

КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ НАСТИЛОВ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРОТИВОСКОЛЬЖЕНИЯ

Крюк А. Г., канд. техн. наук, проф.

(Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеця, Харьков, Украина)

Разработана комбинированная технология и проведены экспериментальные исследования при производстве гнутых профилей с поверхностью противоскольжения.

Ключевые слова: гнутые профили, поверхность противоскольжения, деформация, заготовка.

Розроблено комбіновану технологію і проведено експериментальні дослідження при виробництві гнутих профілів з поверхнею проти ковзання.

Ключові слова: гнуті профілі, поверхня проти ковзання, деформація, заготовка.

A combined technology and experimental studies in the production of cold-formed sections with anti-skid surface.

Keywords: roll-formed profiles, surface anti-skid, deformation, the workpiece.

В настоящее время в различных строительных конструкциях и промышленных сооружениях типа эстакад, переходных площадок, лестниц, переходов, покрытый полов производственных помещений и т. д. применяют настил из рифленых стальных листов или плоские плитовины с приваренными к ним ребрами противоскольжения. Такие рифленые листы обычно имеют толщину 4–5 мм, тогда как по условиям прочности вполне достаточна толщина 1,5–2,5 мм. Однако горячей прокаткой рифленые листы толщиной менее 3–4 мм технологически трудно изготовить. Таким образом, завышается масса и стоимость конструкций, выполненных с применением настилов из рифленых листов. Кроме того, узкие канавки на рифленых листах быстро засоряются, что резко уменьшает сопротивление трению и приводит к необходимости частой их очистки.

Применяемые иногда просечные облегченные настилы наряду с достоинствами обладают и существенными недостатками: повышенной трудоемкостью и низкой производительностью способа изготовления, ограниченными габаритами по длине (не более 3 м), что вызывает дополнительные трудности при монтаже и обуславливает необходимость применения сварочных операций. Кроме того, просечные настилы нельзя класть на перекрытия, находящиеся над другими рабочими площадками. Предъявляемым требованиям лучше всего удовлетворяют гнутые профили, несущая поверхность которых усилена поперечными периодически повторяющимися гофрами жесткости небольшой высоты, которые повышают несущую способность настила и в то же время обеспечивают нужную степень противоскольжения.

В данной работе разработаны принципиально новые конструкции панельных настилов, представляющие собой сортаментный ряд гнутых корытных и С-образных профилей толщиной 2,5 мм, у которых для обеспечения требуемой поверхности противоскольжения на стенках нанесены поперечные периодически повторяющиеся гофры трапецеидальной формы высотой до 7 мм с ша-

гом 60 мм (рис. 1). Из разработанных профилей можно изготавливать настилы для отдельных переходных площадок и набирать ряд профилей в производственные площадки большей площади.

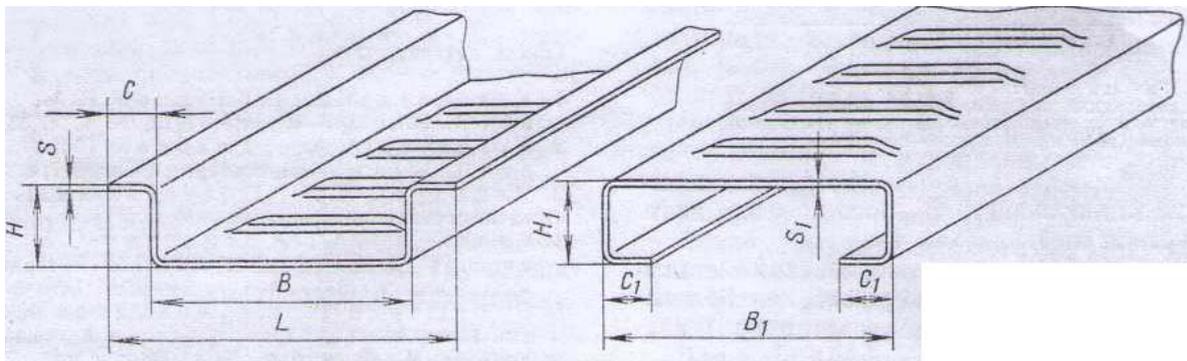


Рис. 1 – Гнутые профили настила с периодически повторяющимися гофрами противоскольжения

Выбором соответствующего профиля из разработанного сортамента можно обеспечить перекрытие пролетов длиной до 12 м. При толщине $S=S_x=2,5$ мм новые профили (рис. 1) имеют следующие основные размеры, мм:

H	B	L	C	H_1	B_1	C_1
120	417	460	30	120	600	40
120	500	600	50	120	800	40
200	500	600	50	160	600	40
120	700	800	50	160	800	40
200	700	800	50	200	800	40

Разработанная технология, предусматривающая совмещение в одной непрерывной технологической линии процесса обычного профилирования сортовых профилей с валковой формовкой на отдельных элементах этих профилей периодически повторяющихся гофров противоскольжения.

Необходимое профилегибочное оборудование для изготовления по новой технологии требуемого профиля из разработанного сортамента выбирается на основании величин суммарных давлений металла на валки и крутящих моментов на валках, определенных по известным зависимостям [1].

Для определения возможности формовки в клети профилегибочного стана выбранного типа периодически повторяющихся гофров противоскольжения при определении усилия формовки P можно воспользоваться приближенной формулой $P= kL/S\sigma_b$, где L – длина формуемого гофра, мм; S – толщина заготовки, мм; σ_b – временное сопротивление формуемого металла, Н/мм²; k – коэффициент, учитывающий различие протекания процессов штамповки ребер жесткости на прессах и рельефной валковой формовки гофров при профилировании (0,25–0,40). На основании проведенных расчетов для изготовления открытого равнополочного профиля настила размером 417x120x30x2,5 выбрали профилегибочный стан 1–5x30–730. Для изготовления этого профиля с поперечными гофрами использовали систему калибровки с переменными величинами радиусов закруглений и постоянными расстояниями между центрами дуг мест изгиба. Такая система калибровки обеспечивает свободный доступ метал-

ла к местам изгиба. Разработанный режим формовки профиля настила предусматривает получение его в 10 клетях профилегибочного стана, из которых: клетки 1 и 2 являются закрытыми формующими, 3–7 и 9–10 – открытыми формующими, а в клетях 8 формируются поперечные гофры.

Валковая формовка поперечных периодических гофров представляет собой сложный процесс формообразования, при котором вытяжка участков полосы осуществляется непосредственно в осевой плоскости валков; при этом в ряде случаев возможно возникновение волнистости на боковых прямолинейных участках профиля, для устранения которой применяются различные способы

В целях предотвращения волнистости на стенке корытного профиля формировать поперечные гофры предполагалось в клетях 8, так как полоса, выходящая из клетки 7, в основном уже отформована, а боковые стенки вследствие полученной при профилировании жесткости препятствуют возникновению волнистости. В клетях 9 и 10 осуществляется доформовка корытного профиля с одновременной правкой плоских участков его стенки.

При валковой формовке поперечных периодических гофров для обеспечения синхронизации вращения формующих валков на рабочих валках стана необходима установка пары специальных синхронизирующих шестерен. Конструкция валков стана 1–5х30–730 не позволяет разместить шестерню с внешней стороны клетки за стойкой. Ширина формируемой в первых клетях стана полосы такова, что эти шестерни нельзя разместить и между стойками, и только при подгибке элементов профиля примерно на 80° (т.е. в клетях 8) на валу освобождается место для их установки. В соответствии с разработанной технологией гофры на профиле формируются выступами нижнего валка в полостях верхнего. С учетом передаточного отношения шестерённой клетки стана $i=2,5$ основной диаметр верхнего валка принят равным 372,5 мм, нижнего 149 мм.

Для размещения целого числа периодов гофров на бочках валков шаг между гофрами был откорректирован и составил $T=58,48$ мм; при этом основной диаметр валка с выпуклыми формующими элементами может быть рассчитан

$$D_n = n_1 T / \pi = 8 \cdot 58,48 / 3,14 = 149 \text{ мм},$$

где $n_1=8$ – число выпуклых формующих элементов на окружности бочки валка.

Основной диаметр валка с вогнутыми формующими элементами определяется

$$D_6 = D_n i = 149 \cdot 2,5 = 372,5 \text{ мм}.$$

Рассчитываются диаметры делительных окружностей сопряжения формующих элементов обоих валков с учетом толщины профилируемой полосы:

$$D_n = D_n + S = 149 \cdot 2,5 = 151,5 \text{ мм};$$

$$D'_b = D_b + S = 372,5 + 2,5 = 375 \text{ мм}.$$

При длине шага T между гофрами и числе выпуклых формующих элементов на валке n_1 число соответствующих им впадин на другом валке составляет $n_2 = i n_1 = 2,5 \cdot 8 = 20$. Шаговые углы выпуклых φ_1 и вогнутых φ_2 профильных элементов при этом равны 45° и 18° ; межцентровое расстояние между валками составляет 263,25 мм.

Разработанная калибровка валков для формовки на стенке корытного профиля клетки 8 профилегибочного стана поперечных периодически повторяющихся гофров противоскольжения приведена на рис. 2.

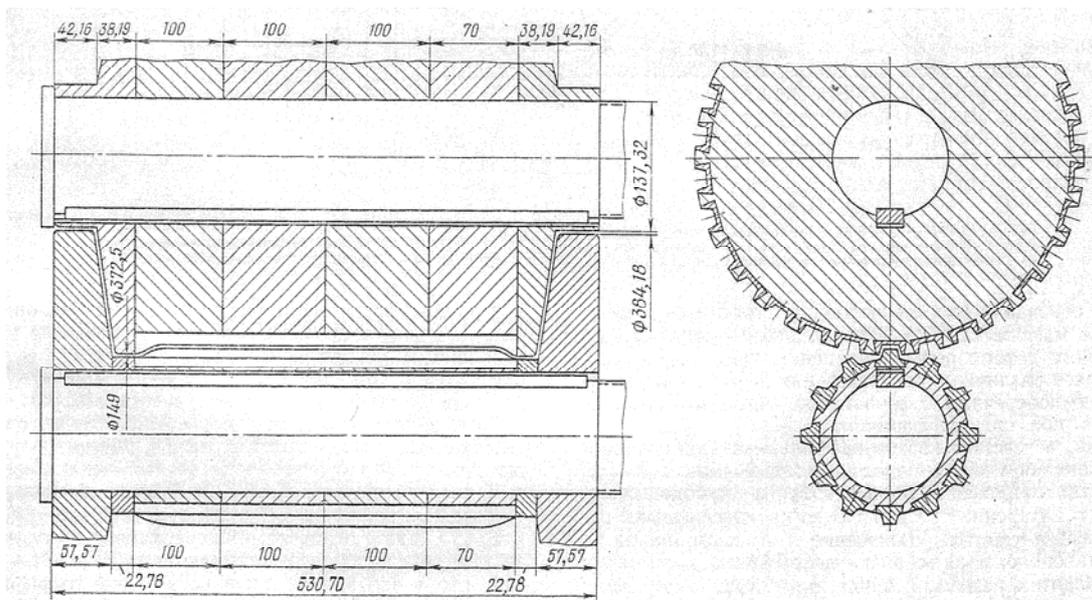


Рис. 2 – Конструкция валков клетки 8 профилегибочного стана, где формируются поперечные гофры противоскольжения

Конструкция валков для формовки поперечных гофров получается сложной и довольно трудоемкой в изготовлении, поскольку требуются дополнительные операции по выполнению пазов по окружности бочек рабочих шайб, а также самих формирующих элементов и их взаимная подгонка.

В целях унификации комплектов формирующих валков и обеспечения возможности изготовления на одних валках профилей нескольких типоразмеров была запроектирована новая конструкция валков, отличительной особенностью которой является разборное исполнение не только шайб, но и формирующих элементов – вставок. Заменяя на валках ряд формирующих шайб со вставками цилиндрическими дистанционными, можно настроить комплект рабочих валков на формовку поперечных гофров любой требуемой ширины.

Размещать такую унифицированную рабочую клетку целесообразно перед клетями профилегибочного стана, так чтобы возможные при валковой формовке поперечных гофров дефекты плоских боковых участков полосы можно было устранить в процессе дальнейшей подгибки этих участков при формовке сортовых профилей различной конфигурации. Анализ размеров готового корытного профиля настила позволил установить, что предельные отклонения их от номинала не превышают допускаемых по ГОСТу на гнутые стальные профили.

Для проверки ряда характеристик получаемых профилей провели экспериментальные исследования деформированного состояния и механических свойств готовых профилей. Анализ искажений координатной сетки, нанесенной на поверхности заготовки перед профилированием, позволил установить, что по внутренней поверхности в местах изгиба у оснований гофров наблюдалась деформация растяжения, максимальная величина которой составляла 16,5% (рис. 3,а). На плоских участках между гофрами она уменьшалась до нуля, а на плоских боковых участках гофров постепенно переходила в деформацию сжатия, достигая 4% в зоне сжатых волокон на участке мест изгиба у вершины гофров. На плоском участке вершины гофра наблюдалась незначительная деформация растяжения.

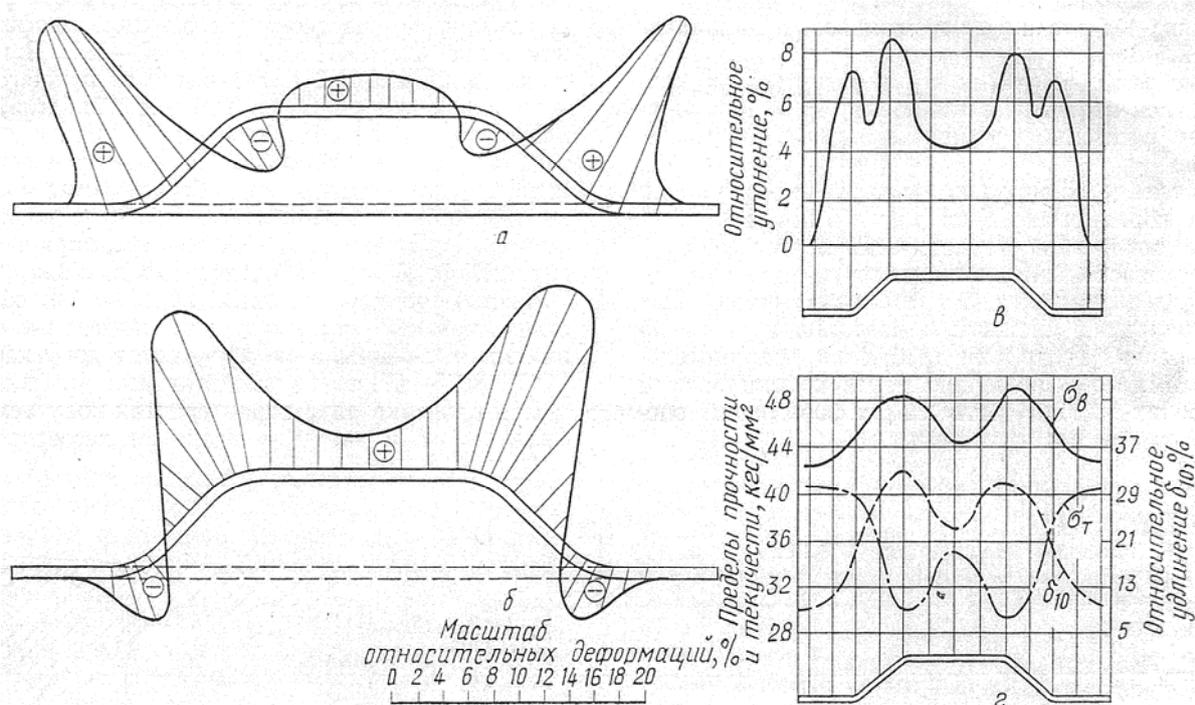


Рис. 3 – Результаты исследования деформированного состояния и механических свойств гнутых профилей проката: *a* и *б* – распределение поверхностных деформаций внутреннего и наружного слоев поперечного сечения гофров; *в* – изменение относительного утонения по поперечному сечению гофров; *г* – изменение механических свойств по сечению гофра

По внешней поверхности (рис. 3,б) деформация растяжения возрастала от 2 % на плоском участке и достигала максимуме (14%) у вершины гофра в месте изгиба основания гофра и плоского бокового участка, а затем она резко понижалась и в месте изгиба у основания гофра переходила в деформацию сжатия с максимумом 5 %. На плоских участках между гофрами деформация была равна нулю. Такое различие в распределении деформации по сечению поперечных гофров можно объяснить влиянием изгиба при их формовке.

Так, вследствие изгиба профильными формующими элементами участка полосы в зоне формовки гофров участки сопряжения вершин гофра и его боковых стенок с внутренней стороны сечения подвергаются деформации сжатия. Наложение этой деформации на противоположную по знаку деформацию растяжения приводит к резкому уменьшению общей деформации растяжения, которая на этих участках переходит в деформацию сжатия. Наружные же слои поперечного сечения гофра в местах сопряжения его вершины с боковыми стенками под влиянием того же изгиба испытывают дополнительную деформацию растяжения, при наложении которой на деформацию растяжения от вытяжки общая деформация увеличивается.

На вырезанных из профиля темплетях измерили толщину формируемой полосы в поперечном направлении (рис. 3,в). Наибольшее относительное утонение наблюдается вблизи радиусов перехода вершины гофра на плоские боковые участки и достигает 8,5 %. Другой максимум распределения утонения по исследуемому сечению приходится на участок сопряжения основания гофра с

плоским боковым участком. Величина утонения здесь составляет 7%. Утонение на вершине гофра и на плоских боковых участках достигает 4–5%. На плоских участках между гофрами утонение отсутствует.

Анализ распределения утонения по поперечному сечению трапецеидальных гофров показал, что наиболее интенсивно процесс формообразования гофров происходит на криволинейных участках основания вершины гофра, а также на плоском наклонном участке между гофрами. Отсутствие утонения на прямолинейных участках, смежных с гофрами, свидетельствует о том, что гофри получены только в результате местной вытяжки на участках гофров.

Проведенные испытания на разрыв, а также определение твердости темплетов, вырезанных из гофров готовых профилей, показали, что по механическим свойствам готовые профили значительно отличаются от исходной заготовки. На участках отформованных гофров наблюдается явно выраженное упрочнение металла. В местах изгиба как у оснований, так и на вершине гофра временное сопротивление повышается на 13% по сравнению с его уровнем для исходной заготовки (рис. 3,2). На плоских боковых участках и на вершине гофра прочность снижается, а на плоских участках между гофрами остается такой же, как и до профилирования. Предел текучести изменяется по поперечному сечению по такому же закону.

Относительное удлинение δ_{10} уменьшается до 8% вблизи криволинейных участков вершины гофра и повышается до 19% на плоских участках вершины. На промежутках между гофрами δ_{10} повышается до первоначальных значений.

Твердость изменяется аналогично изменению механических свойств: максимальное упрочнение металла наблюдается в местах изгиба на вершине и у основания гофров. На плоских участках между гофрами твердость остается такой же, как у исходной заготовки. Твердость измеряли на внутренней и на внешней поверхности гофров. Было установлено, что в зоне сжатых волокон твердость несколько выше, чем в зоне растянутых.

Таким образом, исследования по определению механических свойств готовых профилей позволили установить увеличение временного сопротивления предела текучести и твердости готовых профилей по сравнению с их уровнем для исходной заготовки; иными словами, в результате упрочнения, полученного при формовке, общая несущая способность всего профиля увеличивается.

В результате приведенных исследований по созданию панельных настилов для типовых лестниц и площадок промышленных зданий и сооружений разработаны сортамент специальных гнутых профилей и комбинированная технология их изготовления, по которой в одной непрерывной технологической линии совмещается процесс профилирования сортовых профилей с периодической валковой формовкой поперечных гофров противоскольжения. Приведенные экспериментальные исследования подтвердили приемлемость разработанной технологии.

Список литературы: 1. *Тришевский И. С.* Теория и технология производства экономичных гнутых профилей проката / *И. С. Тришевский, Л. Н. Котелевский* // Гнутые профили проката: сб. трудов. – Харьков: УкрНИИМет, 1971. – № 15. – С. 226-231.