

УРМАЦКИХ А.В., аспирант, ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

ШЕМШУРОВА Н.Г., канд. техн. наук, профессор, ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ С ГОФРАМИ ЗАМКНУТОЙ ФОРМЫ

В статье описаны механические и эксплуатационные свойства нового вида гнутых профилей с замкнутыми гофрами и перспективы их использования в современной технике. Приведена технология производства данных профилей путем профилирования.

Ключевые слова. Осадка гофров, энергосиловые параметры профилирования, формоизменение высоких гофров, волнистый профиль, сварной замкнутый профиль проката, профиль изотропной жесткости, момент сопротивления.

In the article there are described mechanical and maintenance properties of the new kind of roll-formed tubular sections perspective of their using in modern engineering. There is a technology of their production, by means of roll-forming and the energy-force parameters of the roll-forming process are introduced.

Key words: shortening of corrugations, energy-power parameters of profiling, profile-changing of high corrugations, a roll-formed waveliked section, a roll-formed welded section, isotropic tough roll-formed section, moment of resistance

Одной из основных задач, возникающих при проектировании новых листовых гнутых профилей, является придание им высокой жесткости.

Гофрированные листовые профили повышенной жесткости – это перспективные конструкционные элементы, позволяющие увеличить несущую способность и снизить вес конструкций и сооружений. Расчеты [1] показывают, что жесткость таких профилей в 3-5 раз выше, чем у аналогичных по размерам «классических» листовых профилей с трапециевидными гофрами. Данные профили могут быть получены различными способами: поэлементной гибкой, штамповкой, прокаткой и др. [2,3].

Основными конструктивными элементами, создающими жесткость гнутого профиля, являются гофры (продольные или поперечные, сквозные или периодически повторяющиеся) [4,5]. Основным недостатком таких профилей является анизотропия механических свойств во взаимно перпендикулярных направлениях.

Существуют различные конструктивные приемы, позволяющие выровнять жесткость и несущую способность в ортогональных направлениях плоскости листа. запатентованы листовые гнутые профили с зигзагообразными гофрами, а также технологии для их получения [6,7]. Благодаря повторяющемуся рисунку, они могут монтироваться «внахлестку» и использоваться в качестве кровли или ограждения. Известны листовые гнутые профили с ортогонально пересекающимися гофрами, причем высота гофров одного направления значительно отличается от высоты гофров другого направления [3]. При этом

гофры в местах пересечения сохраняют свою геометрию. Линии переходов сопрягающихся гофров должны быть достаточно плавными для исключения возникновения концентраторов напряжений. На основании указанных принципов разработана конструкция гнутого листового профиля с ортогонально пересекающимися гофрами [8,9]. Они обладают повышенной гибкостью (эффектом «мембраны»), вследствие чего допускают изгиб, превышающий изгиб «классических» профилей в направлении оси гофров, без пластической деформации. Сечение таких профилей представляет собой зигзагообразную линию. В местах изгиба возникают упругие деформации, подобные деформациям в сиффонах. Это позволяет использовать их в качестве ограждающих конструкций и при устройстве кровли, являющейся поверхностью второго порядка. При этом радиус изгиба должен быть достаточно большим. Несущая способность на сжатие и изгиб у этих профилей несколько ниже, чем у профилей, имеющих только параллельные гофры (в направлении вдоль оси гофров). Изменяя количество продольных и поперечных гофров, а также их направление и размер можно создавать новые конструкции листовых гнутых профилей с заранее заданными свойствами.

Одним из новых направлений повышения несущей способности гофрированных листовых профилей является увеличение длины горизонтальных и вертикальных элементов гофров за счет заполнения металлом пространства в основании гофров (рис. 1). Максимальное заполнение будет достигнуто тогда когда смежные участки гофра придут в соприкосновение (рис. 1, поз. 4). При этом несущая способность может быть увеличена более чем в пять раз.

Рассматриваемые профили в сравнении с известными допускают меньший радиус изгиба в поперечном направлении, что объясняется большей длиной развертки профиля. Еще одной особенностью данных профилей является их повышенная «податливость» к осевому скручиванию. Такие профили могут найти применение при облицовке конструкций с цилиндрическими поверхностями.

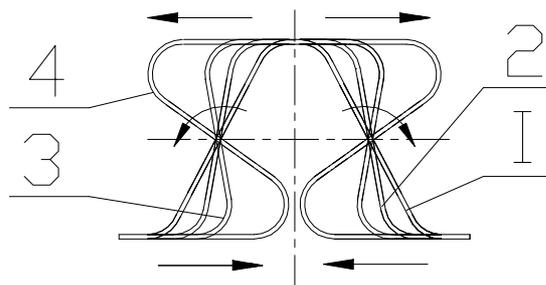


Рис. 1. Последовательность формоизменения в поперечном сечении гофрированного профиля и заполнения межгофрового пространства металлом

Часто конструкции, кроме высокой несущей способности в продольном и поперечном направлениях, должны обладать устойчивостью к скручивающим нагрузкам. В целях придания гнутому листовому профилю устойчивости к осевому скручиванию необходимо, чтобы хотя бы часть гофров имели замкнутый профиль. Установлено [10,11], что замкнутый профиль в h^2/S^2 раз жестче открытого, а максимальные касательные напряжения в h/S раз меньше напряжений в открытом профиле при одинаковых крутящих моментах (где h и S

– соответственно высота профиля и толщина его стенки). Следовательно, в конструкциях, геометрические размеры которых не должны изменяться под действием скручивающих моментов, эффективно использование гнутых профилей с гофрами замкнутой формы.

Образование замкнутого гофра может быть достигнуто путем склеивания, пайки или сварки боковых поверхностей соприкасающихся элементов гофров. На рис. 2 показан гнутый профиль, все гофры которого являются замкнутыми и образованы комбинацией гофра, показанного на рис. 1. По своим свойствам и конструкции данные профили подобны сотовым панелям с продольными сотами. Такие листовые гнутые профили обладают высокой жесткостью как в продольном, так и в поперечном направлениях, а также устойчивостью к скручивающим нагрузкам.

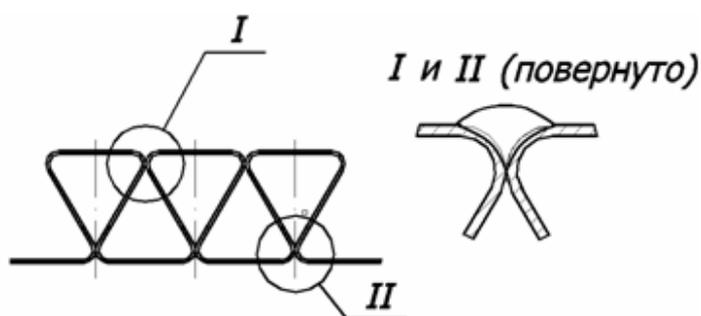


Рис. 2. Листовой гнутый профиль с замкнутыми гофрами

Производство гнутых листовых профилей с замкнутыми гофрами методом профилирования на профилегибочных станах (ПГС) из стальной полосы или ленты имеет ряд преимуществ перед другими способами: высокая производительность процесса, экономичность, высокое качество поверхности, хороший внешний вид, низкая трудоемкость и стоимость материала. Поэтому была

поставлена задача: разработать технологию производства листовых гнутых профилей с замкнутыми гофрами в условиях профилегибочного стана 0,5-2,5х300-1500 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Технологический процесс предполагает в первых пяти-одиннадцати клетях ПГС формовку по способу профилирования волнистых листов, в следующих четырех-пяти клетях – осадку гофров по высоте. Была разработана методика расчета энергосиловых параметров процесса профилирования. Результаты расчета усилий и распределения напряжений по гофру при осадке волнистой полосы дали достаточно хорошую сходимость с результатами проведенного эксперимента.

На основании полученных данных и с учетом особенностей осадки волнистой заготовки в валках разработана технология формовки гофрированного профиля 360х27х1,5 мм в 19 клетях ПГС 0,5-2,5х300х1500 цеха гнутых профилей ОАО «ММК» [12-19].

Если замкнутые гофры выполнить сварными, то гнутый профиль приобретает устойчивость к осевому скручиванию, а также высокую продольную и поперечную жесткость, подобную сотовой панели. Кроме того, данная конструкция является ударопрочной.

Таким образом, производство профилей с гофрами замкнутой формы на профилегибочных станах из полосы имеет ряд преимуществ перед другими способами: высокая производительность процесса, экономичность, высокое

качество поверхности, хороший внешний вид, низкая трудоемкость. При их производстве предложено применять последовательную систему калибровки для получения промежуточной волнистой заготовки с последующей осадкой ее до получения ребристого профиля в последних клетях. Данная система калибровки обеспечивает меньшее утонение металла в местах изгиба, стабильность размеров по длине и сечению профиля, уменьшает вероятность образования волн на боковых кромках.

При осадке соблюдаются следующие принципы: длина волны гофров, определенных по готовому профилю, остается постоянной; элементы профиля на горизонтальных участках в процессе деформации выпрямляются, при этом они не должны терять устойчивости, для чего угол осадки в каждой последующей клетки выбирают в пределах 0,4-0,6 от угла подгибки в предыдущей клетки; применение осадки гофров в последних проходах позволяет создать в очаге деформации металла минимальное поперечное растяжение и утонение заготовки. Так как ширины развертки вершины гофра недостаточно для получения гнutoго профиля с замкнутыми гофрами, необходимо использовать часть высоты боковых стенок. Наиболее предпочтительным представляется осадка волнистой заготовки с одновременной переформовкой вершин гофров на радиус, равный 0,64 ширины гофра [19].

Список литературы: 1. Гнутые профили проката: Справочник / И.С. Тришевский, Н.М. Воронцов, Ю.В. Дзина. – М.: Металлургия, 1967. – 397 с. 2. А.С. 979147 СССР, МКИ В21D13/04. Устройство для изготовления гофрированной ленты / В.И. Афанасенко, К.П. Гулевич, В.И. Шариков. Оpubл. 20.02.1989. 3. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – М.-Л.: Машиностроение, 1965. 4. Кузьмин А.А. Выбор рациональной формы тонкостенных гофрированных профилей // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Межвуз. сб. научн. тр. – Магнитогорск: МГТУ, 2005. – С. 128-134. 5. Гофрированные листовые профили повышенной продольной жесткости / А.В. Урмацких, В.Г. Антипанов, С.А. Шишов, Шемшурова Н.Г. и др. // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Межвуз. сб. научн. тр. – Магнитогорск: МГТУ, 2005. – С. 118-128. 6. А.С. 99117318 РФ. МКИ В21D5/00. Способ изготовления изделий с зигзагообразно гофрированными стенками / А.С. Смирнов, В.И. Знаменский, В.Г. Урицкий и др. Опубликовано 20.06.2001. 7. А.С. 2004138229 РФ, 27.12.2004, МПК В21D13/10. Листовой гофрированный профиль / Е.В. Карпов, С.А. Шишов, А.В. Архандеев, В.Г. Антипанов, А.В. Урмацких. 8. А.С. 2004138227 РФ, 27.12.2004, МПК В21D13/10. Листовой гнутый профиль / Е.В. Карпов, С.А. Шишов, А.В. Архандеев, В.Г. Антипанов, А.В. Урмацких, В.Л. Корнилов. 9. Пат. На изобретение РФ 2317167С1. МПК В21D 5/06. Гнутый профиль высокой жесткости / В.Г. Антипанов, В.Л. Корнилов, Н.Г. Шемшурова, Е.М. Солодова, Н.М. Локотунина. // БИМП, 2008. № 5. 10. Терегулов И.Г. Сопrotивление материалов и основы теории пластичности. – М: Высшая школа, 1984. – 472 с. 11. Урмацких А.В., Шемшурова Н.Г. Конструкции и эксплуатационные свойства современных листовых гофрированных профилей // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Сборник научных трудов под ред. В.М. Салганика. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – С. 158-164. 12. Разработка технологии профилирования гофрированных листовых профилей повышенной жесткости / Урмацких А.В., Бельшев А.С., Шемшурова Н.Г. и др. // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Сб. научн. тр. Под ред В.М. Салганика. – Магнитогорск: МГТУ, 2006. – С.152-158. 13. Пути повышения эксплуатационных свойств экономичных гнутых профилей, производимых в ОАО «ММК» / А.В. Урмацких, В.Л. Корнилов, В.Г. Антипанов, Н.Г. Шемшурова // Труды седьмого конгресса прокатчиков (Москва, 15-18 октября 2007 г.). – М., 2007. Том 1. – С.312-315. 14. Урмацких А.В.,

Шемшурова Н.Г. Совершенствование конструкции и развитие технологии производства гнутых профилей повышенной жесткости // Вестник МГТУ. 2007. № 1. – С. 67-70. **15.** Урмацких А.В., Шемшурова Н.Г. Разработка технологии производства гнутых профилей с гофрами замкнутой формы // Известия вузов. Черная металлургия. 2008. № 2. – С. 68-69. **16.** Урмацких А.В., Шемшурова Н.Г. Листовые гнутые профили проката с углами подгибки элементов более 90 градусов // Стройметалл (www.dorvest.ru). 2008. №3. – С. 30. **17.** Урмацких А.В., Шемшурова Н.Г., Куряев Д.В. Энергосиловые параметры производства гофрированных листов с осадкой гофров // Современные методы конструирования и технологии металлургического машиностроения: Международный сб. науч. тр. / Под ред. Н.Н. Огаркова. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. – С.79-85. **18.** Особенности формоизменения гофров при осадке между плоскими пуансонами / А.В. Урмацких, Г.В. Щуров, В.Л. Корнилов, Н.Г. Шемшурова // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Межрегиональный сб. науч. трудов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. – С.133-141. **19.** Пат. РФ на изобретение № 2360757, МПК В21D 13/10, В21D 5/06. Листовой гнутый профиль / Д.В. Куряев, А.В. Урмацких, Н.Г. Шемшурова // БИМП, 2009. № 19.

УДК 621.771

Ю.О. ПЛЕСНЕЦОВ, канд. техн наук, зав. каф. «ОМТ», НТУ «ХПИ»
О.С. ЗАБАРА, інженер, ТОВ «ІПРИС-профіль», м. Харків
Т.Л. КОВОРТНИЙ, асистент, НТУ «ХПИ»
М.С. ЛЮБИМОВ, студент, НТУ «ХПИ»

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНОГО ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МЕТАЛУ ПРИ ВАЛКОВОМУ ФОРМУВАННІ ГНУТИХ ПРОФІЛІВ ЗАМКНЕНОГО ПЕРЕТИНУ

В роботі для аналізу напружено-деформованого стану металу при валковому формуванні гнутих профілів замкнутого перетину і визначення параметрів, що характеризують процес, використаний інженерний метод. Визначені компоненти напружено-деформованого стану металу за схемою циліндричного вигину та енергосилові параметри процесу для тонкостінної труби діаметром 20 мм, завтовшки 1,0 мм.

В работе для анализа напряженно-деформированного состояния металла при валковой формовке гнутых профилей замкнутого сечения и определения параметров, характеризующих процесс, использован инженерный метод. Определены компоненты напряженно-деформированного состояния металла по схеме цилиндрического изгиба и энергосиловые параметры процесса для тонкостенной трубы диаметром 20 мм толщиной 1 мм.

In current work for analysis of stress-deformed state of metal during roll forming of closed section roll forms and defining of process-characterizing parameters an engineering method was used. The components of stress-deformed state of metal are defined by the scheme of cylindrical bending as and energy-power parameters of process for thin-walled tube with diameter of 20 mm and wall thickness of 1 mm.

Аналіз науково-технічних і патентних джерел інформації, виконаних раніше, показав що попередні дослідження спрямовані на реалізацію технологій виробництва гнутих профілів замкнутого перетину (ГПЗП) із заготованки $s=2$ мм