

УДК 621.771.67

Ю.В.Молодкин (3 курс, каф. МиТОМД), А.Д.Каран (асп., каф. МиТОМД),
В.Н.Востров, д.т.н., проф.

НАПРЯЖЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ В НАКАТАННЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВЫХ ШЕСТЕРНЯХ

Порошковые зубчатые колеса используются в машинах для обработки пищевых продуктов, льноуборочных, хлопкоуборочных, текстильных и бытовых машинах, насосах, электромоторах, часовых механизмах, редукторах роботов и других, где недопустимо применение смазочных материалов, а также предъявляются высокие требования к уровню шума и габаритно-массовым характеристикам.

Поиск новых технических решений по совершенствованию технологии и расширению номенклатуры биметаллических пористых деталей с зубчатыми и шлицевыми профилями, изготавливаемых методами накатывания, затруднен из-за отсутствия методики расчета напряженного и деформированного состояния зубчатых венцов.

Технология накатывания зубьев на пористых заготовках относится к классу задач деформирования в условиях малых деформаций. Модель среды считаем упругопластической. Задачу решаем методом конечных элементов.

На свободных поверхностях, где нет контакта заготовки с накатниками и матрицей, заданы нулевые силовые условия в виде сил, действующих по нормали к поверхности: $\{P\}=0$. На контактных поверхностях задаются кинематические условия: величина и направление перемещений каждой из рассматриваемых точек.

Для конечных элементов находящихся в упругом состоянии справедливы следующие соотношения [2]:

$$\begin{Bmatrix} d\varepsilon_{xx}^e \\ d\varepsilon_{zz}^e \\ d\varepsilon_{xz}^e \end{Bmatrix} = \frac{1}{2G} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{\mu}{1+\mu} & 0 \\ -\frac{\mu}{1+\mu} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d\sigma_{xx} \\ d\sigma_{zz} \\ d\sigma_{xz} \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

Для элементов в упругопластическом состоянии [1]:

$$\begin{Bmatrix} d\varepsilon_{xx}^e \\ d\varepsilon_{zz}^e \\ d\varepsilon_{xz}^e \end{Bmatrix} = \frac{1}{2G} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{\mu}{1+\mu} & 0 \\ -\frac{\mu}{1+\mu} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d\sigma_{xx} \\ d\sigma_{zz} \\ d\sigma_{xz} \end{Bmatrix} + \frac{\theta}{2\beta} \frac{d\varepsilon_i^p}{\sigma_i} \begin{bmatrix} 2(\alpha+1) & (2\alpha-1) & 0 \\ (2\alpha-1) & 2(\alpha+1) & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d\sigma_{xx} \\ d\sigma_{zz} \\ d\sigma_{xz} \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

где α, β – коэффициенты, зависящие от относительной плотности θ материала, $d\varepsilon_i^p$ – интенсивность приращений пластических деформаций в твердой фазе пористого тела, $d\varepsilon_i^p = \beta^{1/2} \theta^{-1} (2/3 d\varepsilon_{ij}^p d\varepsilon_{ij}^p + 1/9 \alpha d\varepsilon_{kk}^p d\varepsilon_{nn}^p)^{1/2}$, $d\varepsilon_{ij}^p$ – компоненты девиатора приращений пластических деформаций, σ_i – интенсивность напряжений.

Пористые материалы деформируются под действием гидростатического давления. Поэтому поверхность пластичности для пористых материалов должна быть замкнутой в направлениях $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, что соответствует критерию пластичности Куна Г. и Дауни Ч. [2]:

$$f = 3 J_2 + \alpha J_1^2 - \beta \sigma_s^2 = 0, \quad (3)$$

где J_1, J_2 – инварианты тензора напряжений; α, β – коэффициенты, зависящие от относительной плотности θ материала; σ_s – предел текучести основы пористого материала.

При увеличении относительной плотности заготовки от 0,75 до 0,85 максимальное относительное напряжение по оси x возрастает соответственно от 0,4 до 0,7, то есть приблизительно на 40%. По оси z максимальное относительное напряжение изменяется в пределах 75% (от 0,26 до 0,48). При этом приращение деформации по оси x возрастает на 30...35%, а приращение интенсивности деформации – на 25...30%.

Расхождение теоретических и экспериментальных данных не превышает 20...25%.

Разработанная математическая модель позволила определить рациональное значение относительной глубины рабочего слоя h_p/h заготовки.

При величине h_p/h до 0,5 значения интенсивности деформации ϵ_i на поверхности раздела рабочего и основного слоев равны 65...70% от максимальных. При $h_p/h = 2$ эти значения составляют 25...30% от максимальных, а затем, асимптотически приближаются к 0.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лясников А.В., Турусбеков К.С. Теория обработки металлов давлением //СПб.: БГТУ, 1999. 215 с.

Прогрессивные технологические процессы штамповки деталей из порошков и оборудование / Под ред. Дмитриева А.М. и Овчинникова А.Г. // М.: Машиностроение, 1991. 320 с