

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 САМОУСТАНАВЛИВАЮЩЕЙСЯ 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;  $\alpha$  и  $\beta$  — 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-

формации за проход и к нарушению стабильности процесса, и лишь совместное уменьшение угла конусности оправки и коэффициента трения с сохранением условия равновесия оправки увеличивает критическую степень деформации при стабильности процесса волочения.

При проведении исследований по волочению труб  $\varnothing 18 \times 1$  мм из меди МЗ на самоустанавливающейся оправке при скорости волочения 0,27 м/с в качестве смазочного материала использовался сухой мыльный порошок. Волочение производили через волоку с рабочим диаметром 15 мм и углом конусности  $12^\circ$ , изготовленную из стали ШХ15 (60...62 HRC<sub>3</sub>). Материал оправки — сталь У10А (58...61 HRC<sub>3</sub>).

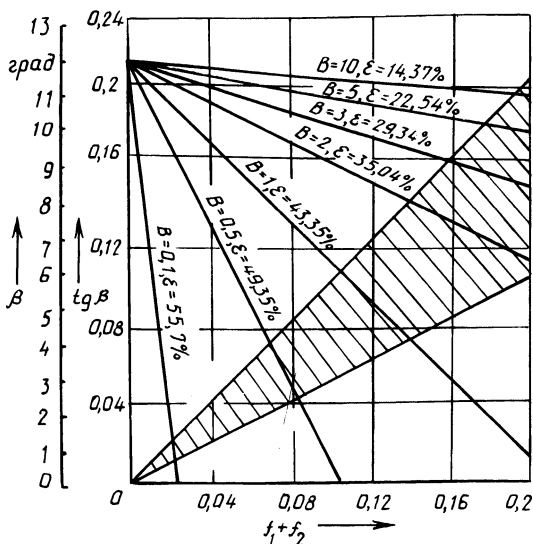


Рис. 1. Зона устойчивого волочения труб (заштрихована) на самоустанавливающейся оправке через волоку с углом конусности  $\alpha = 12^\circ$

Источником ультразвуковых колебаний служил генератор УЗГ-10У и магнитострикционный преобразователь ПМС-15А-18. Амплитуда смещений в пучности радиальных колебаний волоки составляла 0,01 мм. Усилие волочения фиксировали с помощью мессдозы растяжения через тензометрический усилитель ТА-5 на ленте быстродействующего самопишущего прибора Н320-З.

Результаты показали, что, если при обычном волочении на самоустанавливающейся оправке с углом конусности  $4^\circ 30'$  максимальное обжатие по стенке трубы составляет 33,5 %, то при волочении с ультразвуком оно достигло 38,5 %. Дальнейшее увеличение степени деформации при волочении с применением ультразвука приводило к нарушению стабильности процесса. Так, при деформации 40,5 % обрыв происходил у 60 % исследованных труб. При применении оправки с углом конусности  $4^\circ$  максимальная степень деформации по стенке при волочении с ультразвуком составляла 44 %.

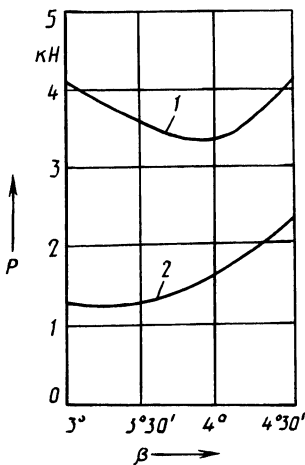


Рис. 2. Зависимость усилия волочений  $P$  от угла оправки  $\beta$ :

1 — при обычном волочении; 2 — с применением ультразвука

Исследования по определению зависимости эффективности действия ультразвуковых колебаний от угла оправки производили при скорости волочения 0,08 м/с (рис. 2). Деформация по стенке трубы составила 20%. Таким образом, ультразвуковые колебания способствуют снижению усилия волочения, причем эффект от их воздействия зависит от угла конусности оправки.

Установлено, что при обычном волочении оптимальный угол конусности оправки, при котором усилие, а следовательно, и напряжение волочения минимальны, равен  $3^\circ 50'$ , при волочении с применением ультразвука он составляет  $3^\circ 10'$ ,

т.е. зона оптимальных углов сдвигается в сторону меньших значений.

Следовательно, с целью максимального снижения усилия волочения, повышения степени деформации и стабильности процесса волочение на самоустанавливающейся оправке с применением ультразвука необходимо вести при меньших углах оправки, чем в случае обычного волочения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гофман О., Закс Г. Введение в теорию пластичности для инженеров. — М., 1957. — 280 с. 2. Биск М.Б., Швейкин В.В. Волочение труб на самоустанавливающейся оправке. — М., 1963. — 128 с.

УДК 621.762.4

Л.С. БОГИНСКИЙ, О.П. РЕУТ,  
Л.Е. РЕУТ, кандидаты техн. наук (БПИ)

### ВОЛОЧЕНИЕ ТОНКОСТЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ, ЗАПОЛНЕННОЙ ПОРОШКОВЫМ МАТЕРИАЛОМ

Одним из способов получения двухслойных цилиндрических изделий (в частности, труб с пористым покрытием) является волочение тонкостенной металлической оболочки, заполненной порошковым материалом, через жесткую коническую матрицу (рис. 1).

В данной работе рассматривается напряженное состояние металлической оболочки в очаге деформации. При решении задачи волочения предполагаем, что толщина стенки оболочки настолько мала по сравнению с ее диаметром, что пластическим изгибом и изменением напряжений по толщине стенки мож-