

медной трубе ЖЖ24 x 1,5мм в полутвердом состоянии. Глубина внедрения бойка во всех случаях была одинакова. Анализ показывает, что с уменьшением радиуса бойка R усилие внедрения возрастает. Кроме этого, затрудняется устранение углубления при волочении.

Увеличение радиуса снижает усилие, но одновременно снижается и точность фиксации отрезка сердечника. Поэтому целесообразно применять бойки с радиусом, равным диаметру трубной заготовки.

$$R \cong D_{\text{т.заг}}$$

Таким образом, волочение составных теплообменных труб по "сосисочной" технологии позволяет повысить производительность сборки, снизить трудоемкость изготовления, сэкономить дорогостоящий материал, повысить качество труб.

СПОСОБ ВОЛОЧЕНИЯ ТРУБ С ВНУТРЕННИМ СПИРАЛЬНЫМ РИФЛЕНИЕМ

Каргин В.Р., Горшков Ю.С., Кузин В.В., Яшпаров Н.Г.

*Самарский государственный аэрокосмический университет
443086 Самара, Московское шоссе, 34*

АННОТАЦИЯ. Приведены результаты волочения труб с внутренним спиральным рифлением на самовращающейся оправке. Предложен способ изготовления таких труб методом раздачи волочением.

Проблема создания высокоэффективных теплообменных аппаратов неразрывно связана с разработкой и освоением технологии производства новых видов теплообменных труб с высокоразвитой поверхностью, позволяющих резко увеличить эффективность теплообмена [1]. Типичными представителями таких труб являются трубы с нанесенными на внут-

ренной поверхности многочисленными спиральными рифлениями.

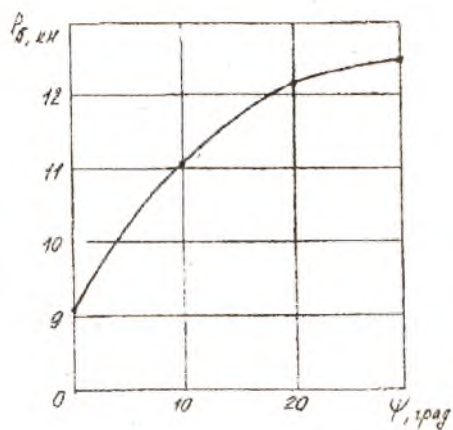
Известны различные способы получения труб с внутренними, расположенными по винтовой линии, рифлениями [2]. Согласно одному из них [3] предусматривается обжатие гладкого листа между гладким валком и валком со спиральными канавками для формирования мелких диагональных ребер. Затем такой лист свертывают в трубу с внутренними спиральными рифлениями, у которой стыкуют между собой продольные кромки, а затем их сваривают. Такие трубы можно изготовить прессованием [2] или прокаткой [4], когда на оправке выполнены неглубокие спиральные пазы, а также накаткой [5]. Одним из перспективных способов их производства является волочение [6-9].

Формирование спиральных рифлений изнутри труб при волочении реализуется за счет специальной калибровки оправки со спиральными выступами малого поперечного сечения. Волочение проводят с помощью оправки, либо принудительно вращаемой в процессе волочения [6,7] либо самоустанавливающейся [8], либо закрепленной в осевом направлении, но свободно — вращаемой [9].

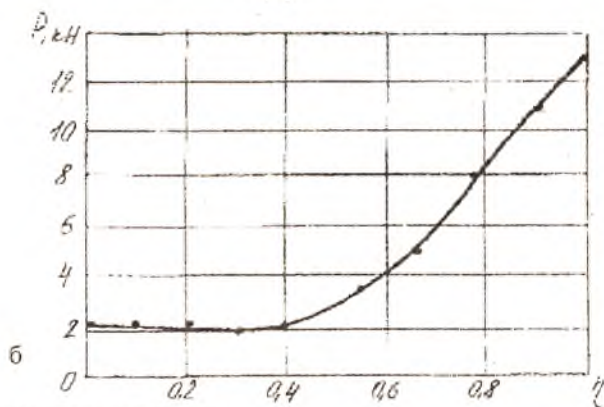
Увеличенная в несколько раз контактная поверхность трения по развитой поверхности оправки существенно усложняет процесс волочения, вследствие чего возникает значительное усилие деформирования. Эксперименты по волочению медных труб на свободно вращаемой оправке со спиральными выступами показали, как влияют различные факторы на величину усилия волочения. Эти зависимости приведены на рис. 1.

С целью снижения усилия волочения был предложен способ, представленный на рис. 2.

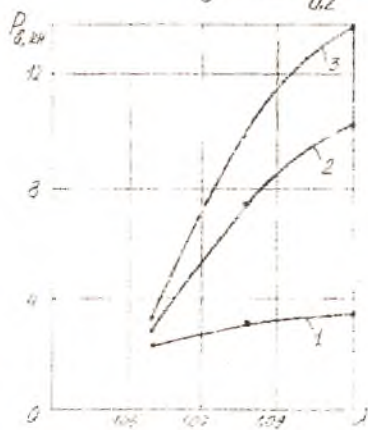
Изготовление труб с внутренними винтовыми канавками предполагается проводить в два прохода волочения. Первый проход волочения — это обжатие трубной заготовки до внедрения выступов треугольной формы на необходимую глубину в стенку трубы.



а



б



в

Рис.1. Зависимость усилия во-
лочения: а) от угла подъе-
ма спирали зубчатых вы-
ступов оправки; б) поло-
жения оправки в канале
волокна; в) дробности де-
формации

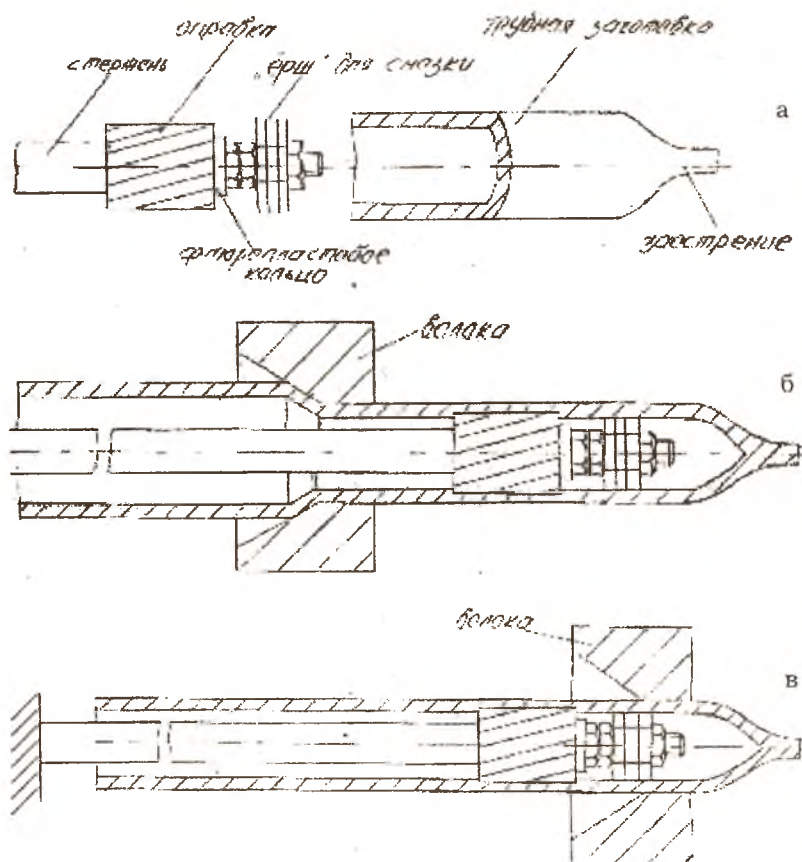


Рис. 2. Технологическая схема предлагаемого способа волочения труб с внутренними винтовыми канавками: а) втапливание стержня с оправкой; б) совместное волочение; в) раздача

Оправка со стержнем не закреплена на волочильном стане. Вначале оправку со стержнем вставляют в трубную заготовку до упора с заострением (рис. 2а). На конце оправки установлен "ерш", предварительно обильно смазанный, что обеспечивает равномерное нанесение смазки на внутреннюю поверхность трубы при вставлении оправки внутрь. Далее

проводится волочение с незакрепленным стержнем. После волочения оправка жестко зафиксирована в трубе (рис. 2б). Второй ход волочения – это раздача трубы на свободно вращающейся оправке (рис. 2в). Вращение оправки на стержне обеспечивается фторопластовым кольцом. Стержень закреплен на стане. При вытягивании оправки из трубы она слегка раздает и накатывает спиральную поверхность внутри трубы. Чтобы обеспечить прямолинейность операции раздачи на оправке, трубу пропускают через ту же волоку, используемую в первом переходе волочения. Течение металла между оправкой и волокой обеспечивает заполнение винтовых канавок на оправке. Усилие, приложенное к заострению заготовки при раздаче, будет меньшим, чем при волочении на закрепленной короткой оправке, но свободно вращаемой. Это обеспечит устойчивость процесса и формирование спиральной поверхности внутри трубы заданной геометрии.

Для определения технологических возможностей волочения труб с внутренним спиральным рифлением важно знать величину давления затекания металла в треугольные канавки. Решение задачи методом совместного решения уравнения равновесия и условия пластичности с учетом того, что трение по контактной поверхности инструмента описывается законом трения по Кулону, а для учета упрочнения используется значение усредненного предела текучести на верхней и нижней границе очага пластической деформации, дает выражение для определения давления затекания металла в треугольные канавки:

$$P = \sigma_T \left(1 + \frac{tg\alpha}{\mu} \right) \left[1 - \left(1 - \frac{h}{S_0} tg\alpha \right)^{\frac{\mu}{tg\alpha}} \right],$$

где α – полуугол при вершине канавки;

h – глубина затекания металла в канавку;

S_0 – половина основания треугольной канавки;

σ_T – усредненный предел текучести материала трубы.

Решая совместно упрощенные уравнения равновесия и условие пластичности, можно получить выражение для определения напряжения раздачи волочением

$$\sigma_{PB} = \frac{1 + k \mu \operatorname{ctg} \alpha}{1 - k \mu \operatorname{tg} \alpha} \lg \frac{D_{СК}}{D_{СН}}$$

где $D_{ск}$ и $D_{сн}$ — конечный диаметр средней линии и начальный диаметр средней линии соответственно,

k — коэффициент, учитывающий увеличение поверхности трения.

$$K = \frac{\Pi_{рифл}}{\Pi_{равнкp}} \frac{1}{\cos \varphi},$$

где $\Pi_{рифл}$ — периметр наружного контура поперечного сечения рифленой оправки;

$\Pi_{равнкp}$ — периметр равновеликого по площади круга, равного площади поперечного сечения рифленой оправки;

φ — угол подъема винтовой канавки.

Давление на внутренней поверхности трубы при раздаче волочением

$$\sigma_{пх} = \frac{2\sigma_T t_H}{D_{СК}(1 - \mu \operatorname{tg} \alpha)},$$

где t_H — начальная толщина стенки трубы.

Если приравнять давление затекания металла в треугольные канавки давлению на внутренней поверхности трубы при раздаче волочением, то нетрудно найти коэффициент вытяжки при раздаче, обеспечивающий заполнение канавок на рифленой оправке:

$$\lambda = \frac{D_{СК}}{D_{СН}}$$

Предварительные эксперименты по изготовлению труб с внутренним спиральным рифлением предложенным способом показали качественное, полное заполнение спиральных канавок. Количество канавок на трубе равно количеству зубообразных выступов на оправке. Предложенная технология обеспечивает получение внутренней и наружной поверхности высокой чистоты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теплообменные аппараты холодильных установок / Г.Н. Данилова, С.Н. Богданов, О.П. Иванов и др. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1986.
2. Каргин В.Р. Процессы получения винтовых профилей и труб. - М.: Металлургия, 1994.
3. Труба с внутренним оребрением и способ ее изготовления: Пат. 5219374 США: МКИ В21С 37/08.
4. Производство металлических труб со спиральными ребрами на внутренней поверхности. Пат. 62-235086 Япония: МКИ В21С 1/22, В21В 19/06.
5. Щуров И.А. Накатывание многозаходных винтовых канавок в трубах. // Станки и инструменты, 1992, №5. - с.25-27.
6. Способ внутреннего оребрения труб. Пат. 61-60213 Япония: МКИ В21С 1/00.
7. Способ и оборудование для производства труб со спиральными ребрами на внутренней поверхности. Пат. 61-266122 Япония: МКИ В21С 1/00, 37/15.
8. А.с. 1528593 СССР Самоустанавливающаяся оправка для волочения труб / Вадриш В.И., Андрищев А.М., Попов В.М. и др. Опубл. В 5 п 1986 №46.
9. Способ холодного волочения труб с внутренним рифлением: Пат. 55-41654 Япония: МКИ В21С 37/20.