

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ Z-ОБРАЗНОГО ТИПА В РОЛИКАХ

М.В. Илюшкин, В.А. Марковцев, А.С. Баранов, А.А. Волков

ОАО “Ульяновский научно-исследовательский институт авиационных технологий”, г. Ульяновск, Россия

Процесс профилирования в роликовых калибрах является одним из наиболее производительных и перспективных процессов в листовой обработке металлов давлением. Как и у любого другого процесса, у него существуют и недостатки. В частности, при изготовлении профилей с несимметричным поперечным сечением, например, Z-образного сечения, возникает дефект в виде неустраняемой скрутки профиля. Предварительный анализ показывает, что скрутка профиля возникает при наличии различных остаточных деформаций по сечению профиля, что в свою очередь связано с различными величинами продольных деформаций в сечении при формовке профиля.

Цель данного исследования – определение величин продольных деформаций по краям профиля, с последующим определением путей их выравнивания. В исследовании использовался теоретический подход, математическое моделирование в конечно-элементной программе и экспериментальная проверка.

Для определения величины продольных деформаций по краям профиля использовали формулу Чанга [1]:

$$e_{\text{прод}} = k \sqrt{1 + \frac{3 \cdot t}{4 \cdot a \cdot \Delta \theta} \cdot (1 - \cos \Delta \theta)} - 1 \quad (1)$$

где  $t$  – толщина профиля;  $a$  – высота полки профиля;  $\Delta\theta$  – разница углов подгибки между текущим и предыдущим переходами,  $k$  – коэффициент формы.

Для исследования был выбран Z-образный профиль 70x15x0.5 с отбортовкой шириной 5 мм по одному из краев.

Технология изготовления профиля включала 4 перехода (рис. 1), где последовательно формовалось сечение профиля. Значения продольных деформаций по краям профиля следующие:

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ переход} - e_{\text{прод}} = 4 \cdot 10^{-3} \\ 2 \text{ переход} - e_{\text{прод}} = 4 \cdot 10^{-3} \\ 3 \text{ переход} - e_{\text{прод}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \\ 4 \text{ переход} - e_{\text{прод}} = 3,4 \cdot 10^{-3} \end{array} \right\} \text{ полка} - a, \quad \left. \begin{array}{l} 1 \text{ переход} - e_{\text{прод}} = 6,5 \cdot 10^{-4} \\ 2 \text{ переход} - e_{\text{прод}} = 6,5 \cdot 10^{-4} \\ 3 \text{ переход} - e_{\text{прод}} = 5,1 \cdot 10^{-4} \\ 4 \text{ переход} - e_{\text{прод}} = 2,3 \cdot 10^{-4} \end{array} \right\} \text{ полка} - б$$

Как показывает расчет, продольная деформация по левому краю профиля в 8 раз превышает деформацию по правому краю. При этом по левому краю профиля на всех переходах превышен уровень перехода в пластическое состояние (0,002), что будет вызывать остаточные деформации по данной стороне профиля, что и будет являться причиной скрутки.

Для проверки адекватности теоретического расчета выполнялось математическое моделирование процесса формовки профиля в программе LS-DYNA.

Параметры модели следующие: материал профиля – х/к сталь 08пс, задан элементом Shell 163 с формулировкой со-rotational Hughes-Liu, материал роликов – инструментальная сталь У8, задан твердым (Rigid) элементом Shell 163.

Для захода с первый калибр к заготовке прикладывалась начальная скорость (INITIAL\_VELOCITY). На ролики задавались угловые скорости, соответ-

ствующие направлению проката. Движение полосы через калибры происходило под воздействием сил трения. КЭ модель включала 9500 элементов.

На сечении профиля по переходам (рис. 1) различными цветами отображено распределение продольных деформаций. Наибольшие деформации сосредоточены с левого края профиля. На графиках (рис. 2а, б) представлено распределение продольных деформаций по краям профиля. Четыре пика с левой стороны профиля (рис. 2а) соответствуют резкому скачку деформации на каждом переходе, при этом превышаетя предел перехода в пластическое состояние (0,002), которая и вызывает остаточную деформацию по левому краю профиля. По правому краю (рис. 2б) величина деформации соответствует упругой зоне, т.е. отсутствуют остаточные деформации. Наличие остаточных неравномерных деформаций и вызывают скрутку профиля. Результаты математического моделирования полностью согласуются с теоретическим расчетом.

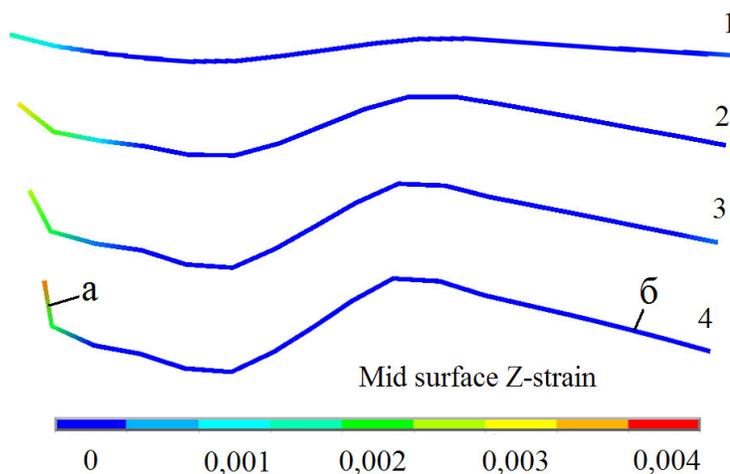


Рис. 1. Форма сечений Z-образного профиля по переходам. Распределение продольных деформаций

Для подтверждения проведенных исследований в ОАО “Ульяновский НИАТ” было проведено испытание данной схемы на гибочно-прокатном стане ГПС-350М4. Углы скрутки по переходам следующие: 1 – 20 град/метр, 2 – 22 град/метр, 3 – 17 град/метр, 4 – 28 град/метр. Скрутка по часовой стрелке.

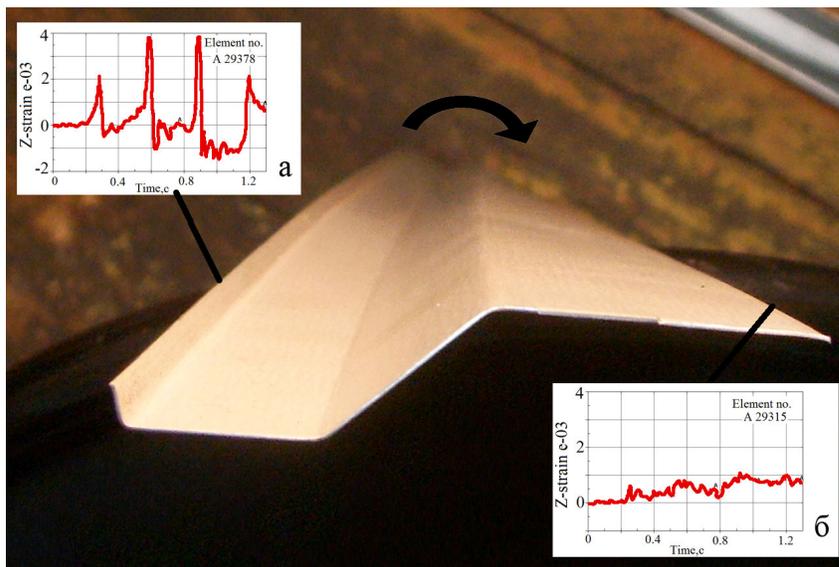


Рис. 2. Скрутка профиля Z-образного сечения после четвертого перехода и графики продольных деформаций по краям профиля

По результатам исследований (теоретическим, экспериментальным и моделированием в LS-DYNA) можно сделать следующие выводы: основная причина скрутки – остаточные деформации по одному из краев профиля. Для получения прямолинейного профиля необходимо применить способы, позволяющие уравновесить эти деформации, например, оптимальный подбор углов подгибки профиля, или введением общего угла скручивания на каждом переходе.

Используемая литература:

1. K.F. Chiang, Cold roll, ME Thesis, University of Auckland, Aug, 1984