

## Моделирование процесса изготовления гнутого профиля корытного типа, исследование контактных взаимодействий

Профили корытного типа часто применяются в различных отраслях промышленности и строительства и, как правило, имеют уже отработанную технологию изготовления, например, гибкой в роликах по традиционной или интенсивной схеме профилирования [1]. Однако при изготовлении относительно небольших профилей из сравнительно толстой заготовки возникает ряд проблем, связанных с получением качественного профиля.

Рассматривается профиль корытного типа с размером сечения  $35,5 \times 8,5 \times 2$  (рис. 1). Данная толщина заготовки вызывает ряд проблем, связанных с действием значительных контактных давлений по уголкавым зонам профиля, способствующих утонению металла и нарушению покрытия при формовке из материала с предварительно нанесенным защитно-декоративным покрытием.

Как показывает практика, утонение на профилях корытного типа может достигать значений (25-30)%, что в ряде случаев, например, при использовании в автомобилестроении является критичным.

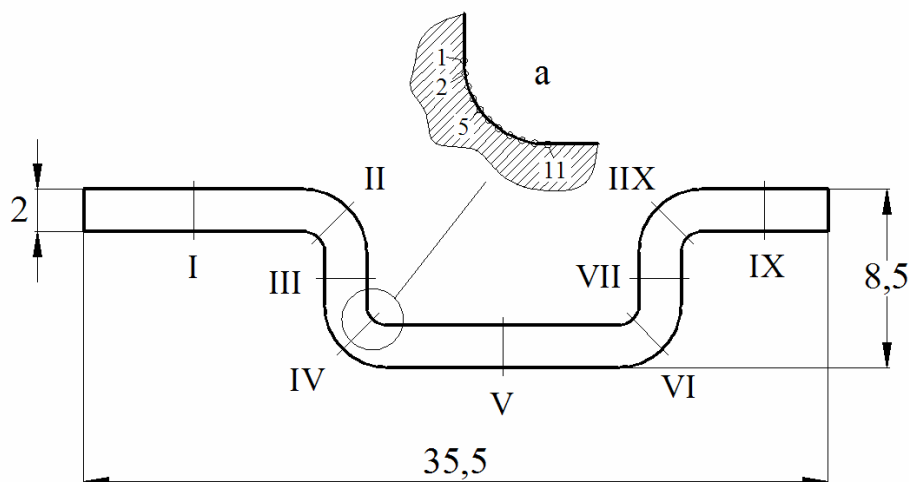


Рис. 1. Чертеж профиля корытного типа  $35,5 \times 8,5 \times 2$  со следующими участками: I, IX – горизонтальные участки, II, IV, VI, IIХ – уголкового участки, III, VII – вертикальные участки, V- горизонтальный донный участок; а – номера меток по внутренней уголкового зоне

Рассмотрению подлежало 2 технологические схемы формовки (рис. 2) с постоянными (табл. 1) и переменными (табл. 2) радиусами.

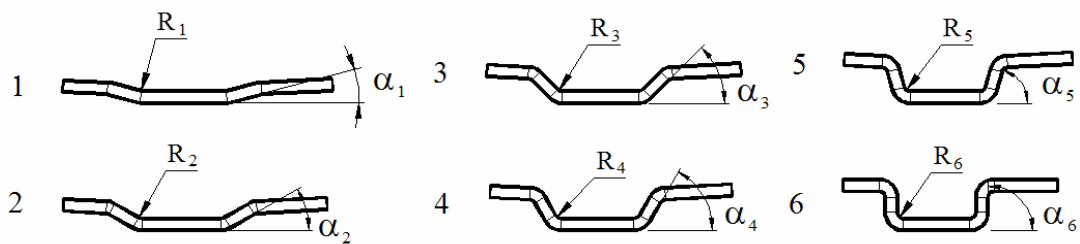


Рис. 2. Схема формовки профиля корытного типа

Таблица 1

Параметры формовки профиля корытного типа с постоянными радиусами по переходам и равномерным распределением углов подгибки стенки

	№ перехода						
	$i$	1	2	3	4	5	6
Радиус	$R_i$	1	1	1	1	1	1
Угол подгибки	$\alpha_i$	15	30	45	60	75	90

Таблица 2

Параметры формовки профиля корытного типа с переменными радиусами по переходам

	№ перехода						
	$i$	1	2	3	4	5	6*
Радиус	$R_i$	7,1	3	1,8	1,3	1	1
Угол подгибки	$\alpha_i$	22	45	65	80	90	90

\* - введена подсадка профиля на 0,5 мм

В настоящее время для проведения исследований по выявлению оптимальных схем профилирования (с определением НДС участков профиля, контактных сил, энергетических параметров и др.) часто используются средства математического моделирования. В данной работе для этих целей была применена программа LS-DYNA [2], которая хорошо подходит для математического описания различных процессов обработки металлов давлением.

В программе LS-DYNA конечно – элементному анализу подвергались схемы с постоянными (рис. 3) и переменными радиусами. При этом исходная заготовка задавалась элементами Solid 164, а для снятия контактных давлений включался вывод параметра RCFORC базы данных ACSII. Для визуализации контактных давлений был использован параметр INTFOR.

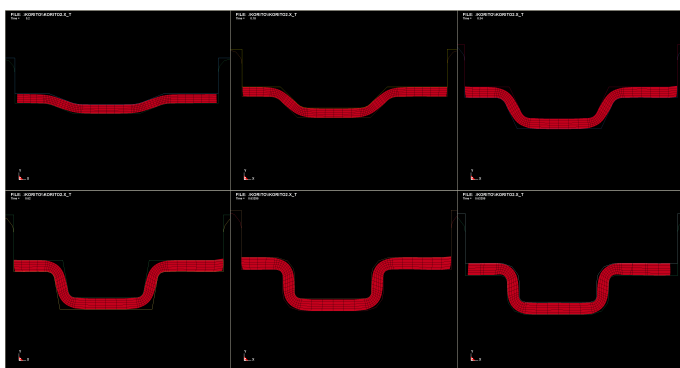


Рис. 3. Сечения профиля по переходам при моделировании

Графики утонения металла по уголковым зонами профиля, полученные при моделировании, представлены на рис. 4.

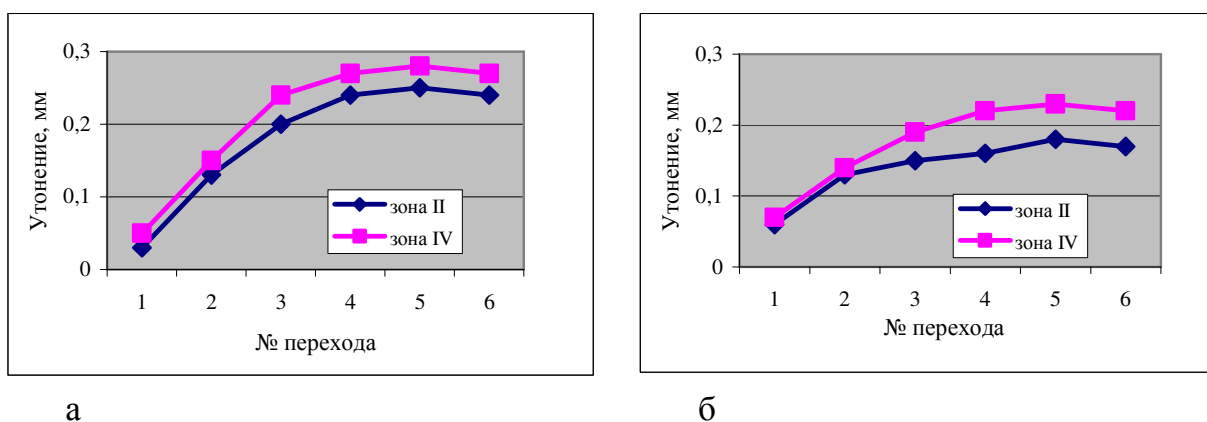
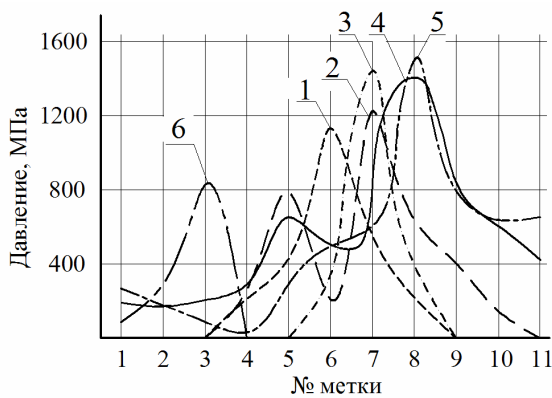


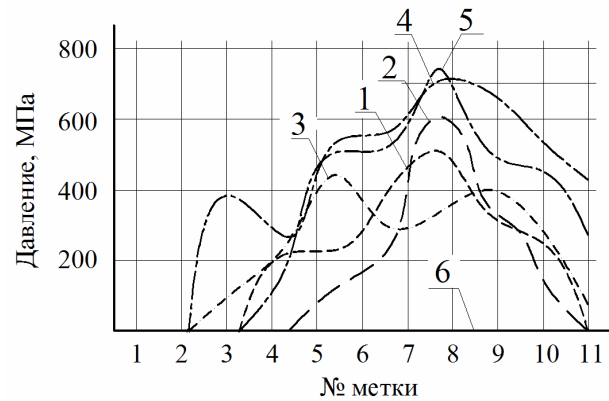
Рис. 4. Величина утонения по уголковым зонам профиля по схеме с постоянными (а) и переменными (б) радиусами

Выявлено, что величина утонения при использовании схемы с переменными радиусами меньше на 0,06 мм (примерно 20%), по сравнению с первой схемой. Также отмечено, что при использовании обеих схем зона II утоняется меньше, по сравнению с зоной IV, что характеризуется поддержкой горизонтальной полки I (см. рис. 1).

Также сравнительный анализ осуществлялся по распределению контактных давлений по внутренней уголковой зоне профиля (рис. 5). Распределение меток по уголковой зоне профиля приведено на рис. 1.а.



а



б

Рис. 5. Графики распределения давления по внутренней уголковой зоне (IV) профиля по переходам для схемы с постоянными (а) и переменными (б) радиусами

При сравнении графиков распределения контактного давления можно отметить, что для схемы с постоянными радиусами характерно пиковое распределение контактных давлений со значениями, достигающими до 1500 МПа, для схем с переменными радиусами характерно куполообразное распределение давлений со значениями до 800 МПа. Снижение максимальной величины достигается за счет более равномерного распределения давления по поверхности контакта. Таким образом, схема с переменными радиусами должна обеспечить лучшую сохранность покрытия за счет более равномерного контакта и уменьшения максимальных давлений по поверхности зоныгиба.

При использовании схемы с переменными радиусами характерно полное отсутствие давления по внутренней уголковой зоне профиля на 6-м переходе, что связано с наличием подсадки профиля, в результате чего уголковая зона стремится приблизиться к контуру нижнего ролика.

Кроме того, весьма интересно было выявить зоны контакта между роликом и заготовкой и распределение давлений по очагу контакта. Рассмотрение первого перехода (Рис. 6) позволило уменьшить размер ячеек при моделировании и таким образом улучшить очертание зон контакта (рис. 7).

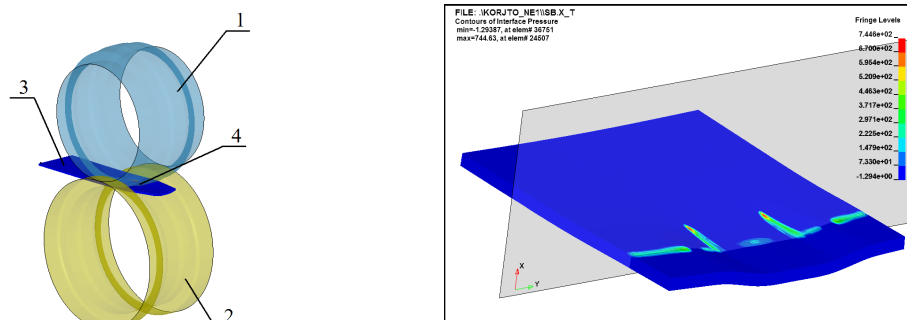


Рис. 6. Моделирование 1 перехода: слева – общий калибр с заготовкой, справа – общий вид заготовки и контакта; 1 – верхний ролик, 2 – нижний ролик, 3 – заготовка, 4 – зоны контакта

Визуализация контакта в программе LS-DYNA позволила четко выявить распределение давления между роликом и заготовкой, что раньше было практически невозможно или требовались значительные затраты на эксперимент (необходимо было использовать дорогостоящие точечные мездосы и др.).

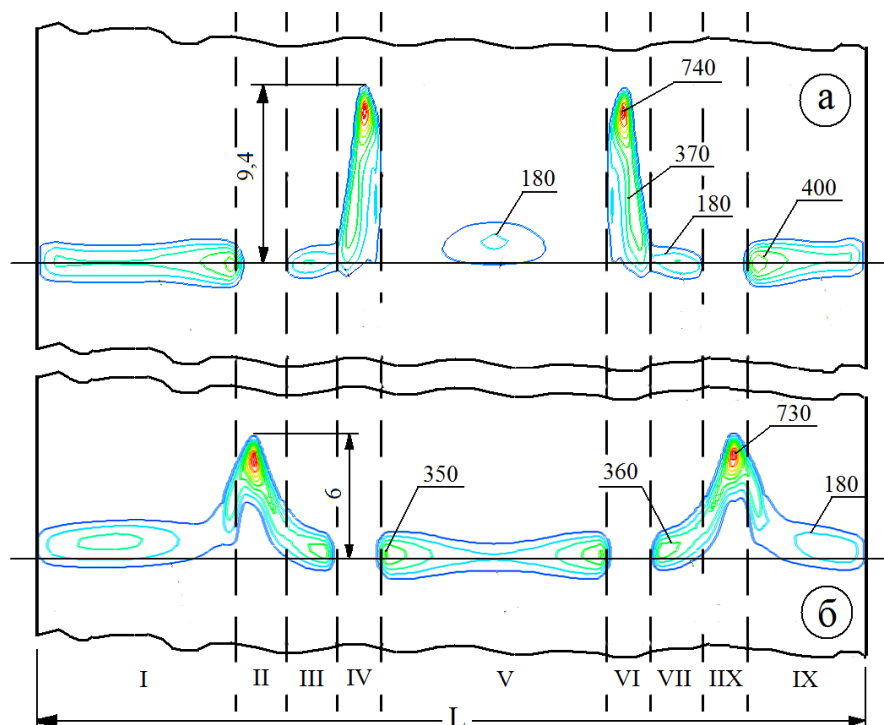


Рис. 7. Контуры поверхностного давления в зонах контакта со стороны верхнего (а) и нижнего (б) ролика на первом переходе (римскими цифрами обозначены зоны в соответствии с рис. 1)

По контурам поверхностного давления выявлено:

1. Первоначальный контакт между заготовкой и роликом происходит на расстоянии 9,4 мм со стороны верхнего ролика и 6 мм со стороны нижнего от осевой плоскости калибра, что связано с величинами диаметров роликов;
2. Контакт происходит по внутренним уголковым зонам профиля и по горизонтальным элементам профиля;
3. Форму кривой давления по уголковой зоне можно представить в виде параболы со значительным смещением вершины к началу зоны контакта;
4. Максимальное значение давлений при контакте по уголковым зонам профиля имеет место в начале зоны контакта и составляет 730-740 МПа. Величина давлений по прямолинейным зонам находится в пределах 180-400 МПа;
5. Также выявлено смещение центра давления на величину  $(1,5-4)s$  по горизонтальным полкам в сторону захода заготовки.

Данная схема была реализована для получения профиля корытного типа и рекомендована при формовке сходных по конфигурации профилей.

Проведенное моделирование позволило установить, что при формовке профиля корытного типа использование схемы с переменными радиусами позволит

уменьшить величины утонения и контактных давлений по зонам сгиба профиля, и как следствие, предотвратить возникновение дефекта нарушение покрытия.

Схема с постоянными радиусами была реализована при экспериментальной отработке на гибочно-прокатном стане марки ГПС-350М6 (рис. 8) в ОАО “Ульяновский НИАТ”. В качестве исходного материала использовалась стальная заготовка с цинковым покрытием II класса по ГОСТ 14918-90. После прокатки проводились измерения толщины уголковых зон прибором С10А и осуществлялись металлографические исследования уголковых зон профиля на микроскопе МИМ-8М (рис. 9).



Рис.8. Гибочно–прокатный станок марки ГПС-350М6

После проведенного анализа (рис. 10) были выявлены следующие дефекты:

1. Наличие значительного утонения профиля по уголковым зонам профиля, достигающим до 0,3-0,4 мм;
2. Наличие значительного уменьшения (до 40 %) толщины покрытия в местах контакта с зоной радиуса (R1) ролика;
3. Наличие значительного нагрева роликовой оснастки в процессе формовки профиля.

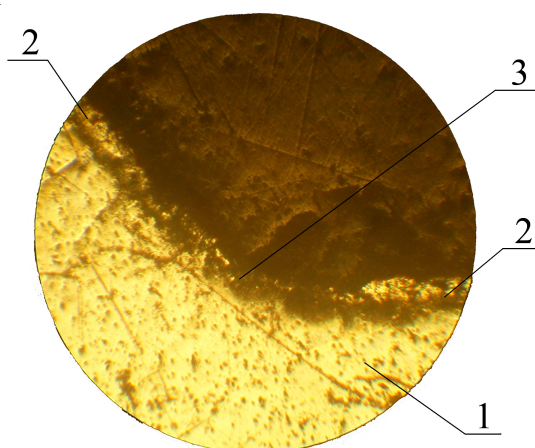


Рис. 9. Микршлиф внутренней зоны профиля (см. рис. 1.а) с дефектом нарушения цинкового покрытия (x100): 1 – стальная подложка, 2 – цинковое покрытие, 3 – цинковое покрытие после контакта с инструментом



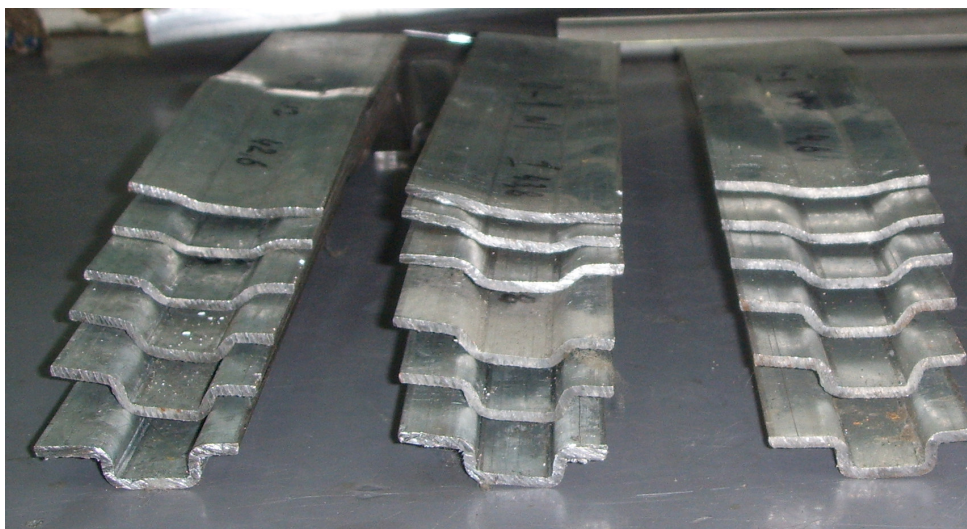


Рис. 10. Образцы профилей по переходам

Результаты практического испытания показали сходность с результатами моделирования

Используемая литература:

1. Илюшкин М.В. Интенсивная технология производства гнутых профилей из материалов с покрытием в роликах / М.В. Илюшкин, В.И. Филимонов. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2006. – 200 с.

2. LS-DYNA Theoretical manual. 2006. Livemore software technology corporation

Информация из статьи:

Илюшкин М.В., Марковцев В.А., Баранов А.С. Выбор способа формовки уголко-вых зон профиля корытного типа в роликах на основе анализа действующих контактных давлений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 12, № 1(2), 2010 – с. 362-365