

ВЫБОР СПОСОБА ФОРМОВКИ УГОЛКОВЫХ ЗОН ПРОФИЛЯ КОРЫТНОГО ТИПА В РОЛИКАХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДЕЙСТВУЮЩИХ КОНТАКТНЫХ ДАВЛЕНИЙ

© 2010 М.В. Илюшкин, В.А. Марковцев, А.С. Баранов

ОАО «Ульяновский НИАТ»

Поступила в редакцию 01.04.2010

В статье рассматриваются два способа формовки профиля корытного типа в роликах – формовка с постоянными и переменными радиусами. На основе анализа возникающих контактных давлений по уголковым зонам профиля и величины утонения предлагается использовать схему с переменными радиусами. В ОАО «Ульяновский НИАТ» осуществлялась экспериментальная проверка данных схем.

Ключевые слова: *формовка, профиль корытного типа, контактное давление*

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. В данной статье рассматривается профиль корытного типа с размером сечения 35,5x8,5x2 (рис. 1). Данная толщина заготовки вызывает ряд проблем, связанных с действием значительных контактных давлений по уголковым 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.

При первоначальном рассмотрении использовали типичную схему формовки профиля корытного типа (рис. 2), применяемую при методе интенсивного деформирования, характеризующуюся использованием схемы с постоянными радиусами формовки ($R_i = \text{const}$, где i – номер перехода) и равномерным распределением углов подгибки стенки профиля (табл. 1). Данная схема была реализована при экспериментальной отработке на гибочно-прокатном стане марки ГПС-350М6 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. После проведенного анализа 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 (рис. 3);
3. Наличие значительного нагрева роlikовой оснастки в процессе формовки профиля.

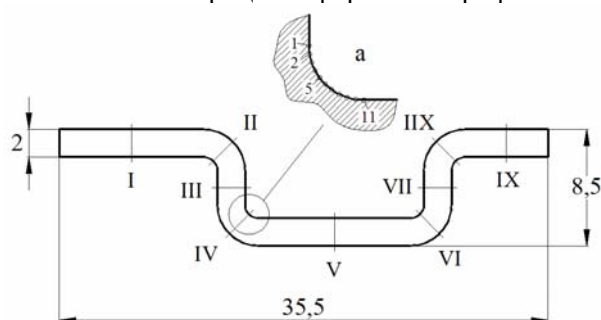


Рис. 1. Чертеж профиля корытного типа 35,5x8,5x2 со следующими участками:

I, IX – горизонтальные участки, II, IV, VI, VIII – уголковые участки, III, VII – вертикальные участки, V – горизонтальный донный участок; а – номера меток по внутренней уголковой зоне

Предотвратить значительное растяжение металла при формовке профилей корытного типа позволяет применение дополнительных способов воздействия, например, приложение торцевого сжатия, характерного при использовании метода интенсивного деформирования. Для этого была увеличена ширина исходной заготовки на 0,5S и 1S (рис. 4).

Илюшкин Максим Валерьевич, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе. E-mail: fzbm@mail.ru

Марковцев Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по общим вопросам. E-mail: niat@mv.ru

Баранов Александр Сергеевич, младший научный сотрудник, аспирант

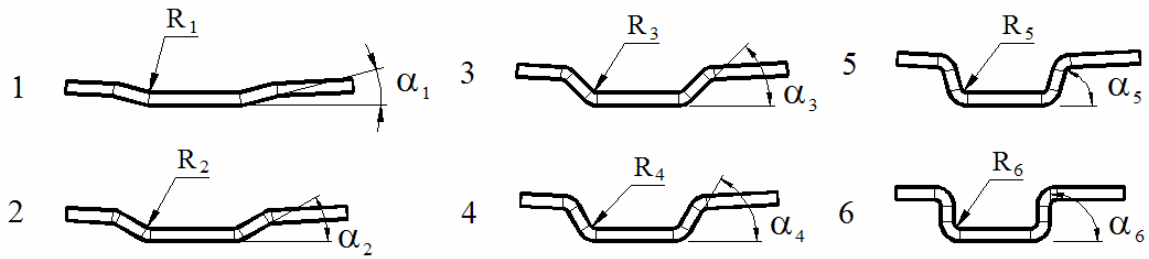


Рис. 2. Схема формовки профиля корытного типа

Таблица 1. Параметры формовки профиля корытного типа с постоянными радиусами по переходам и равномерным распределением углов подгибки стенки

Параметр	№ перехода						
	i	1	2	3	4	5	6
радиус	R_i	1	1	1	1	1	1
угол подгибки	α_i	15	30	45	60	75	90

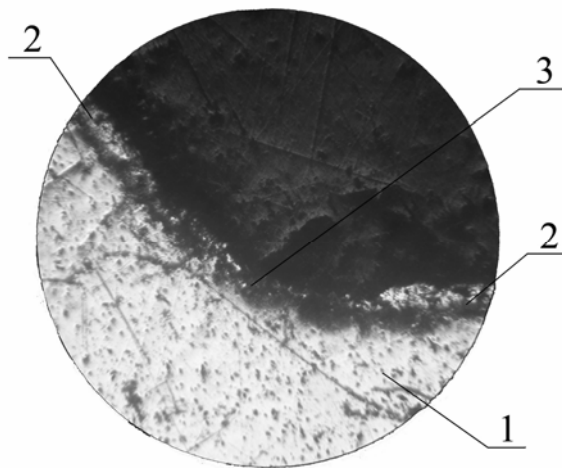


Рис. 3. Микршлиф внутренней зоны профиля (см. рис. 1а) с дефектом нарушения цинкового покрытия (x100): 1 – стальная подложка, 2 – цинковое покрытие, 3 – цинковое покрытие после контакта с инструментом

Увеличение ширины заготовки позволило незначительно уменьшить утонение по уголковым зонам профиля, но при этом возникла проблема, связанная с увеличением сил трения по торцам профиля и появлением эффекта «накручивания» профиля на нижний ролик первого перехода. На основании этого было установлено,

что схема формовки с постоянными радиусами в данном случае не оптимальна.

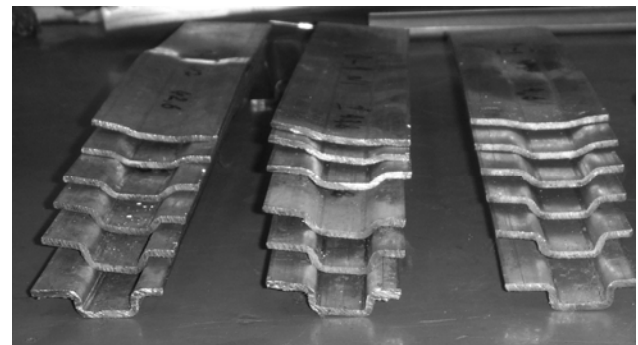


Рис. 4. Образцы профилей по переходам с увеличением ширины заготовки на 0; 0,5S и 1S

В качестве альтернативного варианта было предложено использование схемы с переменными радиусами (табл. 2). Подгибка вертикального элемента профиля осуществлялась за 5 переходов с подсадкой на 0,5 мм на 6-м переходе для калибровки радиусов профиля. Величина радиусов была рассчитана по известной формуле [2]. Но для подтверждения решения требовалась экспериментальная проверка с дополнительными затратами для изготовления роликовой оснастки.

Таблица 2. Параметры формовки профиля корытного типа с переменными радиусами по переходам

Параметр	№ перехода						
	i	1	2	3	4	5	6*
радиус	R_i	7,1	3	1,8	1,3	1	1
угол подгибки	α_i	22	45	65	80	90	90

Примечание.* - 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 [3], которая хорошо подходит для математического описания различных процессов обработки металлов давлением. В программе LS-DYNA конечно-элементному анализу подвергались обе схемы профилирования (с постоянными 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. Графики утонения металла по уголкам зоны профиля, полученные при моделировании, представлены на рис. 5.

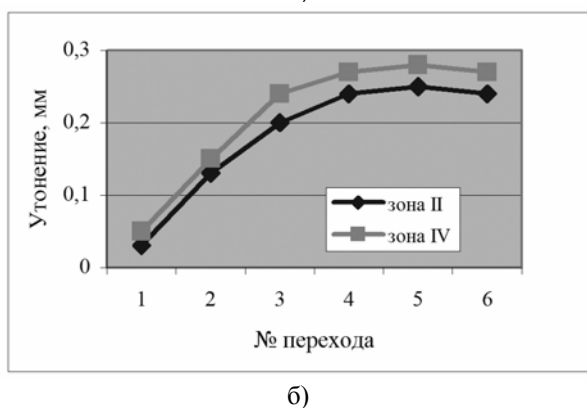
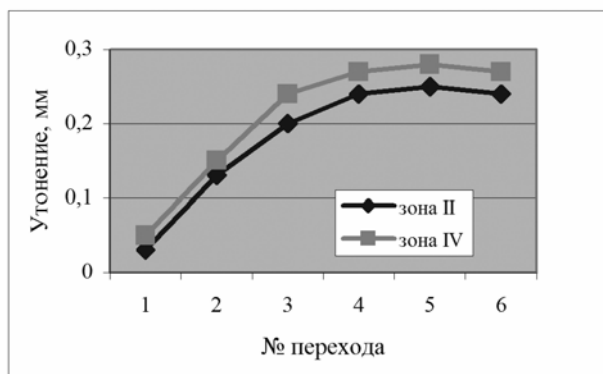


Рис. 5. Величина утонения по уголкам зоны профиля по схеме с а) постоянными и б) переменными радиусами

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). Сравнительный анализ осуществлялся по распределению контактных давлений

по внутренней уголкам зоны профиля (рис. 6). Распределение меток по уголкам зоны профиля приведено на рис. 1.а.

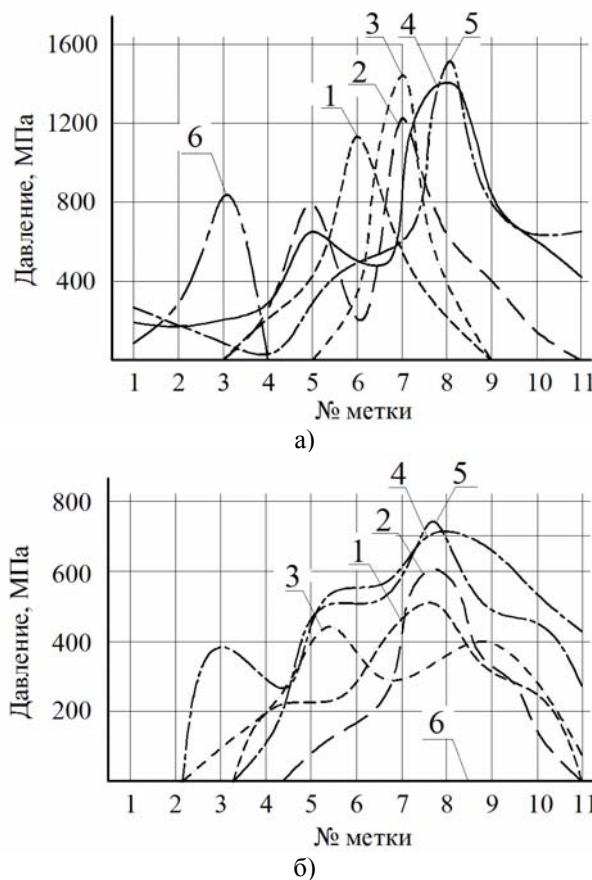


Рис. 6. Графики распределения давления по внутренней уголкам зоны (IV) профиля по переходам для схемы с постоянными (а) и переменными (б) радиусами

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

Было весьма интересно выявить зоны контакта между роликом и заготовкой и распределение давлений по очагу контакта. Рассмотрение

первого перехода позволило уменьшить размер ячеек при моделировании и таким образом улучшить очертание зон контакта (рис. 8). 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.).

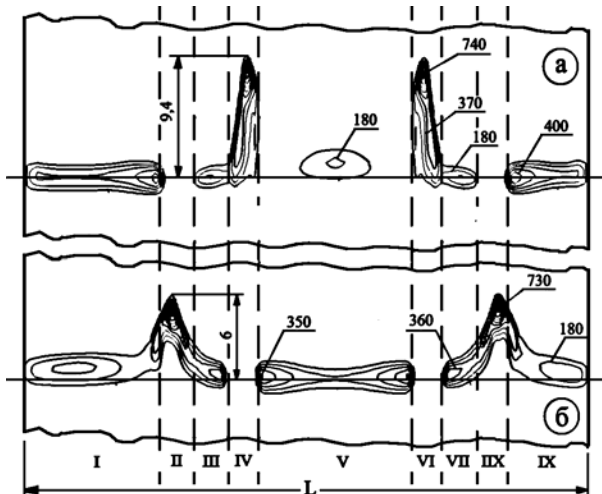


Рис. 8. Контуры поверхностного давления в зонах контакта со стороны а) верхнего и б) нижнего ролика на первом переходе (римскими цифрами обозначены зоны в соответствии с рис. 1)

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 угловым зонам профиля и по горизонтальным элементам профиля.

3. Форму кривой давления по уголкового зоне можно представить в виде параболы со значительным смещением вершины к началу зоны контакта.

4. Максимальное значение давлений при контакте по угловым 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. Выявлено смещение центра давления на величину (1,5-4)s по горизонтальным полкам в сторону захода заготовки.

Выводы: вышеуказанная 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 нарушения покрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

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. Производство гнутых профилей (оборудование и технология). Под общ. ред. *И.С. Тришевского* и др. – М.: Металлургия, 1982. – 384 с.
3. LS-DYNA Theoretical manual. 2006. Livemore software technology corporation.

CHOICE OF WAY OF ANGULAR ZONES MOULDING OF THROUGH TYPE PROFILE IN ROLLERS ON THE BASIS OF OPERATING CONTACT PRESSURE ANALYSIS

© 2010 M.V. Ilyushkin, V.A. Markovtsev, A.S. Baranov
JSC «Ulyanovskiy NIAT»

In a paper two ways of moulding the through type profile in rollers – moulding with constant and variable radiuses are considered. On the basis of the analysis of arising contact pressure in angular zones of a profile and magnitude of thinning it is offered to use the scheme with variable radiuses. In JSC “Ulyanovskiy NIAT” experimental inspection of the given schemes was carried out.

Key words: *moulding, through type profile, contact pressure*

Maxim Ilyushkin, Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director on Scientific Work. E-mail: fzbm@mail.ru
Vladimir Markovtsev, Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director on Common Questions. E-mail: niat@mv.ru
Alexander Baranov, Minor Research Fellow, Post-graduate Student