

УДК 621.981

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ КРИВИЗНЫ НА ПРОФИЛЯХ ШВЕЛЛЕРНОГО ТИПА

Александр Александрович Волков

аспирант 1 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 все более широкое применение находят детали из листовых профилей с продольной кривизной. Они используются в различных системах конструкций мансардного, фасадного и легкосборного строительства и имеют достаточно высокие характеристики прочности, жесткости, несущей способности и коррозионной стойкости. Изготовление профилей с заданной продольной кривизной включает в себя обычное профилирование, а получение продольного радиуса требует дополнительной технологической операции.

В ОАО «Ульяновский НИАТ» разработана технология, отличительной особенностью которой является совмещение на прокатном стане операции профилирования в роликах методом интенсивного деформирования и получения заданной продольной кривизны в одной или двух плоскостях. При этом форма поперечного сечения профиля может быть весьма различной: уголок, швеллер, прямоугольная труба, профили армирования пластиковых окон и металлокаркаса легкосборного и фасадного строительства, непрерывные спирали и т.д. В результате исключается использование дополнительного оборудования, что соответственно приводит к значительной экономии и сокращению норм штучного времени.

Эксперимент был проведен при изготовлении длинномерных профилей методом направленной потери устойчивости. Процесс формообразования при этом совмещался с правкой, которая заключается в воздействии на очаг деформаций в паре роликов окончательного формообразования со стороны правильного устройства. Для проведения эксперимента были выбраны профили швеллерного типа, применяемые при производстве автомобиля УАЗ-3160: направляющая стекла 25x17 и швеллер 17x14.

При исследовании создание кривизны осуществлялось упором, который располагали после последней пары формообразующих роликов (рис. 1) и который давил на выходящий профиль в необходимом направлении. Для «загибания профиля вниз» были переставлены местами верхние и нижние ролики, т.к. получению кривизны мешала станина. Для экспери-

мента был выбран упор, т.к. из-за проскальзываний, пробуксовок и ограничения наибольшего крутящего момента при использовании роликов не удалось приблизиться к критическому значению радиуса гибки (5-7 высот профиля). На рис. 1. представлены фотографии промежуточных и окончательных стадий проведения эксперимента:

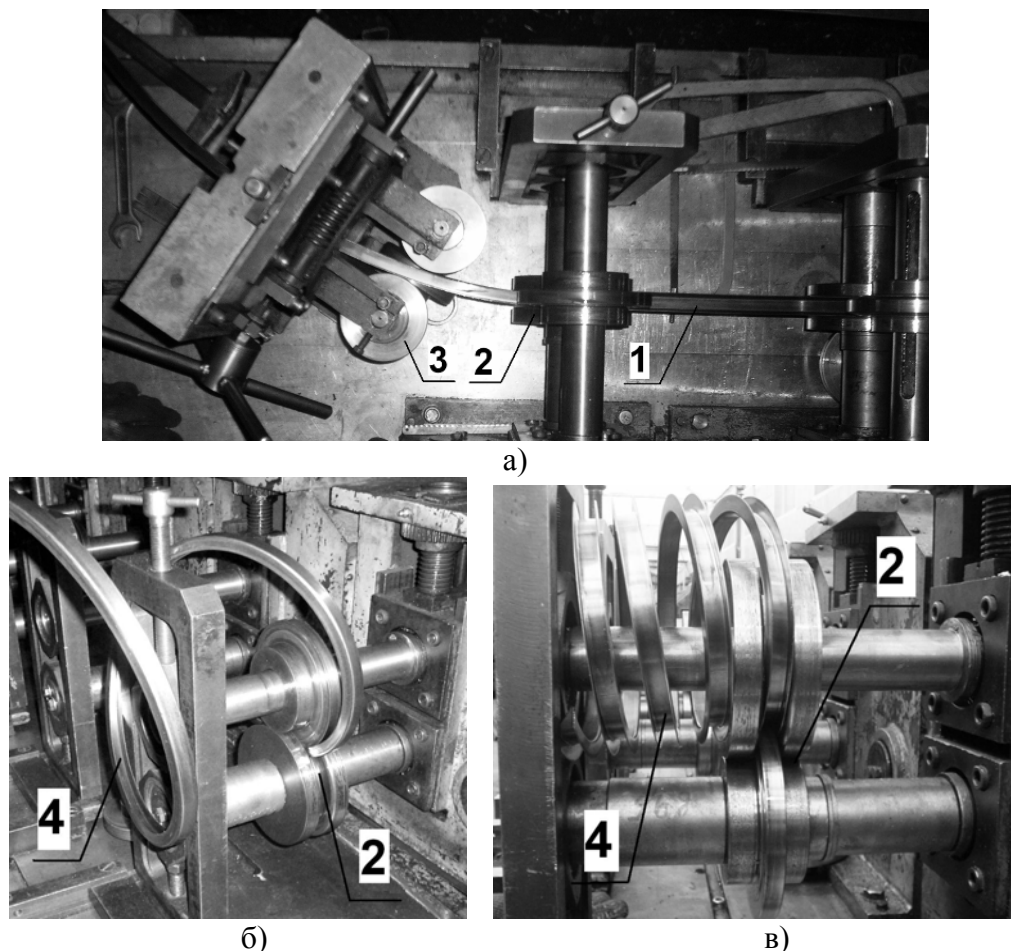


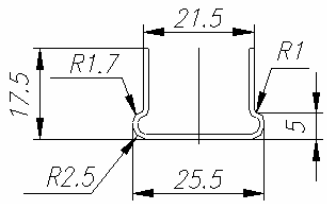
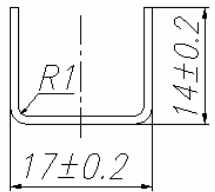
Рис. 1. Процесс получения продольной кривизны
 а) в горизонтальной плоскости с помощью правильного ус-ва;
 б) в вертикальной плоскости (вверх) с помощью упора;
 в) в вертикальной плоскости (вниз) с помощью упора;
 1 – профиль; 2 – последняя формующая роликсовая пара;
 3 – правильное ус-во; 4 – непрерывная спираль

Деформации в продольном направлении определяли по предварительно нанесенной сетке с размерами ячеек 5x5 и по замерам толщины полки, изменения которой оказались незначительными. Как показали исследования, максимальная деформация возникает в растянутом участке загнутого сечения, которая больше удалена от оси вращения.

В ходе эксперимента, минимальный радиус без дефектов удалось получить на “загнутом вниз” профиле, т.е. “вращающемся” относительно дна швеллера (рис. 1. в), который составил 78 мм (5,5 высоты профиля). При

изгибе профиля в других направлениях дефекты, в виде изломов и гофры (рис. 2) возникали намного раньше, при радиусегиба 120-220 мм.

Табл. 1. Исследуемые профили

Сечение профиля	Радиус по заданию, мм	Радиус по эксперименту, мм	Деформации на растянутом уч-ке	Деформации на сжатом уч-ке
	3200±5% (в гориз. плоск.)	1063	0,83	-0,81
	32000±5% (в вертикал. плоск.)	1425	0,75	-0,7
		1908	0,55	-0,62
		2461	0,3	-0,43
		3455	0,15	-0,25
	3200±5% (в гориз. плоск.)	78,4	3	-1,04
	3200±5% (в вертикал. плоск.)	84	2,92	-1,03
		119,4	1,32	-0,99
		211,3	1,175	-0,93
		418,2	1,05	-0,87

Основной проблемой при гибке является сохранение размеров и формы поперечного сечения профиля. При изготовлении возникали дефекты в виде гофр, изломов и зажимов, появляющиеся на сжатой полке (при гибке в горизонтальном положении) и симметрично отражающиеся на растянутой. Потеря устойчивости сжатых элементов возникает как от остаточных продольных деформаций растяжения, накопленных в процессе профилирования (в очагах деформации), так и от напряжений сжатия, возникающих при гибке, когда данные элементы оказываются направленными вовнутрь кривизны профиля. [2].

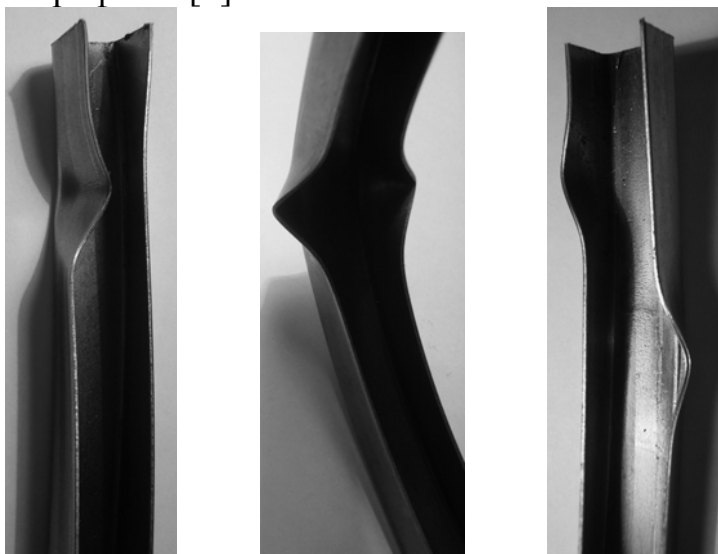


Рис. 2. Дефекты, полученные при гибке на радиус

В процессе изгиба упругие деформации переходят в пластические. Передача в очаг деформаций дополнительных сил меняет схему напряженно-деформированного состояния, которое является объемным и может быть описано полными уравнениями равновесия совместно с условиями пластичности [2]. Для подсчета относительных деформаций в нашем случае использовали формулу, выведенную из момента инерции сечения: $\varepsilon = \frac{B}{R}$, где B – центр инерции сечения. Значения, полученные по данной формуле подтверждаются экспериментально с точностью до 20%.

По теоретическим и экспериментальным данным были построены графики для растягивающих и сжимающих напряжений (рис. 3).

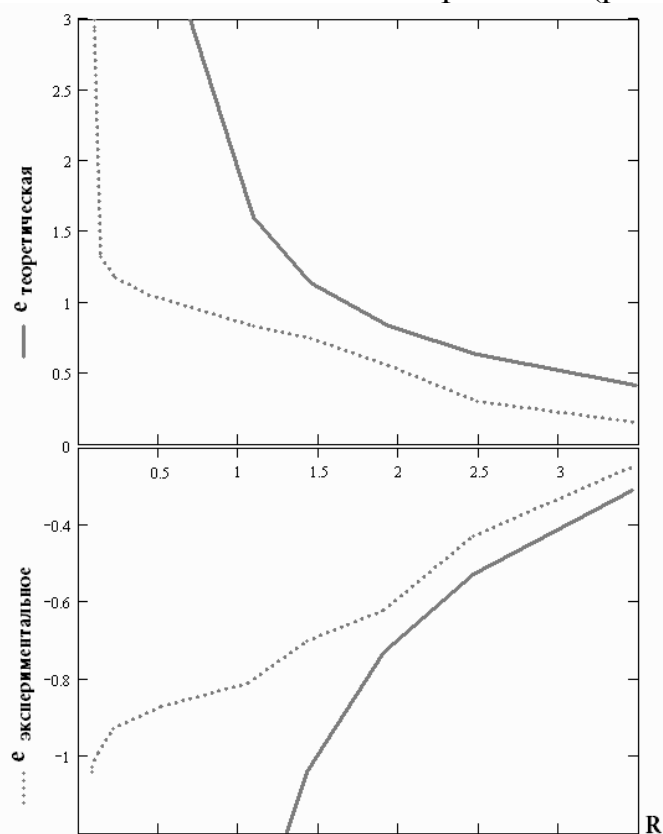


Рис. 3. Рост деформаций при уменьшении радиуса кривизны

Ниже представлены эпюры напряжений, показывающие как изменяются деформации по сечению, относительно оси вращения, а так же смещается расположение центра инерции B . При изгибе в вертикальной плоскости центр находится в точке (рис. 6. б, в), подтверждаемой формулой $J_v = \frac{b^3(h+h_1) - h(b-2b_1)^3}{12}$ [1]. Но при изгибе в горизонтальной плоскости центр смещается в сторону сжатого участка сечения (рис. 6. а). Возникает вопрос – почему? Утонение растянутой полки составило всего 5-10% от толщины материала. Перетекание металла между полками невозможно, из-за радиусных зон. Поэтому этот вопрос пока остается открытым.

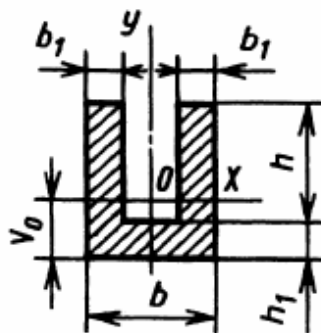


Рис. 5. Центр инерции сечения

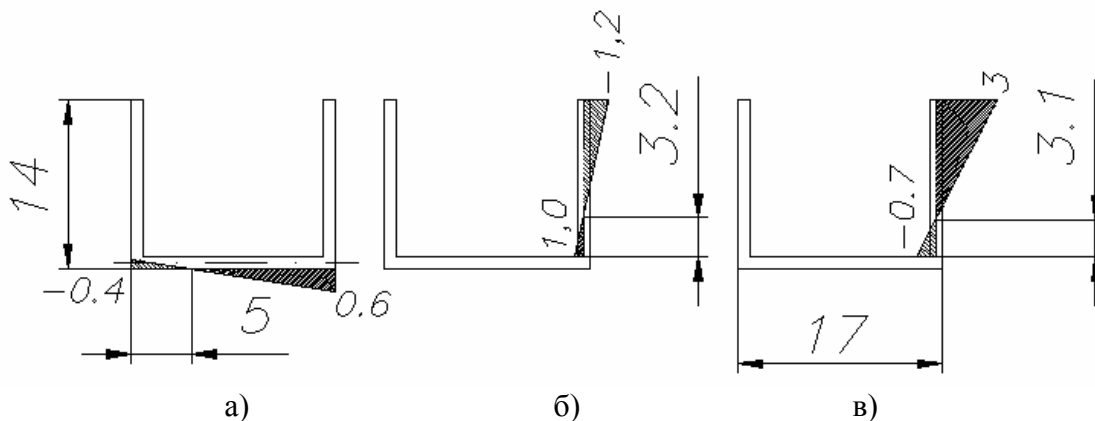


Рис. 6. Распределение напряжений по сечению при изгибе
 а – изгиб по горизонтали относительно левой полки;
 б – изгиб по вертикали относительно кромок полок;
 в – изгиб по вертикали относительно торцов полок

В результате было выявлено, что при изгибе, по удаленному от оси вращения участку сечения пластические деформации остались положительными, т.е. полка растягивалась, но незначительно и плавно. Утонение металла, как уже было сказано выше, было незначительным и дефекта (разрыва) по этому участку не произошло. По приближенному участку наоборот, накапливались продольные деформации сжатия, которые с уменьшением радиуса кривизны интенсивно росли и в итоге переходили в изломы. Подтвердилась формула, показывающая как сечение профиля влияет на его поведение при получении продольной кривизны.

Список литературы:

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, 1 том. М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
2. Марковцев В.А. Формообразование стесненным изгибом в роликах и правка гнутых тонкостенных профилей / В.А. Марковцев, В.И. Филимонов. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2006. - 244 с.
3. Недорезов И. В. Моделирование процессов правки проката на роликовых машинах. Екатеринбург: ЛКВА-ПРЕСС, 2003. - 256 с.