

УДК 621.721.01

**Теоретическое исследование формоизменения металла при прокатке фасонной полосы в формирующем шпунтовом калибре / Ершов С. В., Гаврилин С.Ю, Мельник С. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія Нові рішення в сучасних технологіях – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 42 (1015). – С. 55-62. Бібліогр.: 12 назв.**

Шпунтові палі працюють як консольні балки, навантажені розосереджених-ми силами. Основне навантаження сприймає полотно профілю. Сумарне від дії сил створює вигинає момент, під дією якого палі можуть деформуватись. Це призводить до роз'єднання паль у замкових елементах. Тому при виробництві шпунтів особливу увагу приділяють виконанню замкових елементів..

**Ключові слова:** деформація, калібр, замкової елемент, формоїзмененіє

Sheet piles act as cantilever beams, loaded dispersal of E-forces. Most of the load profile perceives canvas. The total action of a force creates a bending moment, under the influence of which the piles can deform. This leads to the separation of piles interlocking elements. Therefore, in the manufacture of sheet piling pay special attention to the implementation of locking elements.

**Keywords:** strain gauge element of the castle, forming

УДК.621.771.63

*А. С. ЗАБАРА*, аспірант, НТУ «ХПІ»

### **МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАЛИБРОВОК ВАЛКОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗАМКНУТОГО СЕЧЕНИЯ**

В статье разработана методика расчета калибровок валков для изготовления замкнутых гнутых профилей замкнутого сечения методом осадка трубной заготовки, обеспечивающая получение качественных профилей, с одинаковыми радиусами закруглений мест изгиба поперечного сечения профилей.

**Ключевые слова:** гнутый профиль замкнутого сечения, калибровка, технология, осадка трубы.

**Введение.** Современный уровень развития гнутых профилей замкнутого сечения во всех отраслях экономики в Украине обуславливает высокие требования к качеству и надежности потребляемой продукции.

Выбор и расчет рациональной системы калибровки валков при изготовлении гнутых профилей замкнутого сечения имеют большое значение для получения качественной продукции.

Методика расчета калибровок валков должна обеспечить правильный выбор диаметра заготовки, рациональный режим профилирования, построение конфигурации калибров, гарантирующих точную задачу и необходимую деформацию.

**Анализ последних исследований и литературы.** Существуют относительно небольшое число промышленных способов изготовления гнутых профилей замкнутого сечения табл. [1]. Эти способы отличаются друг от друга технологией формовки.

Таблица. Способы изготовления гнутых профилей замкнутого сечения

Системы калибровки валков	Описание способа
Последовательная валковая формовка	Вначале формируются смыкающиеся полки, затем боковые стенки
Одновременная свободная гибка	Последовательно подгибаются смыкающиеся полки и боковые стенки
Осадка трубной заготовки	Предварительное формообразование круглой трубной заготовки и последующая ее переформовка в прямоугольный профиль

Разработанная методика, приведенная ниже, относится к системе калибровки валков с осадкой трубной заготовки.

Рассмотренные способы формообразования гнутых профилей замкнутого сечения выявили, что наиболее рациональным, в мелкосерийном производстве является профилирование, позволяющее сочетать в одной линии профилирование трубной заготовки и осадку профиля. Это позволяет минимизировать издержки производства и снизить время изготовления продукции.

Технология производства гнутых профилей замкнутого сечения на профилегибочных агрегатах включает в себя: размотку, правку, сварку штрипса на стыкосварочной машине в непрерывную ленту, формовку трубы, сварку, охлаждение и последующую ее переформовку [2].

**Цель исследований, постановка проблемы.** Цель настоящей работы является разработка на основе теоретических и экспериментальных исследований методики расчета калибровок валков для изготовления замкнутых гнутых профилей замкнутого сечения методом осадки трубной заготовки.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие основные **задачи**:

- выполнен анализ существующих технологий производства гнутых профилей замкнутого сечения;
- разработана методика расчета диаметра заготовки;
- разработаны практические рекомендации правильного выбора технологических переходов профилирования гнутых профилей замкнутого сечения при осадке исходной круглой трубной заготовки;
- внедрены разработки в производство.

#### **Методика расчета диаметра заготовки**

При определении диаметра заготовки поперечное сечение профиля разбивается на отдельные участки – прямолинейные и места изгиба. Периметр сечений профилей определялся как сумма длин их прямолинейных и криволинейных элементов (по наружной линии), согласно рис. 1.

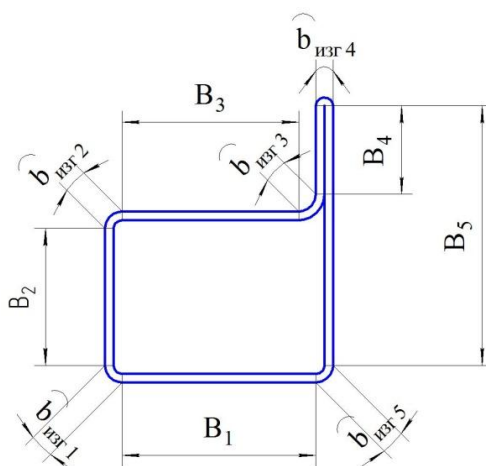


Рис.1 – Схема разбивки поперечного сечения профиля для определения диаметра исходной трубной заготовки.

Диаметр заготовки определяем по формуле:

$$D = \sum b_{\text{пр}} + \sum b_{\text{изг}}$$

где  $D$  – диаметр заготовки, мм;

$\sum b_{\text{пр}}$  – сумма ширин прямолинейных участков ( $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$ ), мм;

$\sum b_{\text{изг}}$  – сумма ширин мест изгиба ( $b_{\text{изг}1}, b_{\text{изг}2}, b_{\text{изг}3}, b_{\text{изг}4}$ ), мм.

Для практических расчетов диаметра заготовки можно считать, что наружный периметр профиля до и после формовки на готовом профиле не изменится.

**Выбор технологических переходов профилирования.** Проведенное конечно-элементное моделирование формообразования профильной трубы при осадке трубной заготовки [3] позволило установить ряд основных принципов методики расчета калибровок валков, обеспечивающих получение качественного профиля.

Профиль имеет следующие особенности:

- различие в длине смежных криволинейных участков;
- неравенство размеров прямолинейных участков и несимметричность их расположения относительно середины, то есть относительно плоскости продольного шва.

Перечисленные факторы предопределяют специфику подхода к выбору схемы и режимов формовки.

При несимметричности гнутых профилей замкнутого сечения необходимо проектировать режим их формовки с использованием принципа равных перемещений аналогичных точек элементов профиля. При формовке рассматриваемого профиля необходимо обеспечить равные перемещения элементов профиля, а также точек сопряжения мест изгиба (см. рис. 1) с прямолинейными участками прилегающих стенок.

В процессе переформовки трубной заготовки происходит образование прямолинейных и криволинейных элементов, взаимное расположение которых

дает ту или иную конфигурацию поперечного сечения замкнутого профиля, заданную калибровкой валков.

Переформовка круглого сечения в овальное на первых переходах обеспечивает первое приближение конфигурации трубной заготовки к форме профиля (рис. 2). В следующих по схеме формующей клетки поперечное сечение постепенно приближается к конечной форме при заданных размерах. Окончательная правка и калибровка профилей выполняется в последнем технологическом переходе.

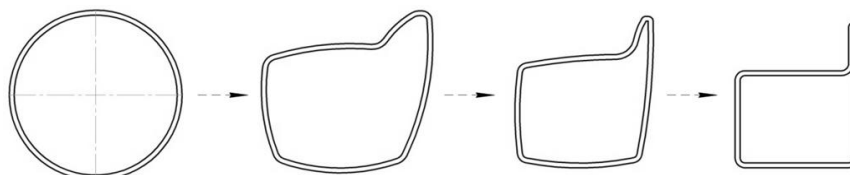


Рис. 2 – Схемы формовки гнутых профилей замкнутого сечения

Наличие желобков усложняет процесс формообразования гнутых профилей замкнутого сечения. В зависимости от их расположения на контуре сечения требуются различные условия формовки. Условием, необходимым для всех случаев, является отсутствие скручивающего момента относительно продольной оси профиля. Оно обеспечивается всеми разработанными вариантами калибровки.

При изготовлении гнутых профилей замкнутого сечения желобки формируются встречным сжатием прилегающих криволинейных элементов под воздействием взаимно перпендикулярных валков. Этим определяется расположение формирующих элементов на горизонтальном и вертикальном валках. Один из валков является приводным. После осадки желобов на 30-40% их глубины производится переформовка относительно криволинейных участков в прямолинейные, окончательная осадка желобков и обжатие до получения окончательных размеров профиля. Таким образом обеспечивается уравнивание скручивающих моментов, которые возникают при формовке желобков, расположенных в противоположных по диагонали углах прямоугольного сечения. При изготовлении гнутых профилей замкнутого сечения, у которых желоб примыкает к одному прямолинейному участку, во избежание появления скручивающего момента равнодействующая сил, прикладываемых со стороны инструмента к участку формовки желобка, должна проходить через центр тяжести поперечного сечения профиля. В соответствии с этой схемой, а также взаимным расположением желобков рабочие элементы калибра выполнены на верхнем валке.

В основу расчета калибровки валков необходимо принимать схемы формообразования, режимы формовки и размеры элементов профиля. В расчете используются очевидные геометрические соотношения, характеризующие пространственное расположение профиля в калибре на каждом переходе.

С целью стабилизации процесса формообразования формовка гнутых профилей замкнутого сечения (рис. 3) осуществляем в универсальных четырехвалковых калибрах.

Общий вид калибровки приведен на рис. 4–6.

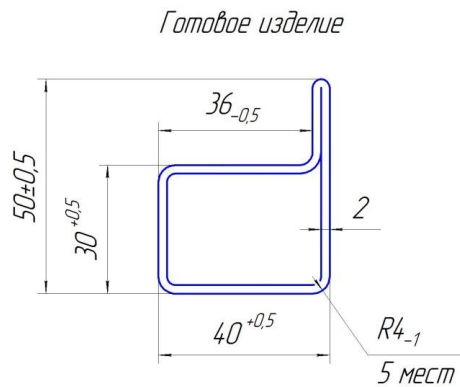


Рис. 3 – Поперечное сечение профильной трубы

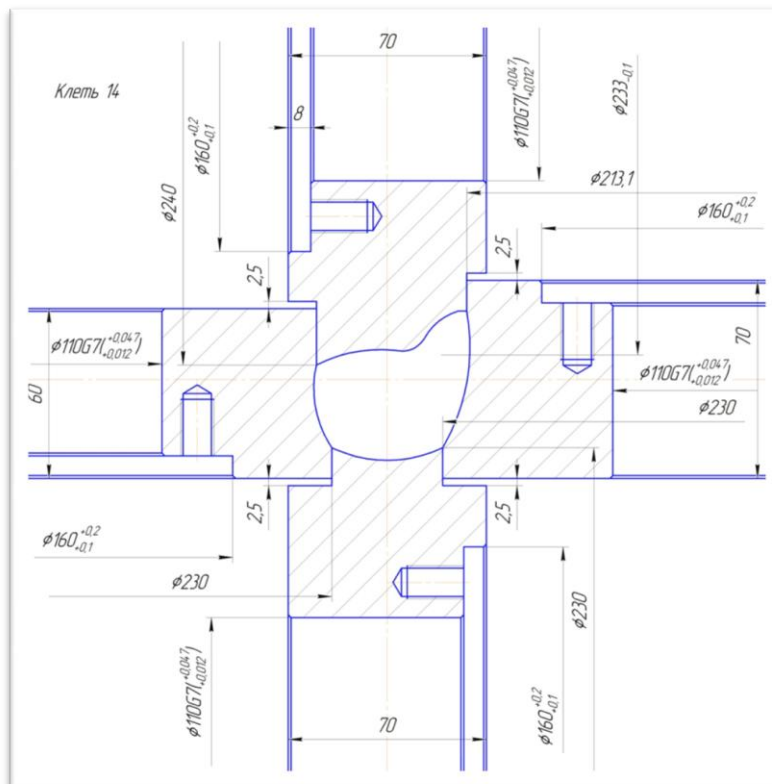


Рис. 4 – Универсальная клеть № 14 калибровки валков

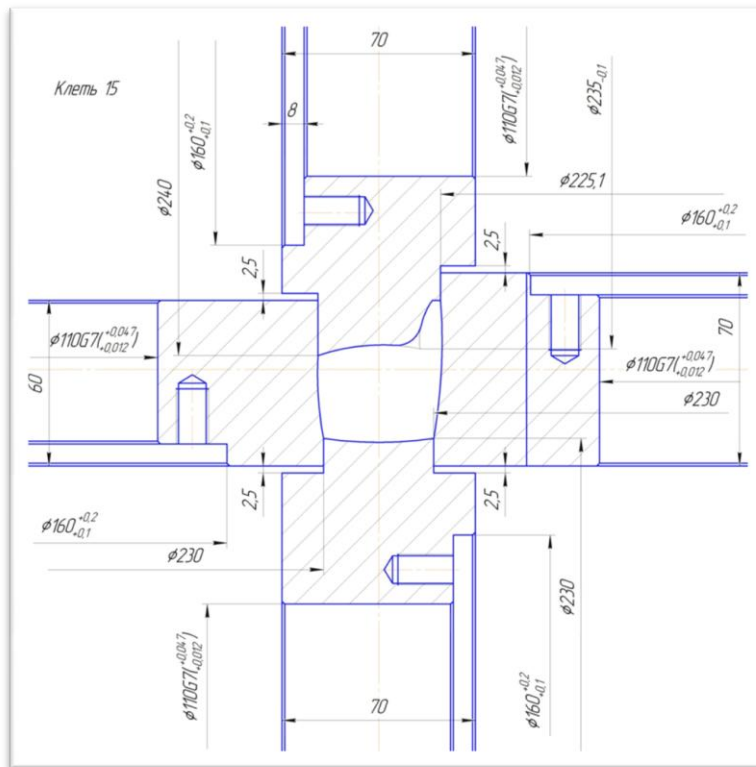


Рис. 5 – Универсальная клеть № 15 калибровки валков

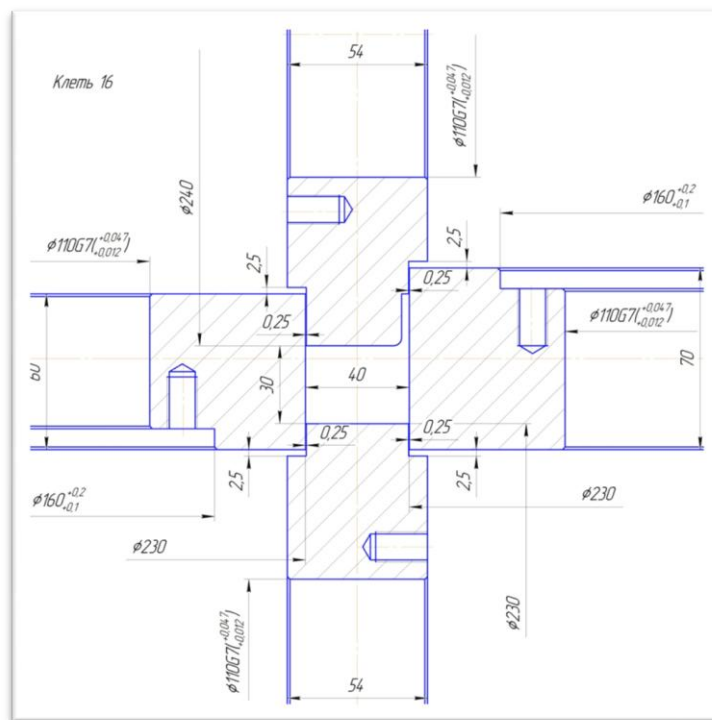


Рис. 6 – Универсальная клеть № 16 калибровки валков

**Результаты исследований.** На основании полученных данных, а также с учетом особенностей осадки трубной заготовки в валках разработана технология формовки гнутых профилей замкнутого сечения. Технологический процесс предполагает осадку трубной заготовки в четырех клетях профилегибочного стана. Переформовку круглого сечения в овальное проводится на 30-40% их глубины. В следующей формующей клетке поперечное

сечение постепенно приближается к конечной форме в заданных размерах. Окончательная правка и калибровка профилей выполняется в последнем переходе.

При осадке трубной заготовки в СГПЗС соблюдаются следующие принципы:

- периметр профиля, определенный по готовому профилю, остается постоянным на каждом переходе;

- элементы профиля на горизонтальных участках в процессе деформации выпрямляются, при этом они не должны терять устойчивости, для чего радиус осадки в каждой последующей клетки выбирают большим, чем радиус осадки в предыдущей клетки.

Опробование изготовления профиля показало приемлемость разработанной технологии и настройки стана. Корректировок калибровки или настройки стана при последующем изготовлении гнутых профилей замкнутого сечения не потребовалось. Анализ качества полученных профилей подтвердил рациональность принятых схем и режимов формовки и конструкции калибров валков.

**Выводы.** Разработана методика расчета калибровок валков для изготовления замкнутых гнутых профилей замкнутого сечения методом осадки трубной заготовки. Диаметр исходной заготовки при изготовлении гнутых профилей замкнутого сечения необходимо рассчитывать по наружной линии. Производства гнутых профилей замкнутого сечения рекомендуется осуществлять методом осадки трубной на универсальных четырехвалковых калибрах. Технология производства гнутых профилей замкнутого сечения внедрена на ООО «Иприс-Профиль» и обеспечивает точное выполнение размеров профилей.

**Список литературы:** 1. *Тришевский И.С.* Теория и технология производства экономичных гнутых профилей / И.С. Тришевский // Отрасл. сб. научн. тр. Харьков: УкрНИИМет, 1970. 2. *Осадчий В.Я.* Технология и оборудование трубного производства / Осадчий В.Я., Вавилин А.С., Зимовец В.Г., Коликов А.П. – М.: «Интермет Инжиниринг» 2001 – 608 с. 3. *Забара А.С.* Моделирование процесса формообразования специальных гнутых профилей замкнутого сечения / Забара А.С., Плеснецов Ю.А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – № 46 (952). – С. 40-44.

*Надійшла до редакції 07.11.2013*

УДК.621.771.63

**Методика расчета калибровок валков для изготовления гнутых профилей замкнутого сечения / Забара А. С.** // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2013. – № 43 (1016). – С. 62-69. Бібліогр.:3 назви.

У статті розроблено методику розрахунку калібрування валків для виготовлення замкнутих гнутих профілів замкнутого перетину методом осаджування трубної заготовки, що забезпечує отримання якісних профілів, з однаковими радіусами заокруглень місць вигину поперечного перерізу профілю.

**Ключові слова:** гнутий профіль замкнутого перетину, калібрування, технологія, осаджування труби.

In article the method of calculation for the manufacture of calibration rolls closed formed sections closed section by sediment billets, provides high-quality profiles of the same radius rounding the bend cross-section profiles.

**Keywords:** bent profile of the closed section, calibration, technology, draft tube.

УДК 621.7.044

**В. Е. ЗАЙЦЕВ**, докт. техн. наук, доц., НАКУ «ХАИ», Харьков;

**В. А. СУКАЙЛО**, multi Dr.-Ing., Ingenieurbuero Dr.-Ing. Viktor Sukaylo, Нюрнберг; Германия;

**В. Г. КОРБАЧ**, канд. техн. наук, вед. инженер ГП «Государственное Киевское конструкторское бюро «Луч», Киев;

**А. А. ХОДЬКО**, аспирант, НАКУ «ХАИ», Харьков.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВОБОДНОЙ РАСТЯЖКИ ТРУБЧАТОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКЕ

Проведено конечно-элементное моделирование процесса свободной растяжки трубчатой алюминиевой заготовки с помощью программного комплекса LS-DYNA. Исследованы особенности деформирования трубчатого образца под действием импульсного нагружения жидкостной передающей средой в технологической системе гидродинамической штамповки. Получено количественное описание волновых явлений в передающей среде, определяющих параметры внешней нагрузки на заготовку. Выполнено сравнение результатов моделирования с экспериментальными значениями.

**Ключевые слова:** гидродинамическая штамповка, деформирование образца, метод конечных элементов, уравнение состояния Грюнайзена, модель Джонсона-Кука.

**Введение.** Формообразование детали методом гидродинамической штамповки является сложным многоэтапным процессом, обусловленным волновым характером распространения давления в передающей среде и деформаций в заготовке. Это подтверждено экспериментальными исследованиями процесса свободной растяжки трубчатой заготовки, длина деформируемой части которой значительно превышает ее диаметр [1].

Наряду с экспериментальным подходом широкими возможностями изучения подобных процессов обладает метод математического моделирования.

В работе проводится численное моделирование процесса свободной растяжки трубчатой заготовки из алюминиевого деформируемого сплава АМг2М. Для этого используется метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе LS-DYNA [2]. Данный конечно-элементный комплекс позволяет получать достоверные решения для сложных линейных и нелинейных инженерных проблем. Для моделирования жидкости применяется модель материала NULL с уравнением состояния Грюнайзена. В качестве модели материала заготовки принимается упрощенная модель Джонсона-Кука. Сравнение результатов расчета с экспериментальными значениями, приведенными в работе [1], проводится по величине остаточных широтных деформаций трубчатого образца и изменению деформаций во времени в двух его сечениях.