

**Д.В. ОСТРИКОВ, Т.Л. КОВОРТНЫЙ**, ассистент,  
**В.А. ЕВСТРАТОВ**, докт. техн. наук, профессор

## **Оптимизация процесса изготовления гнутых профилей по критерию волнистости. Часть 2**

**Цель исследования:** теоретический анализ и экспериментальное исследование очага деформации в тонкостенных специальных профилях из алюминия и алюминиевых сплавов, построение математической модели, разработка технологии производства таких профилей.

**Задачи исследования:** для достижения цели в работе, в первом приближении сформулирована и решена задача создания математическая модель для определения волнистости.

**Объект исследования:** процесс формообразования тонкостенных гнутых профилей из алюминия.

**Предмет исследования:** особенности пластической деформации при изготовлении тонкостенных профилей из алюминиевых сплавов формообразованием в валках, напряженно-деформированное состояние вне контактной деформации и критерии образования волнистости на кромке профиля.

**Методы исследования:** для теоретического анализа процесса формообразования профилей из алюминиевых сплавов использован метод сплошных сред.

### **Научная новизна полученных результатов:**

Предложен принципиально новый подход к анализу процессов формовки и определен критерий волнистости, который позволяет определять критические параметры валковой формовки тонкостенных гнутых профилей из алюминия.

Пластическая деформация заготовки (в частности деформация кромки) начинается после того, как остаточная деформация образца при испытании на растяжение достигнет 0,2%, то есть, когда напряжение на кромке будет  $\sigma_{0,2}$ . В работе определено несколько особенностей, которые в предыдущих работах не учитывались. Как показали экспериментальные исследования, в местах изгиба деформация не является однородной – она неравномерна. Из-за того, что, когда профиль выходит из-под валков, происходит так называемое распружинивание, то есть, угол подгиба уменьшается. Это дает основание считать, что текущий угол изгиба профиля  $\alpha_k$  есть кубической функцией координаты  $y_k$ .

Вполне очевидно, что значение этих параметров можно определить из вариационного уравнения (функционала), которое имеет вид:

$$F_{\delta} = \frac{1}{du} \left[ \sum_{h=1}^H \iiint_V \sigma_s d\varepsilon_i dV + \sum_{m=1}^M \iint_A \tau_k \sqrt{du_k^2 + du_l^2} dA + \sum_{n=1}^N \iint_G \tau_s |du_k - du_l| dG \right]$$

где  $k, l$  – обобщенные координаты ( $x, y, z, r, \theta$ );  $H$  – количество областей, на которые разбит очаг деформации;  $M$  – количество поверхностей трения, где рассчитывается работа  $dW_m$ ;  $N$  – количество поверхностей разрыва перемещений.

Очевидно, что минимизировать функционал, беря его частичные производные по каждому из параметров и приравнивая полученные уравнения к нулю (то есть, классическим способом поиска минимума функционала) в данном случае невозможно. Поэтому искать минимум нужно одним из численных методов.

Мощность внутренних сил можно определить, учитывая, что в меру перемещения заготовки, угол  $\alpha$  изменяется от  $\alpha_k = \alpha_{n-1}$  до  $\alpha_k = \alpha_n$ .

В процессе профилирования материал заготовки контактирует с верхним валком по поверхности, которая определяется радиусом изгиба  $R_n$ , а с нижним по поверхности, радиус которой отличается от радиуса верхнего вала. Скорость нижнего ролика в точке контакта с заготовкой будет несколько больше, чем скорость заготовки. Из-за этого на контактной поверхности будем иметь потери мощности на трение. Это трение можно существенно сократить или применением эффективного масла, или использованием разрезных валков, части которых могут вращаться с разными скоростями.

#### **Выводы:**

Таким образом, если одним из численных методов минимизировать функционал, беря его частичные производные по каждому из параметров, возможно определить минимальную энергию деформирования. Введение функционала, используемого в качестве критерия потери устойчивости элемента профиля в виде кромковой волнистости, позволяет оптимизировать схемы формообразования профилей с одновременным снижением временных и материальных затрат на технологическую подготовку производства.

#### **Список литературы:**

1. Ерманок, М. Зиновьевич, Фейгии, В. Израйлевич. Производство профилей из алюминиевых сплавов. - М. : Металлургия, 1972.
2. Новые виды листового проката / Мелешко А. М. , Андреев В. П. , Кизиев В. Г. и др. // Сталь. - 1978. - N10. - С. 912-915.