

УДК 628.16:621.981.3

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛИСТОВЫХ РИФЛЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ

**Крюк А.Г.**, канд. техн. наук (г. Харьков, Украина)

*We present new solutions for designing technology corrugated sheet profiles increased rigidity.*

Одним из важнейших показателей качества металлопродукции являются ее прочностные характеристики. Повышение прочностных характеристик (временного сопротивления разрыву, предела текучести) может быть достигнуто путем холодной деформации металла или добавлением легирующих элементов в процессе его выплавки. Очевидно, что первый вариант упрочнения является более экономичным, так как не требует дорогостоящих легирующих добавок, а процесс упрочнения, например, при производстве гнутых профилей, может быть организован непосредственно в потоке профилегибочного стана. Разработанная в УкрНИИМете технология производства листовых рифленых профилей повышенной жесткости позволила определить принципиальную возможность организации производства на профилегибочных станах гнутых профилей, усиленных продольными рифлениями, из заготовок толщиной до 2,5 мм [1, 2]. Определено также, что формовка рифлений на полках и стенках гнутых профилей в 1,2...1,7 раза увеличивает прочностные характеристики заготовки, а также способствует увеличению жесткости ее элементов.

Применительно к техническим возможностям опытно - промышленного агрегата 1...4x50...300 УкрНИИМет была разработана и освоена технология производства упрочненного корытного профиля 80x60x32x2,5 мм. Технология деформационного упрочнения профилей является новым процессом, не применяющимся в настоящее время в отечественной металлургической промышленности и направленным на обеспечение развития производства эффективных видов металлопродукции, расширение сортамента, улучшение качества и значительное повышение прочностных свойств металлопродукции за счет совершенствования технологии производства проката. По данным потребителей новая разработанная технология позволяет получить гнутые профили на 20-25% прочнее аналогичных, изготовленных по традиционной технологии, а, следовательно, на 15-20% легче. Полученная при освоении и отработке технологии партия профилей в объеме 5 тонн была применена для изготовления и испытания платформ прицепов с применением упрочненных профилей. Установлено, что упрочненный корытный профиль 80x60x32x2,5 мм практически равнопрочен применявшемуся ранее корытному профилю 80x60x32x3 мм.

Рассмотрим технологию профилирования и произведем расчет калибровки валков. Ширина заготовки для профилирования определялась в соответствии с конфигурацией профиля (рис. 1) по формуле:  $B=2b_1+2b_2+2b_3+2\pi\rho$ , где  $\rho = R + KS_0$  – радиус нейтрального слоя;  $K$  – коэффициент, учитывающий смещение нейтрального слоя заготовки при профилировании. Для принятых размеров профиля искомая ширина составляла:

$B = 2 \times 26,5 + 2 \times 51 + 70 + 2 \times 3,14(2 + 0,4 \times 2,5) = 243,84$  мм. Учитывая, что размеры боковых полок профилей 32 мм были получены с положительным допуском +1,5 мм, ширина заготовки ( $B$ ) была принята равной 241 мм.

Экспериментально установлено, что формовку рифлений необходимо производить в два этапа, выполняя на каждом из них по четыре рифления. Рифления на участках заготовки, соответствующих вертикальным стенкам профи-

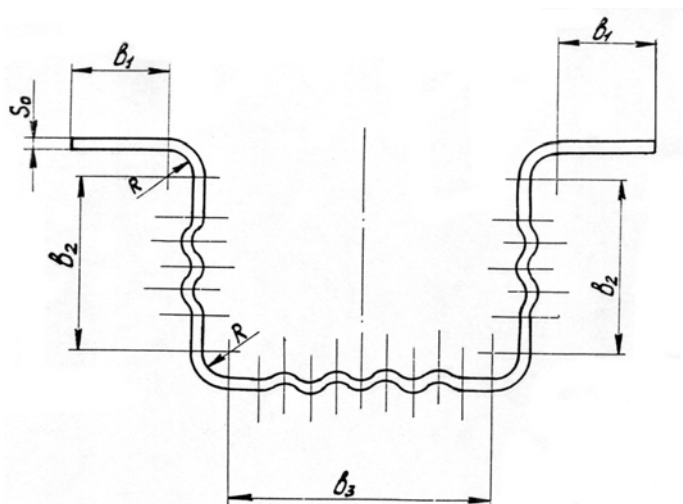


Рис. 1. Схема для определения ширины исходной при формовке корытного профиля 80x60x32x2,5, мм.

ля, необходимо выполнить до начала профилирования. Формовку четырех рифлений на горизонтальной стенке профиля, с целью снижения трудоемкости изготовления валков для профилирования, необходимо выполнять в конце процесса профилирования, непосредственно перед порезкой профиля на мерные длины. Режим профилирования принят тем же, что и для производства корытного профиля 80x60x32x3 мм

–15°–30°–45°–60°–75°–85°–90°. Для обеспечения формообразования радиуса  $R_2$  у боковой полки, подгибка последней до угла 90°

производится при подгибке вертикальных стенок профиля на угол 85°.

Рассчитываемая калибровка валков предусматривала выполнение отдельных этапов формообразования профиля в следующих клетях агрегата: 8 клеть – формовка рифлений на участках заготовки, соответствующих боковым стенкам профиля; 9 клеть – подгибка вертикальных стенок и полок на угол 15°; 10 клеть – подгибка вертикальных стенок и полок на угол 30°; 11 клеть – подгибка вертикальных стенок и полок на угол 45°; 12 клеть – подгибка вертикальных стенок и полок на угол 60°; 13 клеть – формовка рифлений на горизонтальной стенке профиля; 14 клеть – подгибка вертикальных стенок и полок на угол 75°; летучие ножницы – порезка профиля на мерные длины; 15 клеть – подгибка вертикальных стенок и полок на угол 85° и полок на угол 90°; 16 клеть – подгибка вертикальных стенок и полок на угол 90°.

Размеры калибров рассчитывались в соответствии с методикой, согласно которой расчетные радиусы мест закругления  $R$ , линейные размеры валков, их диаметры определяются в зависимости от углов подгибки. Схема для расчета размеров калибра приведена на рис. 2. Разработанная технология производства упрочненного корытного профиля 80x60x32x2,5 мм предусматривает упрочнение рифлением заготовки на участках, соответствующих горизонтальной и вертикальным стенкам и ее профилирование в девяти клетях профилирующего агрегата 1...4x50...300.

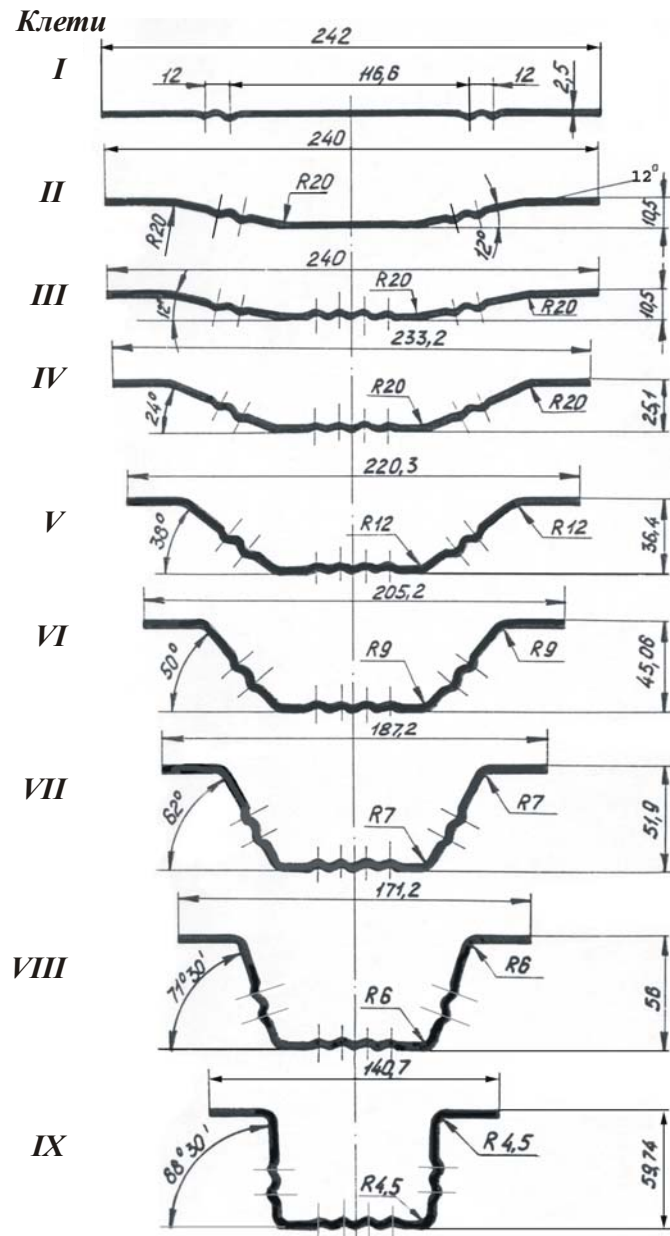


Рис. 2. Схема для расчета размеров калибров.

Завалка валков в рабочие клетки и их настройка осуществлялись в следующей последовательности: 1) завалка нижних рабочих валков в 8...16 клетки; 2) настройка нижних рабочих валков с помощью специальных настроечных шаблонов; 3) завалка верхних рабочих валков в 8...16 клетки; 4) установка вертикальных и боковых зазоров в 9...12 и 14...16 клетях для профилирования (с помощью щупов); 5) установка вертикальных и боковых зазоров в 8 и 13 клетях (с помощью отрезков заготовки для профилирования). Для этого после осевой регулировки валков до получения равномерного бокового зазора между элементами, формирующими рифления, устанавливался зазор между гладкими цилиндрическими поверхностями валков, равный толщине заготовки и через клетки пропускались отрезки заготовки длиной 1500 мм. После замеров высоты рифлений производилась корректировка зазора. Последние операции повторялись до получения необходимой высоты рифлений.

Проведенные замеры геометрических размеров партии профилей показали, что полученные профили соответствуют требованиям чертежа. Профили отправлены Орскому заводу тракторных прицепов.

Одной из основных задач, ставившихся при освоении технологии производства упрочненных профилей, являлось изучение износа валков в клетях для формовки рифлений. Необходимость проведения таких исследований обуславливалась тем, что формообразование рифлений осуществляется вытяжкой материала заготовки и, естественно, должно сопровождаться более интенсивным износом валков по сравнению с износом в клетях для профилирования.

Для разработки промышленной технологии, расчета калибровки валков и освоения производства швеллера 185x100x2,5 мм из предварительно упрочненной заготовки на стане 2...8x100...600 был разработан и согласован с потребителем чертеж швеллера 185x100x2,5мм (с полками и стенками, усиленными продольными рифлениями высотой 1 мм с шагом 12 мм). Этот профиль предназначен для замены швеллера 185x100x5 мм в конструкции транспортера.

Формовку рифлений на центральных участках стенки и полок швеллера предполагалось производить в первых клетях профилегибочного стана 2...8x100...600 на соответствующих участках плоской заготовки до начала профилирования швеллера. Для этого первая клеть стана использовалась как задающая – с цилиндрическими валками, вторая и третья клетки – соответственно для формовки 12 рифлений в центральной части заготовки и 10 рифлений на ее боковых участках, 4...8 клетки – для постепенной подгибки полок до угла 90° и 9 клеть – чистовая.

Профилирование заготовки с продольными рифлениями, расположенными вне мест изгибов профиля, не имеет принципиальных отличий от профилирования гладкой заготовки, поэтому для освоения производства швеллера 185x100x2,5 мм в 4...9 клетях использовались те же валки, что и для производства швеллера 185x100x5 мм (с корректировкой зазоров в калибрах по толщине заготовки).

Для центрирования заготовки валки второй и третьей клетей образуют калибры закрытого типа. Профиль формирующих участков калибров валков определен на основании геометрического расчета по чертежу швеллера. Для снижения расхода металла на изготовление валков на недеформирующих участках калибров установлены дистанционные кольца.

Для освоения производства швеллера 185x100x2,5 мм использовались четыре рулонные заготовки, полученные после продольного роспуска рулонов массой до 6 т на АПР. Заготовки, полученные с крайних боковых участков рулонов имели одностороннюю волнистость с высотой волн до 20 мм и периодом 400-600 мм. При профилировании таких заготовок наблюдалось наличие волнистости полок с высотой волны до 6 мм и шагом 100...120 мм. При профилировании заготовок из средней части рулонов, не имеющих волнистости по боковой кромке, получены швеллеры, отвечающие требованиям чертежа. Швеллер 185x100x2,5 мм отгружен ПО УХ-16/5 (г. Омск) для изготовления опытной партии транспортеров.

При профилировании швеллера 185x100x2,5 мм методом электротензо-

метрии были произведены замеры усилий деформирования при формовке рифлений в наиболее нагруженной второй клетки стана. Полученный результат 244 кН (24,9 т) меньше допускаемого для клетки стана 2...8x100...600 усилия 294 кН (30 т).

Освоение листовых рифленых профилей повышенной жесткости 1263x7x1,5 мм на профилегибочном агрегате 0,5-2, 5x300-1500 для Харьковского завода «Кондиционер» производилось для замены в камерах орошения промышленных кондиционеров листовой стали толщиной 2 мм.

Данный профиль является наименее технологичным из трех рифленых профилей повышенной жесткости, подлежащих освоению, т. к. имеет несимметричное поперечное сечение. Суммарная годовая потребность в профилях – 6,5 тыс. т. Разработанный чертеж профиля 1263x7x1,5 мм, подлежащего первоочередному освоению, предусматривал формообразование элемента двойной толщины у одной из боковых кромок профиля с формовкой на нем двух сквозных гофров высотой 5,5 мм, а также формовку 7 групп рифлений высотой 2,5 мм и шагом 8 мм на заготовке толщиной 1,5 мм.

Формообразование профиля предполагалось осуществить в 12 клетях агрегата: в 1...11 клетях – формообразование элемента двойной толщины с двумя отформованными на нем сквозными гофраами; в 3...9 клетях – формовку семи групп рифлений; в 12 клетки – чистовую формовку профиля.

Освоение профиля показало, что при прохождении заготовки через 1...5 клетки происходит ее провисание на участке дистанционных колец между опорными элементами ( $\text{Ø}366$  мм;  $B = 100$  мм) со стороны привода, что приводит к короблению и смятию правой боковой кромки заготовки опорными элементами шестой клетки. Для устранения этого недостатка в 1-6 клетях опорные элементы были смещены к центру валков на 200 мм, а дистанционные элементы перенесены в сторону привода.

Повторное освоение профиля выявило следующие недостатки:

- в 5,6,7 и 10 клетях получить требуемую чертежом высоту рифлений не представилось возможным из-за совмещения в этих клетях операций формовки рифлений и подгибки боковой кромки заготовки (для получения элемента двойной толщины). Формообразование рифлений производится за счет вытяжки материала заготовки, сопровождающейся значительным давлением металла на валки, что приводит к их прогибу. Поэтому для получения требуемой высоты рифлений необходимо уменьшение зазора между валками, что приводит к раскатке металла в местах подгибки элемента двойной толщины;
- в 12 клетки из-за неточностей в изготовлении валков наблюдалась переформовка некоторых отформованных в предыдущих клетях рифлений. Кроме того, из-за прогиба валков произвести доформовку до требуемой высоты рифлений, полученных в предыдущих клетях, не удалось;
- недостаточная прочность бурта ( $\text{Ø}370$  мм,  $B = 8$  мм) формирующего элемента верхнего валка 1У-51-39 шестой клетки привела к его поломке (выкрашиванию), что не позволило продолжить работы по освоению профиля.

По результатам освоения профиля совместно с представителями завода «Кондиционер» принято решение:

1) отказаться от применения в конструкции фланцев камер орошения кондиционеров профилей с элементами двойной толщины, нетехнологичных в изготовлении и требующих большого количества валковой оснастки, заменив их ребрами жесткости, получаемыми подгибкой боковой кромки профиля на листогибочном прессе у потребителя;

2) при повторном освоении формообразование профиля производить в 8 клетях агрегата, не совмещая операцию формовки рифлений с другими операциями: в первой клетке – формовку двух сквозных гофров; во второй – восьмой клетях – формовку семи групп рифлений;

3) отказаться от применения чистой клетки;

4) после проведения испытаний камер орошения кондиционеров с новой конструкцией фланцев, произвести их повторное освоение.

Сравнительно небольшой объем освоения не позволяет достоверно определить величину и характер износа валков для формовки рифлений. Вместе с тем известно, что, например, для изготовления валков, обладающих высокой износостойкостью, используют стали, легированные марганцем и хромом. Для валков с особо высокой износостойкостью используют инструментальные стали, легированные марганцем, хромом, молибденом (отличаются от вышеуказанных сталей высоким содержанием хрома: от 4,8 до 14%). Вопрос исследования стойкости валков при формообразовании рифлений может потребовать дальнейших исследований для организации промышленного производства упрочненных специальных профилей в Украине.

**Список литературы:** 1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.5. “Обработка металлов методами пластического деформирования” – Одесса: ОНПУ, 2004. – 522 с. 2. Тришевский О.И., Крюк А.Г. Профили высокой жесткости с периодически повторяющимися гофрами // *Металлургия и коксохимия*. – Вып. 71, 1981. – С. 10-14.