

рицы. В то же время распределение плотности по длине трубчатого изделия носит равномерный характер.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что калибрование пористых труб приводит к их уплотнению и при правильном выборе профиля инструмента и создании соответствующих условий трения на контактирующих поверхностях обеспечивает получение изделия хорошего качества. Однако применение способа ограничено из-за невозможности калибрования толстостенных пористых труб ввиду неравномерного распределения плотности материала по толщине стенки калибруемого изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Феноменологические теории прессования порошков / М.Б. Штерн, Г.Г. Сердюк, Л.А. Максименко и др. — Киев, 1982. — 140 с. 2. Сегал В.М., Макушок Е.М., Резников В.И. Исследование пластического формоизменения металлов методом муаровых полос. — М., 1974. — 200 с.

УДК 539.374

А.С. МАТУСЕВИЧ, д-р техн.наук,
И.Х. ЧУТАЕВ, канд.техн.наук (ФТИ АН БССР)

УДЕЛЬНЫЕ УСИЛИЯ ПРЕССОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Повышение прочностных характеристик изделий сложной конфигурации путем их упрочнения волокнами является одной из наиболее трудоемких задач. Разнообразные профили из композиционных материалов со сплошным и частичным армированием могут быть получены с использованием жидкофазной и твердофазной технологий. В первом случае применяется метод непрерывного литья [1], во втором — изостатическое прессование набора однослойных лент, полученных прокаткой или плазменным напылением материала матрицы, а также гибка листовых композиционных материалов в штампах или на профилегибочных станах [2]. При частичном армировании изготавливают профили с одним или несколькими сквозными отверстиями, полости заполняют непрерывными волокнами, а полученную заготовку пропитывают смолой [3].

Для получения частично армированных профилей с металлической матрицей разработан комбинированный способ, включающий непрерывное литье композиционных стержней и последующую их опрессовку материалом оболочки с одновременным формообразованием в профильной матрице [4]. Способ осуществляется на стандартных гидравлических прессах с использованием оснасток для прямого и бокового прессования.

В результате исследований установлено, что прочность соединения композиционного стержня с оболочкой зависит от физико-механических свойств материалов матрицы и оболочки, технологического режима изготовления и шероховатости поверхности упрочняющих стержней, температурно-скоростных параметров прессования и степени деформации материала оболочки в зоне непосредственного контакта со стержнем. Правильный выбор силовых воздейст-

вий в процессе прессования композиционных профилей имеет исключительно важное значение, поскольку превышение усилий часто приводит к разрушению упрочняющих элементов, а недостаточные усилия не обеспечивают прочного соединения стержня с оболочкой.

Рассмотрим процесс формирования композиционных профилей в условиях плоской деформации (рис. 1). Такая схема деформации реализуется при получении слоистых композиций. Элементы плоской деформации имеют место в процессе получения композиционных профилей в случае упрочнения их стержнями прямоугольного сечения.

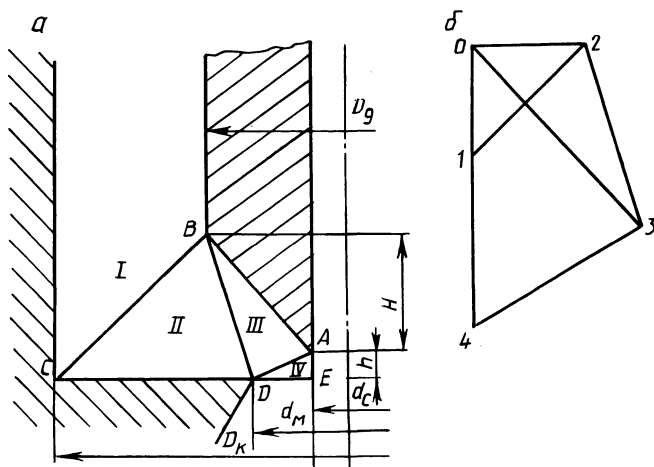


Рис. 1. Кинематически возможное поле скоростей (а) и годограф (б)

Принятое кинематически возможное поле скоростей (см. рис. 1) предполагает, что деформирование осуществляется посредством относительного скольжения по граничным плоскостям между треугольными блоками, внутри которых деформированное состояние материала однородно.

Мощность пластической деформации

$$W = k \sum [v]_{ij} A_{ij} + \sum \tau_k [v]_{ik} A_{ik}, \quad (1)$$

где k — пластическая постоянная материала матрицы; $[v]_{ij}$ и A_{ij} — скорость относительного перемещения и площадь плоскости скольжения между блоками i и j ; τ_k , A_{ik} и $[v]_{ik}$ — напряжение трения, площадь контакта и скорость относительного скольжения между блоком k и контактной поверхностью инструмента.

Тогда удельное усилие деформирования в соответствии с (1)

$$\frac{p}{2k} = \frac{1}{2(D_{\kappa} - D_{\Delta})v_0} (\sum [v]_{ij} A_{ij} + 2\mu \sum [v]_{ik} A_{ik}), \quad (2)$$

где v_0 — скорость перемещения инструмента.

В соответствии с рис. 1, а имеем

$$A_{BC} = \sqrt{(D_{\kappa} - D_{\text{д}})^2 + (H+h)^2}; \quad A_{BD} = \sqrt{(D_{\text{д}} - d_{\text{м}})^2 + (H+h)^2};$$

$$A_{AD} = \sqrt{(d_{\text{м}} - d_{\text{с}})^2 + h^2}; \quad A_{CD} = D_{\kappa} - d_{\text{м}}. \quad (3)$$

Разрывы скоростей по граничным плоскостям и скорость перемещения зоны 4 определяем из годографа (рис. 1, б):

$$[v]_{02} = \frac{v_0 (D_{\kappa} - D_{\text{д}})}{H+h}; \quad [v]_{12} = \frac{v_0 \sqrt{(H+h)^2 + (D_{\kappa} - D_{\text{д}})^2}}{H+h};$$

$$[v]_{03} = \frac{v_0 (D_{\kappa} - D_{\text{д}}) \sqrt{(D_{\text{д}} - d_{\text{с}})^2 + H^2}}{(d_{\text{м}} - d_{\text{с}})H + (D_{\text{д}} - d_{\text{с}})h}; \quad v_4 = v_0 \frac{D_{\kappa} - D_{\text{д}}}{d_{\text{м}} - d_{\text{с}}}; \quad (4)$$

$$[v]_{34} = \frac{v_0 (D_{\kappa} - D_{\text{д}}) (D_{\text{д}} - d_{\text{с}}) \sqrt{(d_{\text{м}} - d_{\text{с}})^2 + h^2}}{(d_{\text{м}} - d_{\text{с}})H + (D_{\text{д}} - d_{\text{с}})h};$$

$$[v]_{23} = \frac{v_0 (D_{\kappa} - D_{\text{д}}) H \sqrt{(H+h)^2 + (D_{\text{д}} - d_{\text{м}})^2}}{[(d_{\text{м}} - d_{\text{с}})H + (D_{\text{д}} - d_{\text{с}})h] (H+h)}.$$

После подстановки (3) и (4) в (2) и соответствующих преобразований для удельных усилий деформирования будем иметь

$$\frac{p}{2k} = \frac{(H+h)^2 + (D_{\kappa} - D_{\text{д}})^2}{2(D_{\kappa} - D_{\text{д}})(H+h)} + \frac{H[(H+h)^2 + (D_{\text{д}} - d_{\text{м}})^2]}{2[(d_{\text{м}} - d_{\text{с}})H + (D_{\text{д}} - d_{\text{с}})h](H+h)} +$$

$$+ \frac{[(D_{\kappa} - D_{\text{д}})^2 + h^2](D_{\text{д}} - d_{\text{с}})}{2(d_{\text{м}} - d_{\text{с}})[(d_{\text{м}} - d_{\text{с}})H + (D_{\text{д}} - d_{\text{с}})h]} +$$

$$+ \frac{\mu(D_{\kappa} - D_{\text{д}} + H)}{H+h} + \frac{\mu(D_{\text{д}} - d_{\text{с}})^2}{(d_{\text{м}} - d_{\text{с}})H + (D_{\text{д}} - d_{\text{с}})h}. \quad (5)$$

Удельные усилия прессования, определяемые уравнением (5), соответствуют экспериментальным данным при прессовании композиционных профилей с оболочкой из сплава Д16 и композиционным стержнем Ал2-бор. На основании этого уравнения можно определить зазор между дорном и матрицей, обеспечивающий максимальную прочность соединения компонентов, которая для указанной композиции составляет 70...90 МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. М а т у с е в и ч А.С. Композиционные материалы на металлической основе. — Минск, 1978. — 215 с. 2. Исследование процесса получения гнутых профилей из боралю-

миния /А.И. Колпашников, Е.А. Павлов, В.А. Киселев и др. // Композиционные материалы. — М., 1981. — С. 136—139. 3. М а й е р Н.Д. Гражданская авиация // Применение композиционных материалов в технике. — М., 1978. — С. 36—77. 4. Технологические процессы получения волокнистых композиционных материалов на металлической основе / В.П. Северденко, А.С. Матусевич, И.П. Прокопов, И.Х. Чутаев: Информ. листок / БелНИИНТИ. — Минск, 1976. — Сер. 10-05, № 330. — 3 с.

УДК 621.774.372:621.9.048.6

С.Н. ВИНЕРСКИЙ,
М.В. ЛОГАЧЕВ, канд.техн.наук (БПИ)

ЗОНА УСТОЙЧИВОГО ВОЛОЧЕНИЯ ТРУБ НА САМОУСТАНОВЛИВАЮЩЕЙСЯ ОПРАВКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

Максимально возможное обжатие при волочении труб на самоустанавливающейся оправке для идеально пластичного металла [1]

$$\epsilon = \left(1 - \frac{h}{h_0}\right) = 1 - \left(\frac{1 + 0,133}{1 + B}\right)^{1/B},$$

где h_0 и h — первоначальная и переменная толщина труб; $B = \frac{f_1 + f_2}{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta}$ и

$B = \frac{2f}{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta}$, если волока и оправка изготовлены соответственно из раз-

ных материалов и из одного материала, т.е. $f_1 = f_2 = f$; f_1, f_2 — коэффициенты трения соответственно для поверхностей контакта волока — труба и труба — оправка; f — коэффициент трения на поверхностях контакта трубы с волокой и оправкой; α и β — углы соответственно волоки и оправки.

При этом виде волочения величина B всегда положительна, так как $f_1 > 0, f_2 > 0$ и угол волоки больше угла оправки, в противном случае процесс волочения невозможен.

Теоретически наибольшее относительное обжатие, равное 57,95 %, можно получить при $B = 0$, т.е. при отсутствии трения. В случае волочения на самоустанавливающейся оправке деформации в пределах от 8 до 58 % соответствуют значениям B от 20 до 0. Упрочнение повышает допустимую степень обжатия.

Снижения B , а следовательно, увеличения максимально возможной степени деформации можно добиться, уменьшив коэффициент трения на поверхностях контакта, не меняя при этом геометрии оправки и волоки, или угол оправки при тех же условиях трения, а максимального эффекта можно достигнуть лишь путем одновременного снижения коэффициентов трения и угла оправки. Однако во всех случаях необходимо соблюдение условия [2]

$$1 < (\operatorname{tg}\beta/f_2) \leq 2.$$

Используя крайние значения $\operatorname{tg}\beta/f_2$, найдем область устойчивого волочения на самоустанавливающейся оправке через волоку с углом $\alpha = 12^\circ$.

Как видно из рис. 1, снижение коэффициента трения без изменения угла конусности оправки может привести к некоторому повышению степени де-