

Г.Л. Колмогоров, Н.А. Кошелева, Т.В. Чернова

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПРЕССОВАНИИ

Изложена методика определения оптимальных углов технологического инструмента при прессовании. В основу оптимизации положено минимальное напряжение прессования, обеспечивающее минимальные энергозатраты.

Ключевые слова: прессование, минимизация, угол конусности, прессовый инструмент.

При обработке металлов давлением широко применяется находит процесс прессования. Сущность процесса прессования заключается в выдавливании материала, помещенного в замкнутый объем, через канал, образованный прессовым инструментом [1]. Достоинством процесса прессования является благоприятная схема напряженного состояния с преобладающим влиянием сжимающих напряжений, обеспечивающих повышенную пластичность прессуемого материала. Поэтому процесс прессования широко используется при обработке давлением малопластичных труднодеформируемых металлов и сплавов [2].

Одним из основных параметров при прессовании является усилие прессования, при этом необходимо иметь минимальное усилие прессования с целью снижения энергозатрат. Полное усилие при прессовании представляется в виде суммы составляющих [1].

$$P = T_{кр} + T_m + T_{пл} + T_k + T_{ш} \pm Q, \quad (1)$$

где $T_{кр}$ – результирующая сила трения на поверхности контейнера; T_m – результирующая сила трения в зоне деформации на поверхности контакта прессовой матрицы и заготовки; $T_{пл}$ – усилие, затраченное на пластическую деформацию; T_k – результирующая сила трения на поверхности калибрующего пояса матрицы; $T_{ш}$ – усилие, затрачиваемое на преодоление сил трения между металлом и пресс-шайбой; Q – усилие противодействия или переднего натяжения ($\pm Q$).

Полное усилие прессования (1) приводится к среднему напряжению прессования

$$\sigma_{пр} = P/F_0, \quad (2)$$

где F_0 – площадь сечения исходной заготовки.

Соответствующие отдельные составляющие уравнения (1) приводятся к удельным нормальным и касательным напряжениям системы внешних сил (рис. 1).

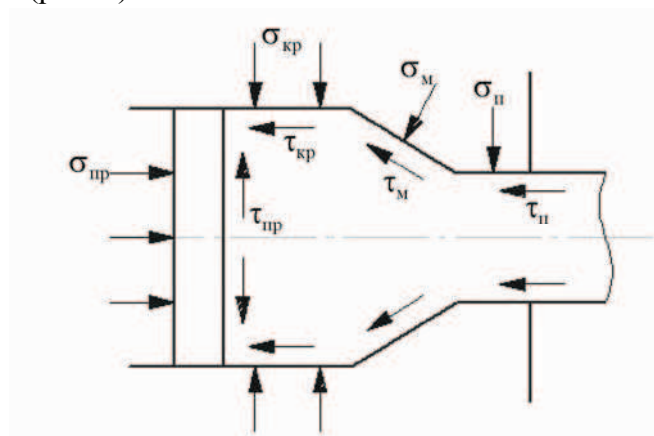


Рис. 1. Схема сил, действующих при прессовании

Из практики прессования известно наличие оптимальных углов наклона образующей конической матрицы к оси прессования α_m . От угла α_m в соотношении (1) зависят составляющие $T_{пл}$ и T_m , поэтому оптимизация геометрии прессовой матрицы заключается в определении оптимального значения угла α_m . В работе излагается методика определения оптимального значения угла α_m из условия обеспечения минимального значения усилия прессования изделий круглого сечения.

Напряжение прессования при пластическом деформировании [1]

$$\sigma_{пл} = \int_0^{\varepsilon} \sigma_s d\varepsilon, \quad (3)$$

где σ_s – сопротивление деформации прессуемого материала; ε – степень деформации при прессовании.

В работах [3, 4] степень деформации определена с учетом вытяжки и дополнительных сдвиговых деформаций сдвига на входе в конический технологический инструмент и выходе из него в следующем виде:

$$\varepsilon_{ср} = \ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_m, \quad (4)$$

где $\lambda = R_0^2 / R_1^2$ – коэффициент вытяжки; R_0 и R_1 – радиусы исходной заготовки и пресс-изделия соответственно.

Для усредненного значения сопротивления деформации составляющая напряжения прессования, связанная с пластической деформацией, с учетом соотношения (4)

$$\sigma_{\text{пл}} = \sigma_S \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_M \right). \quad (5)$$

В свою очередь, проекция результирующей сил трения на ось прессования для конической поверхности рабочей части матрицы

$$T_M = \tau_M \cdot F_M \cdot \cos \alpha_M \cdot F_M = F_M \cdot f \cdot \sigma_S \cdot \cos \alpha_M, \quad (6)$$

где f – коэффициент трения в зоне деформации; τ_M – касательное напряжение; F_M – поверхность конической части матрицы.

Из геометрических соотношений для боковой поверхности конуса имеем

$$S = \frac{\pi \cdot R_1^2}{\sin \alpha_M} \left(\frac{R_0^2}{R_1^2} - 1 \right). \quad (7)$$

С учетом соотношения (7) проекция результирующей силы трения на ось прессования

$$T_M = \sigma_S \cdot \pi \cdot R_1^2 (\lambda - 1) f \cdot \operatorname{ctg} \alpha_M. \quad (8)$$

Вклад от преодоления сил трения в зоне деформации в общее среднее напряжение прессования составит

$$\sigma_M = \sigma_S (\lambda - 1) f \operatorname{ctg} \alpha_M / \lambda. \quad (9)$$

Оптимальный угол наклона образующей матрицы к оси прессования определяется из условия минимума полного напряжения прессования:

$$\frac{\partial}{\partial \operatorname{tg} \alpha_M} (\sigma_{\text{пл}} + \sigma_M) = 0. \quad (10)$$

После дифференцирования соотношений (5) и (9), преобразований и упрощений получим

$$\operatorname{tg}_M^{\text{опт}} = 1,14 \sqrt{\frac{f(\lambda - 1)}{\lambda}} \quad (11)$$

и соответственно

$$\alpha_M^{\text{опт}} = \operatorname{agctg} \left(1,14 \sqrt{\frac{f(\lambda - 1)}{\lambda}} \right). \quad (12)$$

На рис. 2 приведены расчетные значения оптимальных углов матриц при прессовании в зависимости от вытяжки для различных значений коэффициента трения. Из рис. 2 следует, что с увеличением λ и уменьшением f оптимальные углы матриц возрастают.

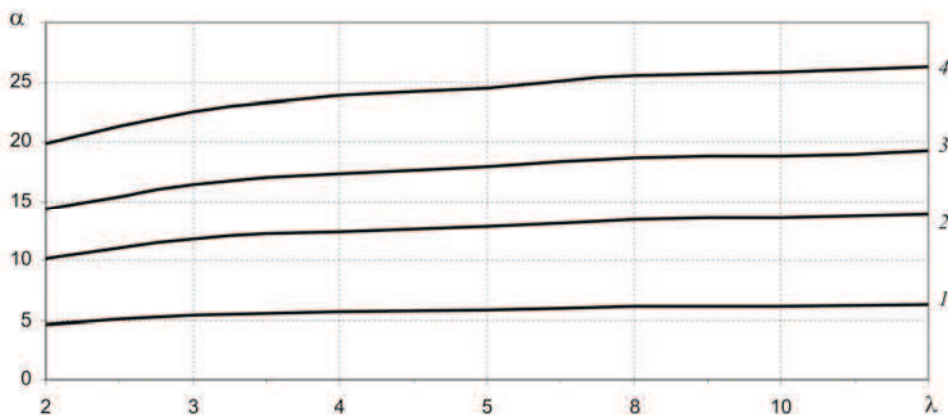


Рис. 2. Расчетные значения оптимальных углов при прессовании в зависимости от вытяжки для различных значений коэффициента трения:
 $1 - f = 0,01$; $2 - f = 0,05$; $3 - f = 0,1$; $4 - f = 0,2$

Выводы

1. Из условий минимума усилия прессования определены оптимальные углы матриц для прессования.
2. Показано влияние вытяжки и коэффициента трения на значения оптимальных углов.
3. Использование оптимальных углов конусности позволяет снизить энергоемкость процесса прессования.

Библиографический список

1. Перлин И.Л., Райтбаре Л.Х. Теория прессования металлов. – М.: Металлургия, 1975. – 448 с.
2. Гидропрессование труднодеформируемых тугоплавких металлов и сплавов / Г.Л. Колмогоров, В.Г. Михайлов, Ю.Л. Барков, В.Л. Карлинский. – М.: Металлургия, 1991. – 142 с.
3. Колмогоров Г.Л. Гидродинамическая смазка при обработке металлов давлением. – М.: Металлургия, 1986. – 168 с.
4. Колмогоров Г.Л., Кузнецова Е.В. О степени деформации при осесимметричном деформировании // Изв. вузов. Черная металлургия. 2000. – С. 31–33.

Получено 02.07.2011

G.L. Kolmogorov, N.A. Kosheleva, T.V. Chernova

The Perm national research polytechnic university

OPTIMIZATION OF GEOMETRY OF THE TECHNOLOGICAL TOOL AT PRESSING

In this article the technique of definition of optimum angles of the technological tool is offered at pressing. In an optimization basis the minimum pressure of pressing providing the minimum power inputs is necessary.

Keywords: pressing, minimization, an optimum angle, the pressing tool.