При этом каждое из слагаемых определяется следующим образом:

$$\sigma_{\text{фл.}} = \sigma_s \cdot \ln \frac{R_0}{r}; \quad (2) \quad \sigma_{\text{тр.пр.}} = \mu \cdot \frac{Q}{\pi R t}; \quad (3) \quad \sigma_{\text{изгиб.м.}} = \sigma_s \cdot \frac{t}{4 \left( r_m + \frac{t}{2} \right)}; \quad (4)$$

Увеличение напряжения вследствие действия сил трения можно учесть, используя решение Эйлера о трении ремня по шкиву и введением соответствующего множителя  $e^{\mu \cdot \alpha}$ . В результате получаем:

$$e^{\mu \cdot \alpha} = e^{\mu \frac{\pi}{2}} = 1 + \mu \frac{\pi}{2} \approx 1 + 1,6\mu \quad (5)$$

Обозначив это значение через коэффициент -  $\alpha$  и подставив полученное в (1) с учетом (2), (3), (4) и (5) имеем:

$$\sigma_{z \max} = \sigma_s \left( \ln \frac{R_0}{r} + \mu \cdot \frac{Q}{\pi \cdot R \cdot t \cdot \sigma_s} + \frac{t}{4 \left( r_m + \frac{t}{2} \right)} \right) \cdot \alpha \quad (6)$$

В формуле (6) величиной, оказывающей наибольшее влияние на суммарное значение растягивающего напряжения в опасном сечении, является напряжение текучести  $\sigma_s$ . В качестве способа вычисления напряжения текучести использовался графический пакет T-flex CAD. Была создана параметрическая анимационная модель вытягиваемой заготовки, а также построен анимационный график изменения напряжения текучести в зависимости от степени деформации фланца заготовки.

Обработка давлением слоистых материалов связана с различием механических свойств отдельных слоев материала, различием в коэффициентах линейного расширения слоев и с наличием промежуточной зоны между слоями, имеющей в ряде случаев пониженные механические свойства. В качестве объекта исследования рассмотрим получение заготовки из биметаллического материала методом многооперационной вытяжки. Материал заготовки биметаллический сплав – наружный слой нержавеющей сталь 12X18H210T, - внутренний слой алюминиевый сплав АМг6. В процессе исследования была построена анимационная модель для каждого слоя составляющего биметаллическую заготовку в графическом пакете T-flex CAD. С помощью модели была найдена степень деформации для каждого слоя, в заданный момент процесса вытяжки, по следующей формуле:

$$e_n = \ln \frac{d_n}{D_{\text{заг}}} \quad (7)$$

где:  $d_n$  — текущая диаметральная координата точки;  
 $D_{\text{заг}}$  — положение точки до деформирования;

По результатам определенных степеней деформаций, для каждого слоя были определены напряжения текучести  $\sigma_s$  в заданный момент процесса вытяжки по аппроксимированной кривой упрочнения. Из приведенного моделирования процесса вытяжки биметаллической заготовки можно сделать вывод, что в ходе процесса формоизменения каждый слой заготовки имеет отличное друг от друга напряженно-деформированное состояние. Разница между напряженно-деформированным состоянием в слоях приводит к разрушению адгезионной связи, и развитию дефекта расслоения в области пластической деформации заготовки.

### Литература

1. *Сторожев М.В., Попов Е.А.* Теория обработки металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1971. – 424 с.
2. *Шофман Л.А.* Основы расчета процессов штамповки и прессования. – М.: МАШГИЗ, 1961. – 350 с.
3. *Шофман Л.А.* Теория и расчеты процессов холодной штамповки. – М.: Машиностроение, 1964. – 420 с.