

УДК 621.981

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЗАГОТОВКИ В МЕЖКЛЕТЬЕВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АРМИРУЮЩЕГО ПРОФИЛЯ

Александр Сергеевич Баранов<sup>(1)</sup>, Ольга Владимировна Мищенко<sup>(2)</sup>  
<sup>(1)</sup>студент 5 курса, очная форма, <sup>(2)</sup>аспирант 3 года, очная форма  
Российская Федерация, г. Ульяновск, Ульяновский Государственный  
Технический Университет, кафедра «Материаловедение и ОМД»

**Научный руководитель: В.И.Филимонов**

доктор технических наук, профессор кафедры «Материаловедение и ОМД»

В современных строительных технологиях широко применяются высокоэффективные металлические гнутые профили, имеющие при повышенных характеристиках прочности, жесткости и ресурса невысокую цену и отличное качество. Современные, легкие, прочные гнутые профили выполняют одновременно несколько строительно-архитектурных задач и являются по существу сложными профильными конструкциями. Примером может служить армирующий профиль, предназначенный для увеличения жесткости стеклопакетов за счет элементов А и Б (рис. 1).

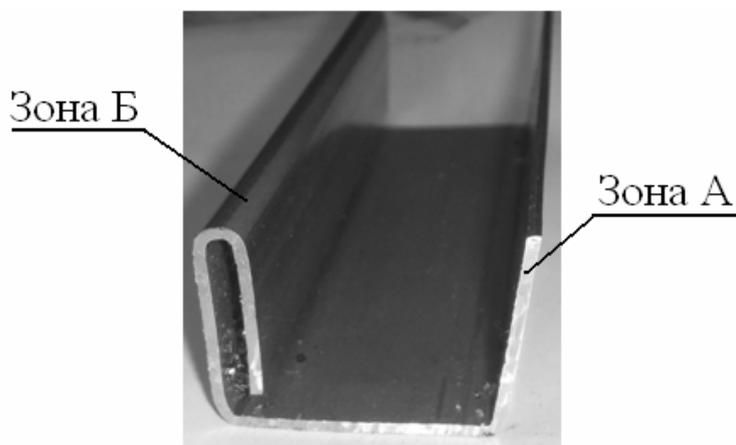


Рис. 1. Армирующий профиль - 40,5x27,5x1,5

Несмотря на простоту конструкции профиля, технология его производства в роликах профилировочных станков связана с некоторыми особенностями. Изготовление данного профиля методом интенсивного деформирования за 8 технологических переходов (рис. 2) сопровождается кромковой волнистостью по отбортовке (рис. 1. зона Б) вследствие образования резкого перегиба и продольным скручиванием, являющимся следствием специфического распределения продольных деформаций по краям полочек профиля [2,3]. Последнее связано с характеристиками зоны

плавного перехода (ЗПП), в частности, с ее протяженностью, подлежащей учету как при разработке технологии, так и при проектировании профилегибочного оборудования.

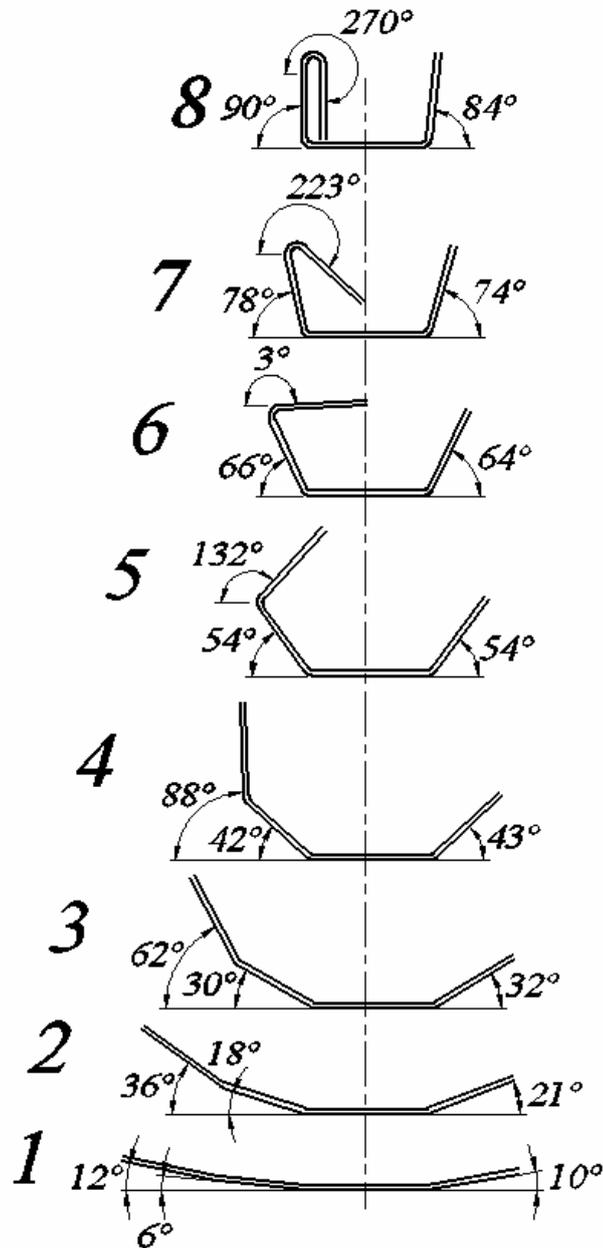


Рис. 2. Схема формообразования армирующего профиля 40,5x27,5x1,5,

Поведение заготовки в межклетьевом пространстве связано с зоной плавного перехода (ЗПП), которая может характеризоваться ее протяженностью, что является определяющим аргументом, как при разработке технологии, так и при проектировании профилегибочного оборудования. Заниженное значение межклетьевого расстояния может привести к появлению дефекта кромковой волнистости, переформовке, продольному прогибу, разрыву заготовки, а также увеличенному энергопотреблению оборудованием.

Протяженность зоны плавного перехода  $L_k$  определяли по зависимости [1]:

$$L_k = \sqrt{\frac{8 \cdot (\alpha_k - \alpha_{k-1}) \cdot b^3}{3s}},$$

где  $b$  – высота вертикальной полки,  $s$  – толщина профиля,  $\alpha_k, \alpha_{k-1}$  – угол подгибки в текущем и последующем переходах соответственно.

По полученным данным построены кривые, характеризующие влияние углов подгибки на протяженность зоны плавного перехода (рис. 3).

Обработку результатов проводили в среде MathCAD – 2001 Pro.

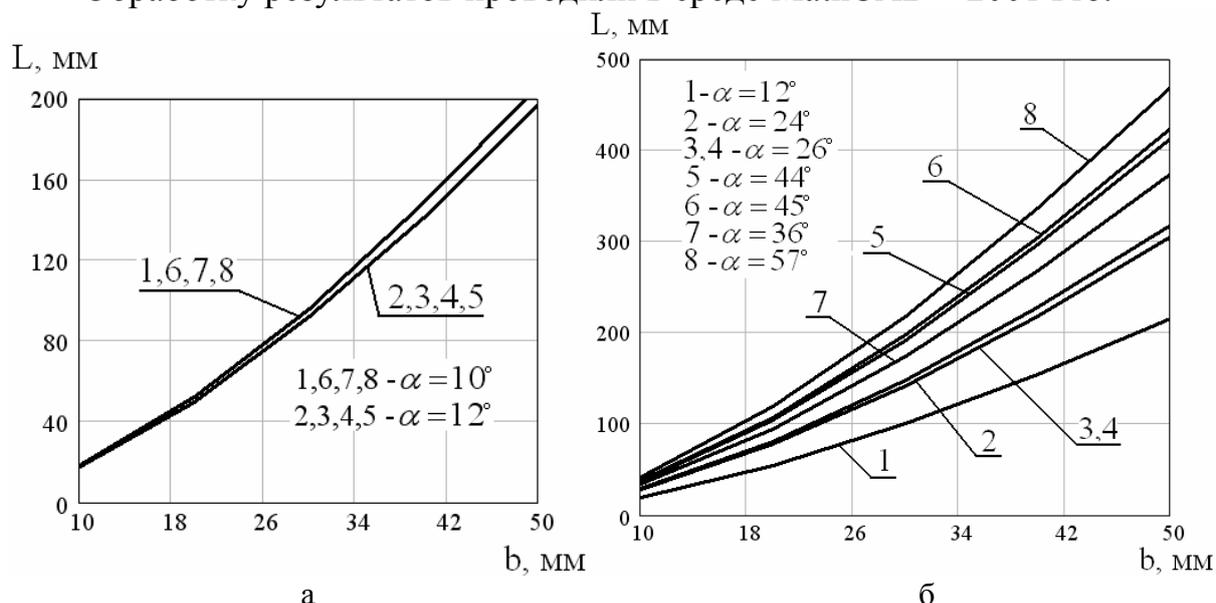


Рис. 3. Зависимость протяженности зоны плавного перехода от угла подгибки между текущим и последующим переходами и высоты полки (Зона Б):

Как показывают графики на рис. 3, протяженность зоны плавного перехода возрастает при увеличении угла подгибки. При этом увеличение высоты полки профиля при  $\alpha - const$ , способствует увеличению протяженности зоны плавного перехода.

Для подтверждения адекватности разработанной теоретической модели в ОАО “Ульяновский НИАТ” был изготовлен данный профиль на гибочно-прокатном станке ГПС-350М8 (рис. 4), с технической характеристикой, указанной в таблице 1.



Рис.4. Профилировочный станок ГПС-350М8 с оснасткой для изготовления армирующего профиля 40,5x27,5x1,5

Технические характеристики станка ГПС-350М8

Таблица 1

№ п/п	Наименование параметра и его размерность	Значение параметра
1.	Число клеток, шт	8
2.	Межклетьевое расстояние, мм	400
3.	Межосевое расстояние, мм	120...160
4.	Диаметр рабочих валов, мм	50
5.	Базовые диаметры роликов, мм	90
6.	Скорость профилирования, м/мин	12
7.	Вспомогательные устройства: Направляющее и правильное, шт.	2

В ходе испытания фиксировались значения зоны плавного перехода на различных этапах формообразования.

Экспериментальные данные сравнивали со значениями теоретической модели и подсчитывали расхождение экспериментальных и теоретических результатов для каждого перехода (рис. 5) по формуле:

$$\xi = \frac{L_{\text{Э}} - L_{\text{Т}}}{L_{\text{Э}}} \cdot 100\%$$

где  $L_{\text{Э}}$ ,  $L_{\text{Т}}$  – экспериментальное и теоретическое значение протяженности зоны плавного перехода соответственно.



Рис. 5 Сравнение теоретических и экспериментальных данных по определению протяженности зоны плавного перехода

Теоретические значения протяженности зоны плавного перехода подтверждаются экспериментальными данными с точностью до 20%, что позволяет определять минимальное межклетьевое расстояние при проектировании профилегибочного станка.

Одним из основных условий нормального протекания процесса профилирования является равномерность распределения деформаций подгибаемых полок по переходам. При прочих равных условиях эти деформации зависят от ширины полки, суммарного угла подгибки и угла подгибки в текущем переходе.

Остаточные неустранимые в текущем переходе продольные деформации полок вызывают «набегание» материала по отношению к донной части профиля, что является причиной возникновения сжимающих напряжений полок, приводящих к потере устойчивости полок в форме кромковой волнистости [4].

Чаще всего причиной возникновения дефекта кромковой волнистости служат остаточные продольные деформации в том случае, если уровень перехода в пластическое состояние превышает 0,2-0,4%.

Для определения величины продольных деформаций по краям профиля использовали формулу Чанга [5]:

$$e_{\text{прод}} = \sqrt{1 + \frac{3 \cdot s}{4 \cdot b \cdot \Delta\theta} \cdot (1 - \cos \Delta\theta)} - 1$$

где  $s$  – толщина профиля;

$b$  – высота полки профиля;

$\Delta\theta$  – разница углов подгибки между текущим и предыдущим переходами,

$$\theta_k = \alpha_k - \alpha_{k-1},$$

где  $\alpha_k, \alpha_{k-1}$  – углы подгибки на  $k$ -ом и  $(k - 1)$ -ом переходах соответственно;

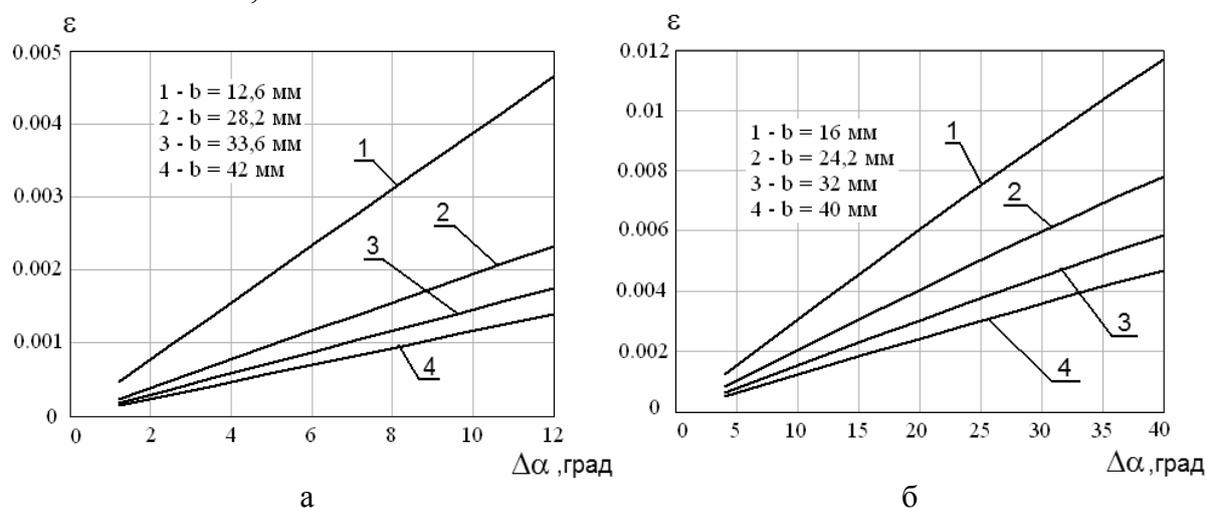


Рис. 6. Зависимость продольной деформации от высоты полки и углов подгибки: а - зона А, б - зона Б

Как показывают графики на рис. 6, величина продольных деформаций возрастает с увеличением угла подгибки при уменьшении высоты полки профиля. При этом величина деформаций в зоне Б (рис. 6 а), превышает деформации в зоне А в 2,5 – 3 раза, что приводит к возникновению дефекта кромковой волнистости.

В ОАО “Ульяновский НИАТ” проводились исследования на наличие дефекта кромковой волнистости. В ходе испытания фиксировались следующие параметры: амплитуда (А), период (Т). Отмечено наличие дефекта кромковой волнистости на 6, 7 и 8 переходах по удлиненной отбортовке (рис. 7).

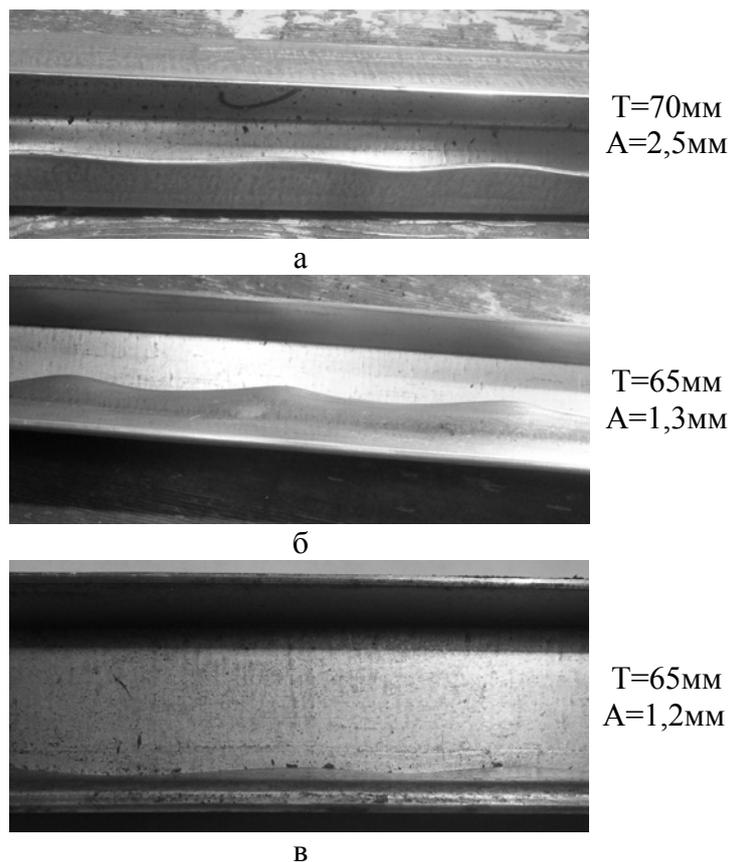


Рис. 7. Кромковая волнистость по отбортовке на 6 – ом (а), 7 – ом (б) и 8 – ом (в) переходах по отбортовке и ее параметры (Т – период волны, А - амплитуда).

Для определения продольных деформаций воспользуемся следующей формулой [1]:

$$\varepsilon = \left( \frac{\pi \cdot A}{T} \right)^2,$$

где А – амплитуда, Т – период.

Полученные значения продольных деформаций на кромке профиля приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значения продольных деформаций для армирующего профиля

Этап испытания	№ перехода	Продольные деформации
Предварительное испытание	6	0,0065
	7	0,004
	8	0,0062

В результате теоретических и экспериментальных данных установлено, что с увеличением угла подгибки, величины продольных деформаций по краям полок профиля возрастают. При этом дефект

кромковой волнистости возникает в том случае, когда величина продольных деформаций превышает 0,2-0,4% (предел перехода из упругого состояния в пластическое), что подтверждено экспериментальными исследованиями.

Для исключения дефекта волнистости необходимо применить способы, позволяющие уравновесить деформации, например, подбор оптимальных углов подгибки по переходам.

В результате использования межклетьевых проводок, которые позволяют уменьшить угол подгибки между текущим и последующим переходами и как следствие, уменьшить величину продольных деформаций, также позволяют исключить появление дефекта волнистости.

### **Список литературы:**

1. *Филимонов, С.В.* Метод, расчеты и технология интенсивного деформирования в роликах гнутых профилей типовой номенклатуры / С.В. Филимонов, В.И. Филимонов – Ульяновск: Изд-во УлГТУ «Венец», 2004. – 246 с.
2. *Филимонов, С. В.* Влияние схем формообразования на параметры точности гнутых профилей / С. В. Филимонов, В. И. Филимонов, М. В. Илюшкин // XXXIV Научно – техническая конференция. Тезисы докладов. – Ульяновск : УлГТУ, 2000. – С. 44 – 45.
3. *Илюшкин М.В.* Интенсивная технология производства гнутых профилей из материалов с покрытием в роликах профилирования / М.В. Илюшкин, В. И. Филимонов // Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 200с.
4. *Филимонов, С. В.* Возникновение кромковой волнистости при профилировании / С. В. Филимонов, В. А. Марковцев, В. И. Филимонов // Вестник УлГТУ. – 2002. – № 1 . – С. 32– 38.
5. *K.F. Chiang*, Cold roll, ME Thesis, University of Auckland, Aug, 1984.