

4. Новые решения в моделировании процессов сортовой прокатки на основе структурно-матричного подхода и его приложений / О.Н.Тулупов, А.Б. Моллер, М.Г. Поляков, А.В. Логинов, Ю.В. Симаков, Д.В. Колясов, С.А. Левандовский // Производство проката. 2004. № 7. С. 19–26.
5. Левандовский С.А. Оптимизация режимов формоизменения на современных непрерывных сортовых станах // Конкурс грантов студентов, аспирантов и молодых учёных вузов Челябинской области: Сб. рефератов научно-исследовательских работ аспирантов. Челябинск: ЮУрГУ, 2005. С. 131–132.

УДК 621.771.63

А. В. Урмацких, Н. Г. Шемшурова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ЖЁСТКОСТИ

Анализ механических свойств современных гофрированных листовых профилей показывает, что их конструкции можно разделить на два типа. К первому типу относят профили, имеющие максимальные прочностные характеристики вдоль одной оси, ко второму – профили, прочностные характеристики которых в продольном и поперечном направлениях примерно одинаковы.

Большинство гофрированных листовых профилей выполняют с продольными сквозными гофрами, направленными вдоль листа. Продольная жёсткость (несущая способность) такого профиля значительно превышает его поперечную жёсткость.

Наиболее эффективным способом повышения несущей способности гнутых профилей является увеличение высоты гофров [1] или создание дополнительных гофров. Если по конструктивным или технологическим причинам это нецелесообразно, то несущую способность можно поднять, заменив материал профиля на более прочный.

Одним из новых направлений повышения несущей способности гофрированных листовых профилей является увеличение горизонтальных участков гофров, а также заполнение свободного межгофрового пространства. На **рис. 1** показана последовательность превращения «классическо-

го» гофра в гофр новой конструкции. При этом несущая способность может быть увеличена более чем в пять раз.

Гибкость рассматриваемых профилей в поперечном направлении выше, чем у исходного профиля, т.к. длина развёртки их значительно больше и они выдерживают меньший радиус изгиба без пластической деформации. Ещё одной особенностью рассматриваемых профилей (**рис. 2**) является повышенная «податливость» его к осевому скручиванию.

Часто конструкции, помимо высокой несущей способности в продольном и поперечном направлениях, должны обладать устойчивостью к продольным и поперечным скручивающим нагрузкам. Для этого необходимо, чтобы хотя бы часть гофров имели замкнутый профиль.

На **рис. 3** показаны образцы замкнутого **а** и незамкнутого **б** профилей. Если $h \sim b$ (высота и ширина профиля примерно равны), $\delta \ll h$ и b , то

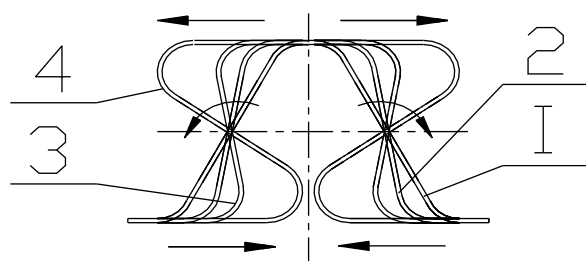


Рис. 1. Последовательность заполнения межгофрового пространства

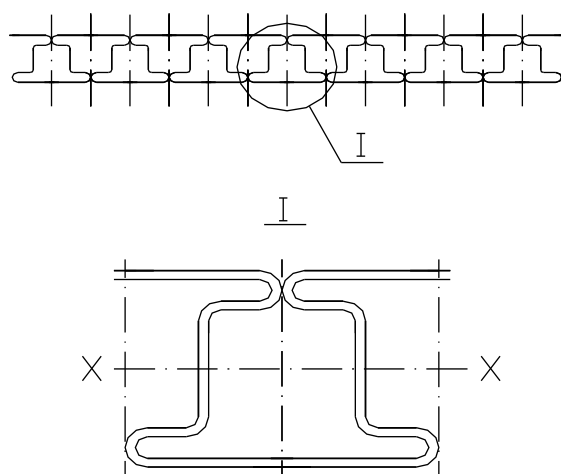


Рис. 2. Гофрированный листовый профиль с плотным примыканием боковых поверхностей гофров

$$Q_{отк}/Q_{зм} \sim h^2/s^2; \tau_{отк}/\tau_{зм} \sim h/s,$$

где $Q_{отк}$ – угол закручивания открытого профиля на единицу длины; $Q_{зм}$ – угол закручивания замкнутого профиля на единицу длины; $\tau_{отк}$ –

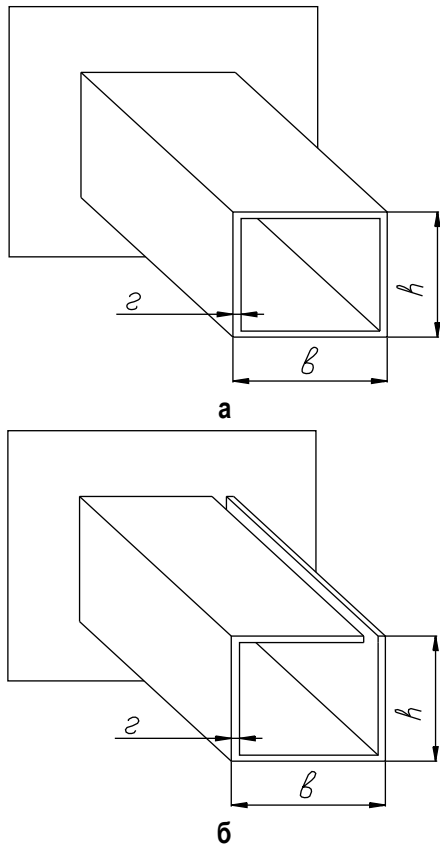


Рис. 3. Гнутые профили: а – замкнутые; б – незамкнутые

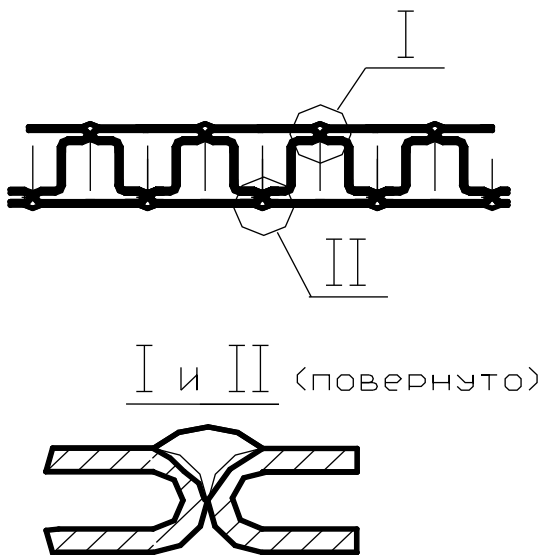


Рис. 4. Листовой гнутый профиль с замкнутыми гофрами

касательные напряжения в открытом профиле; $\tau_{зм}$ – касательные напряжения в замкнутом профиле; h – высота профиля; s – толщина стенки.

Замкнутые профили в h^2/s^2 раз жёстче открытого профиля, а максимальные касательные напряжения в h/s раз меньше напряжения в открытом профиле при одинаковых крутящих моментах [2]. Поэтому в конструкциях, размеры которых не должны изменяться под действием кру-

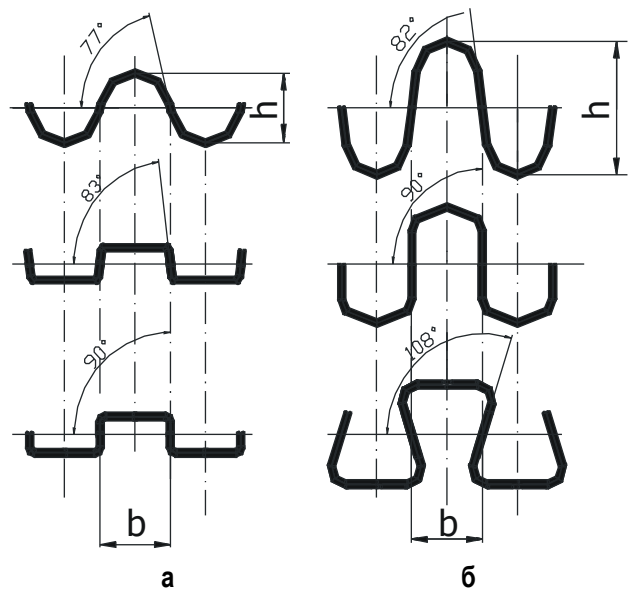


Рис. 5. Схема осадки волнистой заготовки ребристого профиля (а) и гофрированного листового профиля повышенной жёсткости (б)

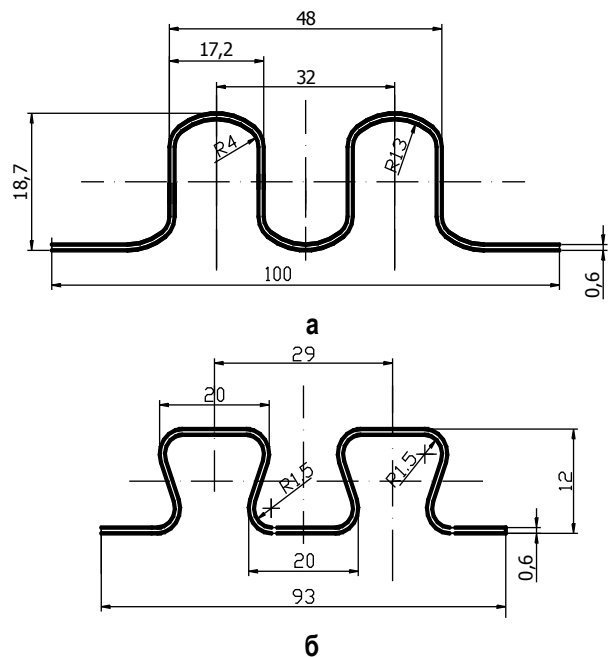


Рис. 6. Размеры исходного (а) и профиля после профилирования (б)

тящих моментов, эффективно использование гнутых профилей с гофрами замкнутой формы.

Образование замкнутого гофра может быть достигнуто путем склеивания, пайки или сварки боковых поверхностей соприкасающихся элементов соседних гофров. На **рис. 4** показан гнутый профиль, все гофры которого являются замкнутыми. По своим свойствам данные профили сопоставимы с соговыми панелями, при этом трудоёмкость их изготовления значительно ниже.

При разработке технологии профилирования в качестве прототипа принята схема формовки ребристых профилей с последовательной системой калибровки (для получения промежуточной волнистой заготовки с последующей осадкой её до получения ребристого профиля в последних клетях) [3]. Данная технология обеспечивает меньшее утонение металла в местах изгиба, стабильность размеров по длине и сечению профиля, уменьшает вероятность образования волн на боковых кромках.

На **рис. 5** приведены схемы осадки волнистой заготовки ребристого профиля (**а**) и гофрированного листового профиля повышенной жёсткости (**б**). Осадка по схеме (**б**) имеет следующие особенности: высота гофров h значительно больше, чем у заготовки ребристого профиля, вертикальные элементы профиля в процессе деформации поворачиваются на угол, превышающий 90° (по отношению к основанию гофра). В результате этого устойчивость гофров при осадке уменьшается.

Для проверки возможности получения гофрированных листовых профилей повышенной жёст-

кости из волнистой заготовки методом валковой формовки в ЛПЦ-7 ОАО «ММК» был изготовлен волнистый профиль. Профилирование проведено на валках чистовой группы клетей № 16 комплекта валков I-13 профилегибочного агрегата (ПГА) 1-4×50-300. Изучение особенностей процесса формоизменения волнистой заготовки по длине и высоте очага деформации при его осадке проведено на недокате, полученном в результате остановки ПГА 1-4×50-300. Так как привод клетки агрегата осуществлялся только через нижний валок, профилирование вели с подпором профиля. Размеры исходного волнистого профиля (**а**) и профиля после прокатки (**б**) показаны на **рис. 6, 7**. Профиль в процессе профилирования не терял устойчивости.

Расчёт калибровки валков для профилирования заготовки гофрированного листового профиля повышенной жёсткости состоит из двух этапов [3, 4]:

- расчёт калибровки валков для профилирования волнистой заготовки;
- расчёт осадочных калибров валков.



Рис. 7. Передний конец профиля

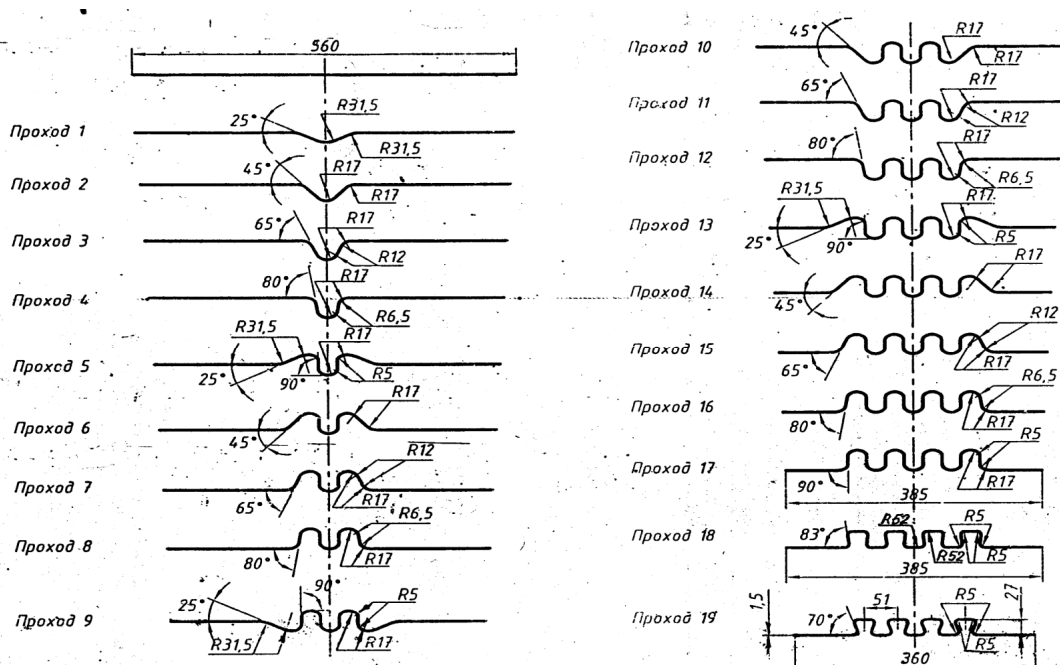


Рис. 8. Калибровка гофрированного листового профиля повышенной жёсткости

На основании полученных данных и с учётом особенностей осадки волнистой заготовки в валках разработана схема формовки гофрированного профиля 360×27×1,5 мм на ПГА 0,5–2,5×300×1500 ЛПЦ-7 ОАО «ММК» (рис. 8).

Выводы

Рассмотрены варианты конструкции и механические свойства гофрированных листовых профилей повышенной жёсткости:

- профиля с высокой жёсткостью в продольном направлении и значительной «податливостью» как в поперечном направлении, так и к осевому скручиванию;

- профиля с высокой жёсткостью в продольном и поперечном направлениях и устойчивостью к продольным и поперечным скручивающим нагрузкам.

Показана возможность получения гофрированных листовых профилей повышенной жёсткости методом валковой формовки.

Описаны особенности процесса профилирования, обеспечивающие устойчивость гнutoго профиля при последующей осадке гофров.

Разработана схема формовки гофрированного профиля 360×27×1,5 мм на профилегибочном агрегате 0,5–2,5×300×1500 ЛПЦ-7 ОАО «ММК».

Библиографический список

1. Гофрированные листовые профили повышенной продольной жёсткости / А.В. Урмацких, В.Г. Антипанов, С.А. Шишов и др. // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Межвуз. сб. науч. тр. Магнитогорск: МГТУ, 2005. С. 118–128.
2. Терегулов И.Г. Сопротивление материалов и основы теории пластичности. М: Высш. шк., 1984. 472 с.
3. Производство и применение гнутых профилей проката: Справочник / И.С. Тришевский, Г.В. Донец, В.И. Мирошниченко и др. М.: Металлургия, 1975. 536 с.
4. Тришевский И.С., Клепанда В.В., Хижняков Я.В. Холодногнутые гофрированные профили проката. Киев: Харьковская книжная типография «Коммунист», 1967. 288 с.

УДК 621.771

С. В. Денисов

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РУЛОННОГО ПРОКАТА ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБ

Для расширения рынков сбыта стали для трубной промышленности как в России, так и за рубежом в ОАО «ММК» приступили к разработке технологии производства полос класса прочности Х60, Х65 и Х70.

Требования по химическому составу к прокату класса прочности Х60, Х65 и Х70 представлены в **табл. 1** [1].

Требуемые механические свойства проката класса прочности Х60, Х65 и Х70 представлены в **табл. 2** [1].

Большой объем производства проката для трубной промышленности вызывает необходимость при разработке состава сталей для этого назначения ориентироваться на дешевые и недефицитные легирующие элементы. Технология же изготовления металла должна быть относительно простой и экономичной (**табл. 3**) [2].

Таким образом, для обеспечения конкурентоспособности конструкционного проката его необходимо производить методом контролируемой прокатки в сочетании с ускоренным охлаждением.

Технология контролируемой прокатки включает следующие основные этапы: выбор соответствующего химического состава стали; нагрев слябов с контролируемой температурой, обеспечивающей оптимальную степень растворения карбонитридов и получение относительно мелкого и однородного зерна аустенитной фазы перед прокаткой; измельчение зерен аустенитной фазы за счет многократной предварительной деформации и рекристаллизации; междеформационная пауза с охлаждением (желательно ускоренным) до температуры, при которой существенно заторможены процессы рекристаллизации аустенита; финальная деформация аустенита с суммарным обжатием 50–80% при температурах ниже температуры его рекристаллизации; деформации в γ - α -области; регулируемого охлаждения после прокатки [3].

Упрочнение за счет увеличения содержания углерода связано с повышением в стали объемной доли перлита. Увеличение доли перлита в стали сопровождается уменьшением отноше-