

УДК 621.774

## **АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ВИНТООБРАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА И ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОФИЛЯ ПРЕССОВАННЫХ ТРУБ**

*Я.И. Космацкий*

В статье представлен анализ теоретических исследований, направленных на определение устойчивого винтообразного течения металла, в частности, при изготовлении горячепрессованных труб с оребрением внутренней поверхности.

Ключевые слова: прессование полых профилей, винтообразное течение металла, трубы с винтообразным оребрением внутренней поверхности.

Для обоснования выбора оптимальной технологии прессования труб с внутренним винтообразным оребрением, энергосиловых параметров, температурно-скоростных режимов деформации, а также расчетов прочности и долговечности прессового инструмента, необходим комплекс математических моделей процесса, обеспечивающий определение усилия прессования и крутящего момента пресс-иглы.

Характер изменения усилия прессования зависит от угла подъема винтовой линии. В результате подпора, образующегося в спирально-расположенных каналах оребрения на пресс-игле, со стороны закручивающейся части заготовки после выхода из обжимной зоны возникает противодавление, которое с увеличением угла подъема винтовой линии оребрения вызывает значительное повышение пластических сдвигов в плоскости, перпендикулярной оси изделия, и соответственно деформирующего усилия [1].

Известна методика оценки технической возможности изготовления изделий прессованием, путем вычисления коэффициента прессуемости [2]. Однако все предложенные коэффициенты прессуемости не могут быть без изменения использованы для случая оребренных изделий, так как не учитывают толщину элементов (ребер, трубы), а также число наружных и внутренних ребер. Сравнительно простая количественная оценка сложности ребристых изделий выполнена по относительным размерам отдельных трудновыполнимых элементов этих изделий [3]. Рассмотрено поперечное сечение ребристой трубы с наружными и внутренними продольными ребрами. В качестве основных параметров, характеризующих геометрию цилиндрической части трубы, выбраны следующие: толщина стенки, средний радиус, количество наружных и внутренних ребер соответственно, толщина ребра.

Как показано в работе [4], форма поперечного сечения прессуемого изделия влияет на усилие и скорость прессования, характеризуемого высокой сложностью изготовления изделия. Нагрев слитка позволяет снизить величину усилия прессования. Кроме того, известно [5], что при прочих равных условиях быстрее прессуются изделия круглых поперечных сечений, медленнее изделия сложных форм, особенно тонкостенные.

Усилие прессования можно определять по зависимостям представленным в работе [5], однако, требуется определенная корректировка, применительно к прессованию труб с внутренним винтообразным ребрением. Поперечное сечение этих труб – сложная фигура, образованная сопряжением ребер и гладкой части трубы, ввиду чего задача аналитически не решается. Поэтому трубу можно представить, состоящей из отдельных элементов: цилиндра с винтовым расположением волокон металла и внутренних спиральных ребер, для которых, известны аналитические решения. В этом случае усилие необходимое для пластической деформации можно записать как сумму сил, необходимых для образования цилиндра и сил для образования ребрения. В свою очередь, для учета деформации кручения, необходимо вести учет еще одной дополнительной составляющей.

Для оценки усилия прессования необходимо знание сопротивления металла пластической деформации. Существует методика для определения среднего значения сопротивления металла пластической деформации, сущность которой заключается в скручивание двух сплошных образцов разных диаметров, что сводит к минимуму ошибки, связанные с неравномерным распределением скорости и величины деформации в поперечном сечении сплошного образца. Этот метод особенно перспективен для определения сопротивления металла пластической деформации при прессовании винтовых профилей, так как величина деформации в этом случае велика и ее нельзя получить другими способами испытаний [6].

Одними из основных граничных условий математического описания процесса прессования труб с внутренним винтообразным ребрением являются геометрические параметры прессового инструмента, обеспечивающего получение изделий заданной геометрии, а также, надежное отделение отпрессованной трубы от инструмента. При этом, как показано в работе [3], при прессовании изделий с тонкими ребрами, из-за неравномерности скоростей истечения, могут возникать дефекты (гофры, коробление, невыполнение формы и т.д.), что подтверждает необходимость оптимальной конструкции инструмента. Если при прессовании на изделии появляются гофры, коробление, то для их устранения на матрице рекомендуется применять тормозные пояски различной ширины, «питатели» или коническо-ступенчатые пресс-иглы. Например, регулируя положение пресс-иглы относительно матрицы, всегда можно добиться выравнивания скоростей истечения ребер и цилиндрической части трубы [3].

Для прессования изделий с внутренним продольным оребрением используют чаще всего цилиндрические пресс-иглы с пазами. Если пресс-игла неподвижна, то рекомендуется контур оребрения выполнять на калибрующем участке пресс-иглы, заходящем в очко матрицы. Если пресс-игла подвижная, то для получения труб с продольными ребрами применяют пресс-иглы с внутренними пазами, длина которых равна длине хода пресс-иглы. Это может создать определенные трудности как при изготовлении пресс-игл, так и при их эксплуатации. Кроме того, вследствие значительной протяженности зоны трения металла, формирующего ребра, на их поверхности часто наблюдаются гофры, риски и надрывы. Поэтому, подвижные пресс-иглы целесообразно применять при прессовании труб с «низкими» ребрами, неподвижные – для прессования труб с высокими ребрами [3].

Металл, затекающий в пазы на пресс-игле, образует ребра. Высота ребра зависит, прежде всего, от величины радиального контактного давления, чем оно больше, тем выше ребро в данной точке. Кроме того, высота ребра зависит от ширины паза: чем меньше ширина паза, тем большее давление необходимо для формирования ребра. Для цилиндрической неподвижной пресс-иглы высота ребра также зависит от угла подъема винтовой линии паза и шага ребра: с уменьшением шаг, уменьшается высота ребра [3]. Поэтому если требуется оценить новый вариант, например режимы прессования или техническую возможность изготовления ребер заданной геометрии используют пропорцию в которую входит высота ребра, ширина паза, угол подъема винтовой линии и радиальные напряжения. Высота получаемых ребер зависит от конструкции и технологических параметров процесса. Чтобы исключить это влияние, в работе [7] предложено применять питатели для ребер.

В работах [5, 7, 8] для получения труб с внутренними ребрами большой высоты предложена конструкция фасонной пресс-иглы с питателем. Пресс-игла содержит тело, шейку и рабочую часть с рассекателем и реброобразующими каналами. Тело пресс-иглы имеет больший наружный диаметр, чем рабочая часть. Это создает благоприятное течение металла в направлении реброобразующих пазов. В начале прессования металл, обтекая пресс-иглу, накапливается в пространстве, образованном сужением рабочей части пресс-иглы (питателе), заполняет пазы пресс-иглы и дальнейшим движением пресс-штемпеля выдавливается в зазор, образуемый матрицей и пресс-иглой.

Таким образом, при проектировании технологии прессования труб с винтообразным оребрением внутренней поверхности возникает система взаимосвязанных теоретических задач, от правильного решения которых, зависит соответствие профилей, требуемым геометрическим параметрам, механическим свойствам и, как следствие, экономической эффективности их изготовления.

Во-первых, определение угла упругой раскрутки. Упругое раскручивание уменьшает угол подъема винтовой линии ребра после снятия нагрузки по сравнению с ее значением в активной стадии деформации. Для получения профиля и труб с заданной закруткой требуется определение угла упругой раскрутки и его учета в процессе прессования.

Во-вторых, определение оптимальных геометрических параметров профилировки прессового инструмента.

В-третьих, определение энергосиловых параметров, в числе которых, определяющими возможность выполнения профиля являются усилие прессования и момента вращения пресс-иглы.

### Библиографический список

1. Северденко, В.Н. Горячее гидродинамическое выдавливание режущего инструмента / В.Н. Северденко, В.С. Мурас, Э. Ш. Суходрев. – Минск: Наука и Техника, 1979. – 256 с.
2. Технология процессов прессования: учебное пособие / сост. Б.В. Баричко, Я.И. Космацкий, К.Ю. Панова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. – 70 с.
3. Старостин, Ю.С. Прессование ребристых труб / Ю.С. Старостин, В.Р. Каргин // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1982. – № 7. – С. 82–86.
4. Перлин, И.Л. Теория прессования металлов / И.Л. Перлин. – М.: Металлургия, 1964. – 344 с.
5. Старостин, Ю.С. / Ю.С. Старостин, М.Ф. Головинов, В.Р. Каргин, В.К. Ерохов. – «Цветные металлы». – 1979. – №8 – с. 95–96
6. Грищенко, Н.А. Определение сопротивления деформации при прессовании испытанием на скручивание / Н.А Грищенко, Д.И. Суян // Цветные металлы. – 1978. – № 1. – С. 66–67.
7. Каргин, В.Р. Проектирование инструмента для прессования труб со спиральным оребрением / В.Р. Каргин // Кузнечно-штамповочное производство. – 1991. – № 2. – С. 26–28.
8. Шевченко, А.А. Микроструктура и механические свойства профильных горячепрессованных труб с винтовым истечением металла / А.А. Шевченко, К.Н. Черкасов, А.И. Ризоль, Г.М. Фесенко, В.Ф. Рябокоть, Р.Г. Коваль // Кузнечно-штамповочное производство. – 1974. – № 7. – С. 5–7.

[К содержанию](#)