

УДК 621.777

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ПРЕССОВАНИИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ

© 2013 г. Г.А. Колмогоров, Н.А. Кошелева, Т.В. Чернова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)

Предложена методика определения оптимальных углов технологического инструмента при прессовании биметаллической заготовки. В основу оптимизации положено напряжение прессования, обеспечивающее минимальные энергозатраты в ходе процесса.

Ключевые слова: биметаллическая заготовка, прессование, оптимизация, минимизация, угол конусности, прессовый инструмент.

A technique to determine optimum taper angles of the technological tool in press forming a bimetallic piece part is proposed. The forming stress ensuring the minimum power consumption is taken in the basis of the optimization.

Keywords: bimetallic piece part, press forming, optimization, taper angle, pressing tool.

Для достижения необходимых производственных объемов выпуска низкотемпературных композиционных сверхпроводников (НТКСП), с учетом их соответствия все возрастающим требованиям качества, требуется решение задачи совершенствования и оптимизации технологии их производства. Важным является разработка теоретических основ и методик проектирования технологических процессов применительно к методам получения таких материалов, научно обосновывающих выбор технологических режимов и оснастки для повышения качества НТКСП и обеспечения высоких технико-экономических показателей.

Технология производства низкотемпературных сверхпроводниковых материалов — это многостадийный процесс. Важнейшими операциями, определяющими качество НТКСП, являются процессы прессования и многократного волочения с промежуточными термообработками [1].

На рис. 1 рассмотрена деформация прессованием сверхпроводниковой биметаллической сборной заготовки, состоящей из сердечника (Nb—Ti или Nb) и медной оболочки. Полагаем, что при прессовании составной заготовки коэффициент вытяжки одинаков и для сердечника, и для оболочки. Для цен-

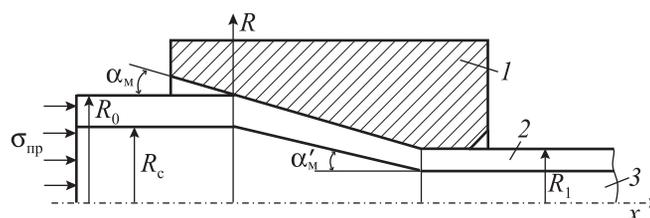


Рис. 1. Схема прессования биметаллической сборной заготовки

1 — пресс-форма, 2 — оболочка, 3 — сердечник
Пояснения к буквенным обозначениям см. в тексте

тральной части (сердечника) степень деформации равна [2]

$$\varepsilon_c = \ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha'_m, \quad (1)$$

где α'_m — угол наклона образующей сердечника к оси прессования, λ — коэффициент вытяжки.

Из геометрических соотношений рис. 1 следует

$$\operatorname{tg} \alpha'_m = \frac{R_c}{R_0} \operatorname{tg} \alpha_m, \quad (2)$$

где R_c — радиус сердечника, R_0 — наружный радиус заготовки.

С учетом уравнения (2) средняя степень дефор-

Колмогоров Г.А. — докт. техн. наук, проф., зав. кафедрой динамики и прочности машин ПНИПУ (614013, г. Пермь, ул. Проф. Поздеева, 13, кор. Г). Тел.: (342) 239-13-40. E-mail: dpm@pstu.ru.

Кошелева Н.А. — аспирантка той же кафедры. E-mail: nataly.kosheleva@gmail.com

Чернова Т.В. — канд. техн. наук, доцент той же кафедры.

мации сердечника описывается следующим образом:

$$\varepsilon_c = \ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \frac{R_c}{R_0} \operatorname{tg} \alpha_m. \quad (3)$$

Для усредненного значения сопротивления деформации сердечника составляющая напряжения, связанная с его пластической деформацией, с учетом соотношения (3) составит

$$\sigma_{пл}^c = \sigma_s^c \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \frac{R_c}{R_0} \operatorname{tg} \alpha_m \right). \quad (4)$$

Напряжению (4) соответствует доля полного усилия прессования центральной части (сердечника) биметаллической заготовки [3]:

$$P_c = \pi R_c^2 \sigma_s^c \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \frac{R_c}{R_0} \operatorname{tg} \alpha_m \right). \quad (5)$$

Аналогичный расчет выполнен для наружной части (оболочки) биметаллической заготовки.

Напряжение прессования оболочки для усредненного значения сопротивления деформации равно

$$\sigma_{пл}^o = \sigma_s^o \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_m \right), \quad (6)$$

где σ_s^o — усредненное значение сопротивления деформации материала оболочки.

Соответственно, доля общего усилия прессования, затраченного на деформацию, составит

$$P_c = \pi (R_0^2 - R_c^2) \sigma_s^o \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_m \right). \quad (7)$$

Для оболочки необходим учет сил трения в рабочей части зоны деформации. Проекция результирующей сил трения на ось прессования запишется в виде формулы

$$T_m = \sigma_s^o \pi R_1^2 (\lambda - 1) f \operatorname{ctg} \alpha_m, \quad (8)$$

где R_1 — радиус наружной поверхности биметаллической заготовки на выходе.

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

$$\sigma_m^o = \sigma_s^o (\lambda - 1) f \operatorname{ctg} \alpha_m / \lambda. \quad (9)$$

Оптимальный угол наклона образующей матрицы к оси прессования определен из условия минимума полного напряжения прессования, и α_m зависит лишь от $\sigma_{пр}^c$, $\sigma_{пр}^o$, σ_m^o , поэтому

$$\frac{\partial}{\partial (\operatorname{tg} \alpha_m)} (\sigma_{пр}^c + \sigma_{пр}^o + \sigma_m^o) = 0. \quad (10)$$

Суммарное напряжение прессования, включающее лишь величины, зависящие от α_m , при этом равно

$$\sigma_\Sigma = \sigma_s^c \frac{R_c^2}{R_0^2} \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \frac{R_c}{R_0} \operatorname{tg} \alpha_m \right) + \sigma_s^o \left(1 - \frac{R_c^2}{R_0^2} \right) \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_m \right) + \sigma_s^o \frac{R_1^2}{R_0^2} (\lambda - 1) f \operatorname{ctg} \alpha_m. \quad (11)$$

Выражение (11) после преобразований можно представить в виде

$$\sigma_\Sigma = \sigma_s^c \bar{R}_c^2 \left(\ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \bar{R}_c \operatorname{tg} \alpha_m \right) + \sigma_s^o \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right) \left(f \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha_m} + \ln \lambda + \frac{4}{3\sqrt{3}} \operatorname{tg} \alpha_m \right), \quad (12)$$

где $\lambda = R_0^2 / R_1^2$ — коэффициент вытяжки, $\bar{R}_c = R_c / R_0$.

После дифференцирования уравнения (12) по $\operatorname{tg} \alpha_m$, преобразований и упрощений получим

$$\alpha_m^{\text{opt}} = \operatorname{arctg} \left[1,97 \sqrt{\frac{f(\lambda - 1)}{\lambda [1 - \bar{R}_c^2 + (\sigma_s^c / \sigma_s^o) \bar{R}_c^3]}} \right]. \quad (13)$$

На рис. 2 представлены результаты расчетов по формуле (13) при коэффициенте трения $f=0,1$ и отношении $\sigma_s^c / \sigma_s^o = 3,33$, которое соответствует горячему прессованию биметаллической сверхпроводящей заготовки, состоящей из ниобиевого сердечника и медной оболочки, для температуры 600 °С. При

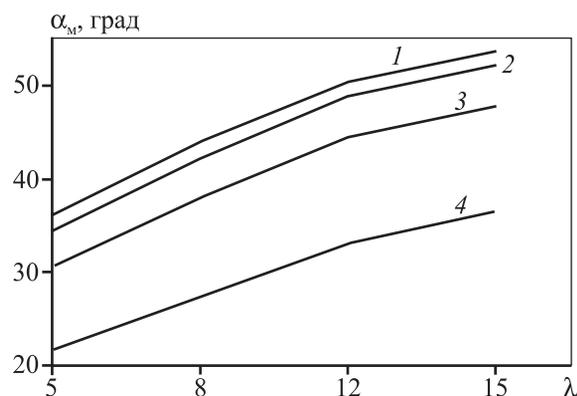


Рис. 2. Зависимость оптимального угла конусности от коэффициента вытяжки при прессовании биметаллической заготовки при $f = 0,1$ и $\sigma_s^c / \sigma_s^o = 3,33$
 1 — $R_c = 0,25$, 2 — $0,45$, 3 — $0,65$, 4 — $1,0$

этой температуре для Nb $\sigma_s^c = 30$ МПа, для меди $\sigma_s^o = 9$ МПа [4].

Как следует из рис. 2, при прессовании биметаллической заготовки размер угла конусности зависит не только от коэффициента вытяжки, но и от соотношений геометрических размеров заготовки и условий трения.

ВЫВОДЫ

1. Из условий минимума усилия прессования определены оптимальные углы матриц для прессования биметаллической заготовки.

2. Показано влияние коэффициентов вытяжки и трения на значения оптимальных углов.

3. Применение матриц с оптимальным углом ко-

нусности позволяет снизить энергоемкость процесса прессования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колмогоров Г.Л., Трофимов В.Н., Штуца М.Г., Чернова Т.В. Механика пластического деформирования трансверсально-изотропных композиционных сверхпроводниковых материалов. Пермь: ПНИПУ, 2011.
2. Колмогоров Г.Л. Гидродинамическая смазка при обработке металлов давлением. М.: Металлургия, 1986.
3. Перлин И.Л., Райтбарг Л.Х. Теория прессования металлов. М.: Металлургия, 1975.
4. Третьяков А.В., Зюзин В.И. Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением. М.: Металлургия, 1973.

УДК 621.7

НАПРЯЖЕНИЕ ВОЛОЧЕНИЯ СПЛОШНЫХ ПРОФИЛЕЙ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

© 2013 г. В.Н. Трофимов, Т.В. Кузнецова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)

При проектировании процесса волочения профилей прямоугольного сечения удобно использовать аналитические выражения, позволяющие оперативно оценивать влияние разных технологических факторов. Применение волочильного инструмента с оптимальными углами позволяет сократить энергозатраты, снизить разрушение и дефектность заготовки. В данной работе предлагается методика расчета напряжения волочения профиля прямоугольного сечения. Получены формулы для расчета напряжения волочения и определения оптимальных углов канала волочильного инструмента. Показано, что оптимальные углы зависят от коэффициентов трения и вытяжки.

Ключевые слова: прямоугольный профиль, напряжение волочения, волочильный инструмент, оптимальный угол.

In designing the rectangular section drawing process, it is convenient to use the analytical expressions allowing estimating at once the effect of various process factors. The use of drawing tools with optimum angles makes possible to lower the power consumption, destruction, and unsoundness of piece part. The design procedure for calculation of rectangular section drawing stresses is proposed. Formulas for calculation of drawing stress and definition of optimum angles of the drawing tool channel are derived. The optimum angles are shown to depend on friction and reduction ratio.

Key words: rectangular section, drawing stress, drawing tool, optimum angle.

Длинномерные профили прямоугольного сечения из цветных и черных металлов и сплавов широко применяются в разных областях в промышленности. Например, в приборостроении и электротехнике

используются алюминиевые и медные электропроводники такого профиля для изготовления магнитных систем приборов и оборудования, так как позволяют получить высокую степень заполнения

Трофимов В.Н. – докт. техн. наук, профессор кафедры динамики и прочности машин ПНИПУ (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29). Тел.: (342) 239-13-40. E-mail: dpm@pstu.ru, tvn_perm@mail.ru.

Кузнецова Т.В. – аспирант той же кафедры.