

2. Максименко О.П. Теоретический анализ захватывающей способности валков в установившемся режиме прокатки. / О.П.Максименко, А.А.Никулин, Р.Я.Романюк // Изв. вуз. Чёрная металлургия. – 2008. – №10. – С.32-34.
3. Максименко О.П. Исследование средней результирующей горизонтальных сил в очаге деформации при прокатке / О.П.Максименко, Р.Я.Романюк // Изв. вуз. Чёрная металлургия. – 2009. – № 10. – С.22-24.
4. Василев Я.Д. Развитие теории контактных напряжений при прокатке / Я.Д.Василев // Сучасні проблеми металургії. Наукові вісті. Том 5. Пластична деформація металів. – Дніпропетровськ: Системні технології. – 2002. – С.86-96.
5. Грум-Гржимайло В.Е. Прокатка и калибровка / Грум-Гржимайло В.Е. – Л.: “Кубуч”, 1933. – 127с.
6. Метц Н. Опытное исследование горячей прокатки железа / Н.Метц // Вопросы металлургии. – 1926. – №1-2. – С.12-17.

УДК 621.771.01

ЕРШОВ С.В., д.т.н., профессор
МЕЛЬНИК С.Н.*, к.т.н., гл. калибровщик
МОСЬПАН В.В.*, гл. прокатчик
ГАВРИЛИН С.Ю., аспирант

Днепродзержинский государственный технический университет
*ОАО Днепровский металлургический комбинат им. Дзержинского

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА КРУПНЫХ ФАСОННЫХ ПРОФИЛЕЙ КОРЫТНОГО ТИПА С ОТОГНУТЫМИ КРАЯМИ

Введение. Локомотивом потребления крупных фасонных профилей является строительная и машиностроительная отрасли. С ростом развития данных отраслей растет и требование к техническим характеристикам фасонных профилей. Также требуется снижение металлоемкости профиля, снижение энергетических и материальных затрат на освоение новых профилей.

Производство фасонных профилей корытного типа с вертикальной осью симметрии и отогнутыми краями [1] осуществляется на крупносортовых, рельсобалочных и универсально-балочных станах. К крупным профилям данной группы следует отнести: шпунтовая свая корытного типа «Ларсен», металлическая шпала и сортовой металл для крепления горных выработок СВП, а также близкий по форме к данной группе швеллер стальной горячекатаный.

К конструкции приведенного ряда профилей предъявляют особые требования, а именно: повышенный момент сопротивления, возможность работы в условиях на изгиб.

Отличие от профилей СВП профиля металлической шпалы и шпунтовой сваи типа «Ларсен» заключается в отсутствии замковых (кулачковых) элементов. Сходство заключается в выборе общих способов прокатки – корытный, балочный.

Разработкой методов расчета калибровки валков швеллерной стали занимались многие исследователи: А.Н.Скорыходов, И.Я.Тарновский, Б.М.Илюкович, Б.В.Мерекин, М.М.Штернов, Б.П.Бахтинов, Д.И.Старченко, Б.Б.Диомидов, Н.В.Литовченко, А.П.Чекмарев, М.М.Геллерман, Г.В.Бергеман, А.А.Чичкан.

В работах М.М.Штернова, Б.П.Бахтинова основой для разработки методов расчета калибровки швеллера является принятие равенства коэффициентов деформации стенки и фланцев $k_c = k_\phi = k$. [2]. Авторы дают рекомендации для выбора общего коэффициента деформации:

$$\kappa = (B_p / 2b_1)(H_p / H_1), \quad (1)$$

где B_p и H_p – ширина и высота разрезного калибра;

b_1 – толщина основания фланца готового профиля;

H_1 – высота чистового калибра.

Для определения остальных коэффициентов деформации рекомендуют использовать те же принципы и формулы, что и при расчете калибровок для двутавровых балок.

Метод развернутой калибровки швеллера впервые был разработан Д.И.Старченко. Стоит отметить, что усовершенствование методики расчета развернутой калибровки валков было сделано Б.М.Илюковичем, И.М.Кочетовым и другими специалистами [2].

Однако в литературе имеются способы прокатки (рис.1), которые резко отличаются от указанных выше, например, работа [9], где получение профиля основано на переменном изгибе стенки.

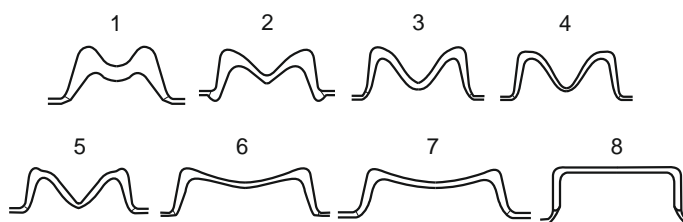


Рисунок 1 – Схема прокатки швеллера С10" на Алчевском меткомбинате «АМК»

При прокатке П-образных профилей в первых формирующих калибрах неравномерная деформация неизбежна и, как правило, большие обжатия происходят до тех пор, пока металл имеет высокую температуру и его сопротивление деформации незначительно. В зависимости от способа калибровки, типа стана и выбранной схемы прокатки крупных фасонных профилей корытного типа применяют разрезные калибры разной формы. В работе [5] авторы указывают на то, что величина угла пересечения внутренних граней фланцев оказывает большое влияние на условия заполнения металла разрезного калибра. С уменьшением данного угла сокращается расход энергии на прокатку, уменьшается вытяжка, ухудшается заполнение фланцев. Применение же острых углов приводит к значительному утолщению фланцев, что может привести к получению складок и затруднению захвата полосы валками. Использование в разрезном калибре притупленного гребня дает возможность увеличить коэффициент вытяжки, сократить общее число фасонных калибров и обеспечить требуемые условия захвата полосы.

Из приведенного выше анализа видно, что многие ученые и специалисты проводили работы по исследованию формоизменения металла в калибрах стандартного швеллерного профиля. Каждый из них внес свой вклад в разработку способов прокатки и методов построения калибровки валков для швеллерной стали.

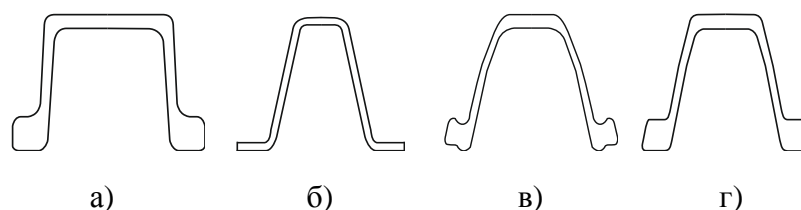
Иная ситуация наблюдается при исследовании формоизменения металла в калибрах крупных фасонных профилей корытного типа с отогнутыми краями. Нет однозначности среди исследователей в выборе схемы деформации в черновых калибрах и отсутствии формализации методов построения формирующих калибров.

Постановка задачи. В связи с изложенным выше требуется выполнить анализ существующего производства крупных фасонных профилей корытного типа с отогнутыми краями, таких как: шпунтовая свая корытного типа «Ларсен», металлическая шпала и профиль СВП для крепления горных выработок.

Результаты работы. Производство крупных профилей корытного типа налажено на меткомбинатах СНГ, таких как: Новокузнецкий, Нижнетагильский, Алчевский, меткомбинат «Азовсталь», Днепровский меткомбинат им. Дзержинского и другие.

Применение профилей для крепления горных выработок имеет отраслевое значение. Из существующих видов профилей (рис.2) для шахтной крепи на сегодняшний день в СНГ широко используется профиль СВП.

Согласно ГОСТ 18662-83 профиль СВП имеет 6 профилеразмеров. Производство данного профиля в Украине осуществляется на трех предприятиях: АМК (Алчевском меткомбинате), Евраз ДМЗ им. Петровского [12] и меткомбинате «Азовсталь», в России – Кузнецком и Нижнетагильском меткомбинатах. На Кузнецком, Нижнетагильском и меткомбинате «Азовсталь» основные принципы разработки калибровки и схем прокатки профиля СВП аналогичны. Метод расчета для построения калибров СВП для перечисленных меткомбинатов подразумевает разбивку профиля на расчетные элементы [3]. В данных схемах прокатки используется специальная заготовка для каждого профилеразмера, два последовательно расположенных разрезных калибра, применение чередования закрытых и полузакрытых калибров. В 8 фасонных калибрах выполняется постепенное уменьшение размеров элементов сечения раската и значительное уменьшение высоты. Отношение размеров исходной заготовки и готового проката составляет от 1,27 до 1,5 (для СВП17, СВП33 соответственно).



а) профиль ШП; б) гнутый экономичный профиль; в) профиль КГВ; г) профиль СВП

Рисунок 2 – Виды профилей для крепления горных выработок, производимых в СНГ

При освоении профиля СВП на АМК изначально за основу взяли калибровку меткомбината «Азовсталь», однако из-за особенности технологического оборудования была изменена схема прокатки. При расширении сортамента был выбран другой подход к схеме прокатки, который заключался в использовании общей заготовки для двух профилеразмеров: СВП14-СВП17 (70 × 190 мм.), СВП19-СВП22 (70×210 мм). Соответственно отношение сторон заготовки составило $H/B = 0,37$ (полосовое начало). Однако предчистовые и чистовые калибры у каждого профилеразмера были свои.

При освоении профилей СВП более крупных размеров (СВП27, СВП33) принципиальная схема [4] прокатки СВП14-СВП22 неприемлема из-за нехватки металла при заполнении фланцев. Была разработана новая схема прокатки, отличие которой заключалось в:

- 1) использовании общей заготовки для четырех профилеразмеров (СВП19-СВП33);
- 2) формировании профиля, которое происходит с совмещением растяжения фланцев, обжатием стенки и фланцев (рис.3).

Методика расчета предложенного способа изложена в [8].

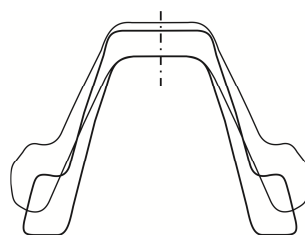


Рисунок 3 – Схема калибра, в котором производят растяжение фланцев [8]

Из рис.4 видно, что для прокатки одного и того же профиля используют разные схемы прокатки черновых калибров. Разность схем для прокатки профиля СВП объясняется только разным технологическим оборудованием станов и разным видением инженеров способа решения задачи по проектированию калибровки валков.

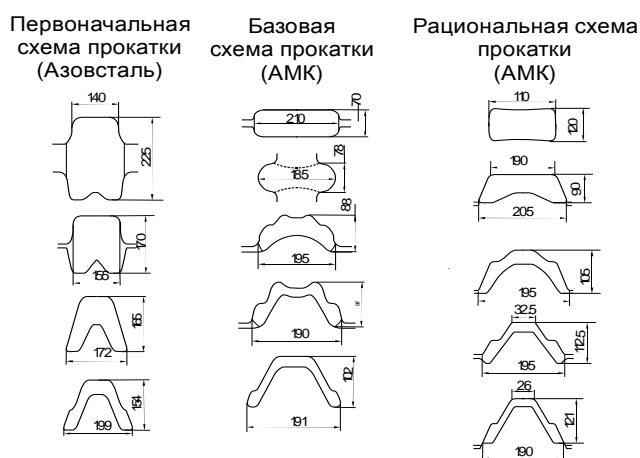


Рисунок 4 – Схемы прокатки профиля СВП в черновых проходах

При анализе производства профиля металлической шпалы следует отметить несколько подходов в выборе схем прокатки. В работе [1] авторы выделяют два подхода к получению профиля металлической шпалы:

- 1) формирование утолщения на концах фланцев начинают с первых проходов;
- 2) придание раскату балочной формы подката с последующим обжатием ложных фланцев. Формирование утолщения на краях фланцев начиная с 5-6 прохода.

Авторами работы [11] было предложено совершенствование прокатки профиля металлической шпалы ПША. Главное отличие заключалось в полосовом начале, при котором сначала деформация полосы ведется на гладкой бочке, а затем в шести фасонных калибрах (рис.5).

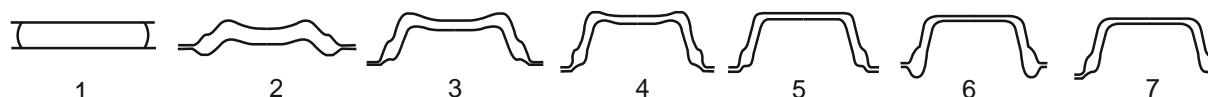


Рисунок 5 – Схема прокатки шпального профиля ПШАУ12

Производство шпунтовых свай освоено в условиях рельсобалочного и универсально-балочного станов на двух металлургических комбинатах: ДМКД (Украина) и НТМК (Россия). Сравнение форм профиля типа «Ларсен» отечественных и зарубежных аналогов указаны на рис.6.

Впервые в СНГ калибровка шпунта Ларсена была разработана Харьковским институтом металлов и работниками Керченского завода. Из имеющихся данных [10] видно, что расчет калибровки проводился по элементам: стенка, фланцы, замковые элементы. Шпунт прокатывали в 11 калибрах за 13 пропусков. Фланцы профиля в первых калибрах обжимаются более интенсивно, чем стенка. Формирование замковой части происходит, начиная с первых формирующих калибров, с использованием вынужденного уширения. Окончательное выполнение замка происходит в последнем калибре. Прокатка шпунта происходит с защемлением металла в калибрах. Совершенствование калибровок валков данного профиля продолжается и по сегодняшний день.

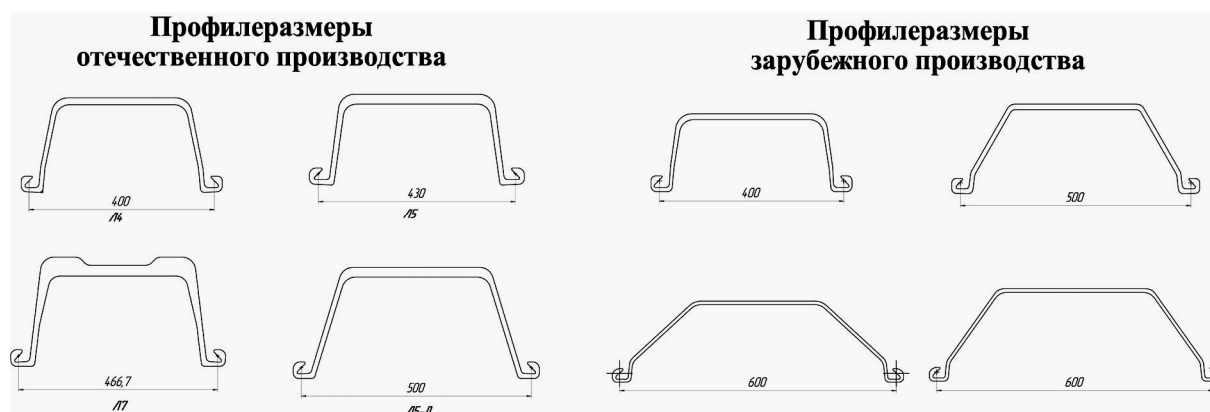


Рисунок 6 – Шпунтовая свая корытного типа отечественного производства и зарубежный аналог

Исследование формоизменения металла при прокатке шпунтовых свай проводили исследователи [6, 7]. Были рассмотрены особенности заполнения металлом сложного разрезного калибра, который применяют для производства шпунтового профиля типа «Ларсен». Анализ опытных данных показал, что применение плоской формы гребня улучшает условия захвата полосы валками. Кроме этого, исследователи отмечают, что применение верхней части нижнего гребня в виде двух режущих кромок при прокатке крупных профилей нецелесообразно. В этих работах даны рекомендации по выбору величины заземления металла в первом формирующем калибре, обеспечивающего симметричное заполнение замковых элементов.

На основании анализа производства крупных фасонных профилей корытного типа с отогнутыми краями была составлена сравнительная таблица черновых калибров (табл.1).


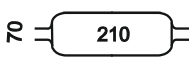
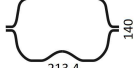
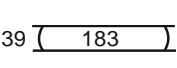
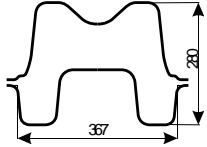
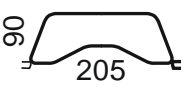
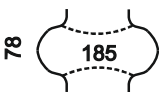

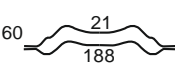
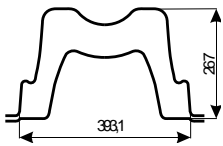
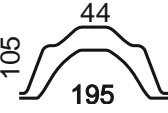
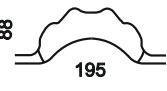

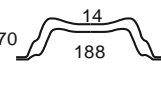
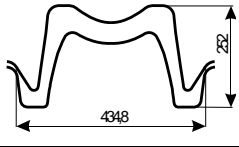
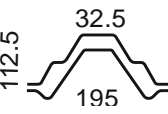
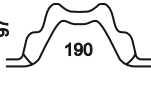
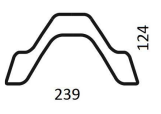
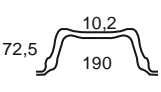
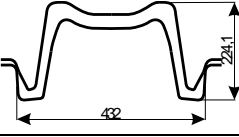
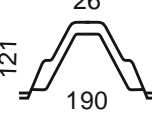


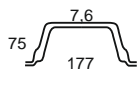
Из табл.1 видно, что первые черновые калибры всех профилей имеют одну и ту же задачу – равномерная разрезка металла и накопление металла во фланцах.

Выводы. Анализ литературных источников показал, что при производстве крупных корытных профилей с отогнутыми краями используются различные схемы деформаций в первых формирующих калибрах. Недостаточна формализация методов конструирования формирующих калибров. Мало изучено формоизменение в рассматриваемых калибрах. Для разработки новых и усовершенствования существующих технологических процессов необходимо разработать универсальный подход к конструированию формирующих калибров для рассматриваемой группы профилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Илюкович Б.М. Прокатка и калибровка: справочник. Том 5. / Б.М.Илюкович, Н.Е.Нехаев., В.П.Капелюшный. – Днепропетровск: РИА «Днепр-Вал», 2004. – 375с.
2. Смирнов В.К. Калибровка прокатных валков / В.К.Смирнов, В.А.Шилов, Ю.В.Инатович. – М.: Металлургия, 1987. – 368с.
3. Шум Б.М. Калибровка экономичного профиля для крепления горных выработок / Б.М.Шум // Сталь. – 1962. – №3. – С.243-246.
4. Технологические особенности производства специальных взаимозаменяемых профилей / М.Б.Луцкий, И.К.Дорожко, В.А.Луценко и [др.] // Сталь. – 2006. – № 6. – С.81-84.
5. Тарновский И.Я. Элементы теории прокатки сложных профилей / И.Я.Тарновский, А.Н.Скорыходов, Б.М.Илюкович. – М.: Металлургия, 1972. – 347с.

Таблица 1 – Сравнение разрезных, формирующих и подготовительных калибров

Схема прокатки шпунтовой сваи Л4	Рациональная схема прокатки СВП33 (Алчевск)	Базовая схема прокатки СВП22	Схема прокатки СВП33 (ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского)	Профиль ПШАУ12
365×305 мм	120 	70 		39 
	90 	78 		60 
	105 	88 		70 
	112.5 	97 		72.5 
	121 	102 		75 

- Мельник С.Н. Развитие метода расчета калибровки валков для прокатки крупных шпунтовых профилей: дис. ... кандидата техн. наук: 05.03.05 / Мельник Сергей Николаевич. – Днепродзержинск, 2007. – 266с.
- Левченко Г.В. Исследование формоизминения металла при прокатке шпунтовых свай типа «Ларсен» / Г.В.Левченко, С.В.Ершов, С.Н.Мельник // *Металлургия и горнорудная промышленность*. – 2007. – № 3. – С.48-52.
- Особенности методики расчета калибров П-образных профилей с растяжением боковых стенок / М.Б.Луцкий, А.А.Чичкан, В.А.Луценко, Н.Н.Лигус // *Бюллетень «Черная металлургия»*. – 2007. – № 6. – С.55-59.
- Чичкан А.А. Разработка элементов теории и технологии производства швеллеров с применением в фасонных калибрах переменного изгиба стенки: дис. ... кандидата техн. наук: 05.03.05 / Чичкан Артур Алексеевич. – Алчевск., 2000. – 164с.
- Александров П.А. Калибровка валков и проката шпунтовых свай типа Ларсена / П.А.Александров, С.В.Макаев // *Сталь*. – 1945. – № 1. – С.15-19.
- Совершенствование технологии производства профиля металлических шпал / М.Б.Луцкий, И.К.Дорожко, А.А.Чичкан, В.А.Луценко // *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: тематич. зб. наук. праць*. – Краматорськ: ДДМА. – 2004 – С.201-205.