

УДК 621.771.26.074 –71.1

*к.т.н. Луцкий М. Б.,
к.т.н. Чичкан А. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТА КАЛИБРОВКИ П-ОБРАЗНЫХ ПРОФИЛЕЙ С РАСТЯЖЕНИЕМ СТенок

Разработана методика расчёта и построения калибров для горячей прокатки П-образных профилей, которая позволяет конструировать калибры, обеспечивающие совмещение в фасонных проходах обжатия толщины элементов профиля с растяжением боковых наклонных стенок.

Ключевые слова: прокатка, калибровка, сортовые профили, фасонные калибры.

Специальные взаимозаменяемые профили (СВП) [1] относятся к так называемым П-образным профилям. Их прокатывают на Нижнетагильском, Кузнецком, Алчевском металлургических комбинатах и комбинате «Азовсталь». Как известно, от методики, применяемой для расчёта и построения фасонных калибров, зависит износ и расход валков, геометрические размеры профиля и качество продукции, время и затраты на освоение новых профилей. Это в полной мере относится к методике расчёта и построения калибров профилей СВП, применяемых для крепления и устройства горных выработок.

В большинстве случаев, в соответствии с известными способами прокатки, профили СВП прокатывают из высокой и узкой заготовки с отношением высоты к ширине, составляющим 2,6–2,8 [2]. При формировании профиля из такой заготовки от подготовительного к чистовому проходу наряду с обжатием толщины элементов в разрезном и фасонных калибрах предусмотрены значительные высотные деформации раската. Это приводит к необходимости выполнения глубоких врезов, что снижает прочностные характеристики валков, увеличивает их расход.

При расчёте режимов деформации известные методики предусматривают деление поперечного сечения раската на два элемента — днище и фланцы — без учёта

деформации боковых наклонных стенок [3, 4]. Такой подход вносит погрешность как при расчёте режимов деформации, так и при построении фасонных калибров. Кроме того, предложенные методы расчёта не позволяют рассчитывать калибры, в которых наряду с обжатием толщины предусмотрено растяжение боковых наклонных стенок.

Целью данной работы является разработка методики расчёта и калибров, позволяющих в фасонных проходах совмещать обжатие элементов раската с растяжением боковых наклонных стенок.

В основу методики расчёта калибров для профиля СВП 33 специалистами ПАО «АМК» и ДонГТУ был положен новый способ прокатки П-образных профилей, который, в отличие от известных, позволяет совмещать в черновых, промежуточном и предчистовом фасонных проходах обжатие высоты фланцев, толщины фланцев, днища и толщины боковых стенок с интенсивным растяжением наклонных стенок [5].

В начале расчёта известным способом назначается схема прокатки и определяются габаритные размеры калибров для черновых и чистовых проходов. Затем выполняется предварительный расчёт основных параметров калибров с определением коэффициентов деформации и коэффициентов вытяжек соответствующих элементов раската. При этом назначают изменение

уклонов боковых наклонных стенок и определяют параметры калибров обычной формы, а именно: толщину днища (d), ширину внутреннего и наружного участков днища (b_1 и b_2), расстояние от наружной поверхности днища до линии изгиба стенки (h_1), длину средней линии боковых стенок ($L_{ст}$), толщину стенки на участках сопряже-

ния с днищем (d_1), по линии изгиба (d_2), сопряжения с фланцами (d_3), толщину и высоту фланцев (d_4 и h_2), общую высоту (H) и ширину (B) раската и другие параметры калибров. Величину приращения длины средней линии боковых стенок выбирают в соответствии с рекомендациями [5].

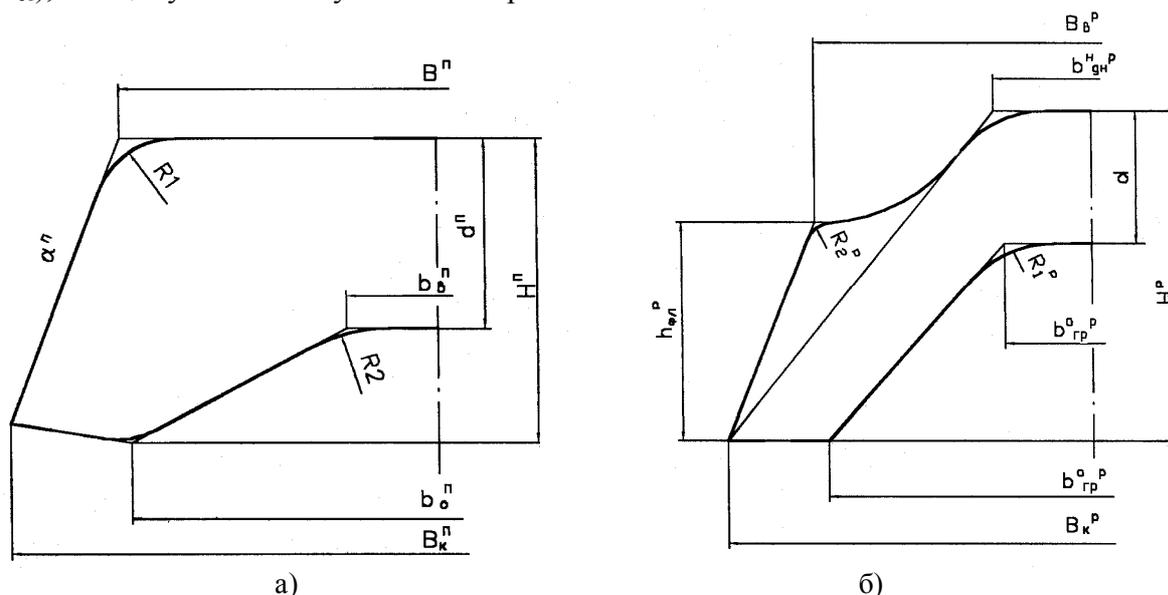


Рисунок 1 Расчётная схема подготовительного (а), разрезного (б) калибров

С учётом принятых приращений длины средней линии стенок производят перерасчёт калибровки профиля, коэффициентов деформации, коэффициентов вытяжек элементов и общих коэффициентов вытяжек всего профиля. Исходные данные, необходимые для построения калибров, принимают из расчётов, выполненных для обычной схемы прокатки, с учётом назначенного растяжения стенок и приращения общей высоты раската.

Для подготовки поперечного сечения раската к деформации в разрезном и промежуточном калибрах подготовительный калибр выполняют в форме трапеции, ширину верхнего основания которой (V^n) принимают равной ширине заготовки у дна калибра (рис. 1, а). При этом высота калибра составляет $H^n = (0,7 \div 0,75)$ высоты заготовки, а горизонтальную проекцию

нижнего основания подготовительного калибра определяют из выражения:

$$B_k^n = V^n + 2 H^n \operatorname{tg} \alpha^n. \quad (1)$$

Нижнее основание трапеции выполнено в форме клина, у которого ширина основания составляет $b_0^n = (0,95 \div 0,98)V_k^n$, а ширина вершины — $b_b^n = (0,26 \div 0,32)b_0^n$.

От формы и конструкции разрезного калибра зависят условия захвата и устойчивость раската в последующих проходах, износ валков, энергозатраты, получение профиля заданных геометрических размеров. Для обеспечения устойчивости и центрирования раската в разрезном калибре (рис. 1, б) ширина участка верхнего ручья разрезного калибра, формирующего фланцы и боковые наклонные стенки, принимается равной ширине верхнего ручья подготовительного калибра — $B_b^p \approx V^n$, а высота (H^p) составляет $(1,16 \div 1,24)$ высоты подготовительного ка-

либра ($H^П$). Кроме того, производят расчёт других элементов, необходимых для построения разрезного калибра:

– вертикальная проекция участков раската, из которых формируют фланцы и боковые наклонные стенки:

$$h_{\text{фл}}^P = (0,65 \div 0,70) H^P; \quad (2)$$

– высота разрезного гребня:

$$h_{\text{гр}}^P = (0,58 \div 0,62) H_{\text{к}}^P; \quad (3)$$

– ширина основания гребня:

$$b_{\text{гр}}^0 = (3 \div 3,2) b_{\text{дн}}^B; \quad (4)$$

– ширина вершины гребня:

$$b_{\text{дн}}^B = (1,06 \div 1,1) b_{\text{в}}^П; \quad (5)$$

– общая ширина калибра:

$$B_{\text{к}}^P = B_{\text{в}}^P + 2 h_{\text{фл}}^P \operatorname{tg} \alpha^P. \quad (6)$$

Уклон участков раската, из которых формируют боковые наклонные стенки в разрезном калибре, принимают в пределах 35 ÷ 40 %.

В профилирующем калибре производится оформление элементов поперечного сечения раската для последующей деформации в черновых, промежуточном и чистовом калибрах. При этом производится предварительный контроль основных размеров, оформляются элементы профиля— днище, боковые наклонные стенки и фланцы раската. Чтобы предотвратить искажение поперечного сечения раската, улучшить его заполнение и повысить устойчивость, ширину участка верхнего ручья разрезного калибра, обжимающего фланцы по высоте, принимают равной ширине подготовительного калибра по конструкционным точкам (рис. 2, а). Затем рассчитывают основные элементы, необходимые для построения профилирующего калибра:

– высота калибра:

$$H^{\text{проф}} \approx (1,07 \div 1,1) H_{\text{к}}^P; \quad (7)$$

– вертикальная проекция высоты фланцев:

$$h_{\text{ф}}^{\text{проф}} = (0,54 \div 0,58) H_{\text{к}}^{\text{проф}}; \quad (8)$$

– длина средней линии боковых стенок:

$$l_{\text{ст}}^{\text{проф}} = (H^{\text{проф}} - d - h_{\text{ф}}^{\text{проф}}) / \cos \alpha^{\text{проф}}; \quad (9)$$

– ширина профилирующего калибра:

$$B_{\text{к}}^{\text{проф}} = b_{\text{дн}}^{\text{Н проф}} + (H_{\text{к}}^{\text{проф}} - d) \cos \alpha^{\text{проф}} \quad (10)$$

Уклон боковых наклонных стенок в профилирующем калибре принимают в пределах 28–34 %. Радиусы сопряжения элементов калибра принимают конструктивно.

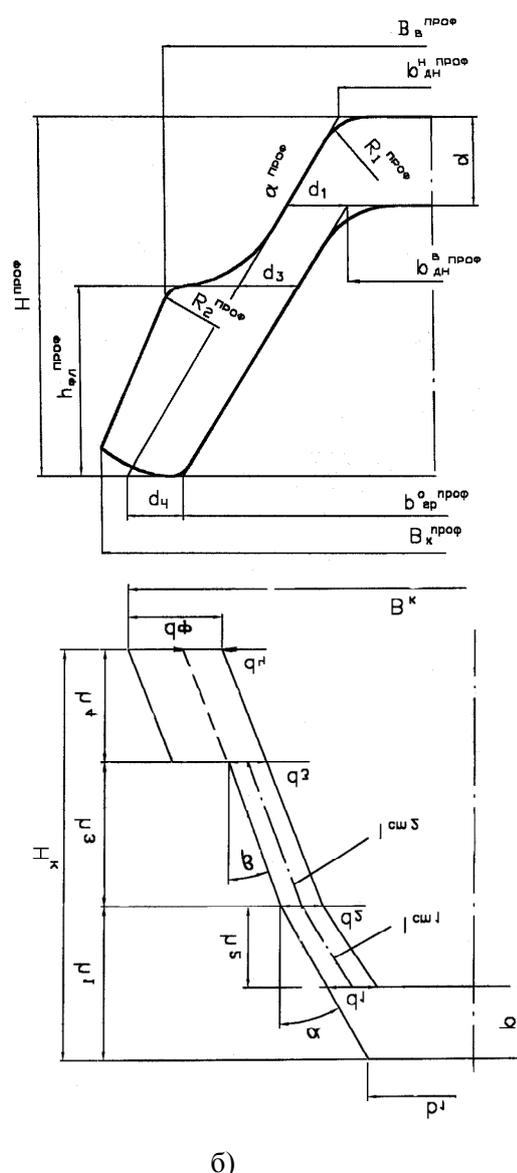


Рисунок 2 Расчётная схема профилирующего (а) и первого чернового (б) калибров

В связи с особенностью конструкции, для обеспечения трения смежных профилей в узлах податливости боковые наклонные стенки специальных взаимозаменяемых профилей выполняют с изгибом в средней части. Предварительный изгиб боковых стенок намечают в первом черновом калибре. При построении первого черного и последующих калибров с изгибом стенок расстояние от наружной поверхности днища до линии изгиба во всех последующих калибрах принимают постоянным:

$$h_1^{пч} \approx h_1^{втч} \dots \approx h_1^{чист} \approx \text{const}. \quad (11)$$

Затем назначают изменение уклонов боковых наклонных стенок по проходам. Так, уклон участков стенок, сопряженных с днищем, в первом черновом калибре составляет: $\alpha^{пч} = (1,9 \div 2,1) \alpha^{чист}$, а уклон участков стенок, сопряженных с фланцами, $-\beta^{пч} = (1,9 \div 2,1) \beta^{чист}$, где $\alpha^{чист}$ и $\beta^{чист}$ — уклоны соответствующих участков боковых наклонных стенок, принятых в чистовом калибре.

На следующем этапе заготавливают скелет первого черного калибра, в котором, наряду с обжатием толщины, предусмотрено растяжение боковых наклонных стенок раската (рис. 2, б). С учётом исходных данных, полученных при расчёте параметров калибров без изгиба стенок, производят пересчёт вертикальных проекций участков стенок с изгибом и определяют габаритные размеры, необходимые для построения калибра. В первом черновом калибре задаются величиной приращения длины средней линии боковых стенок:

$$\Delta l_{ст\Sigma}^{пч} = (1,3 \div 1,45) l_{ст}^{проф}. \quad (12)$$

Учитывая, что на участке между плоскостью изгиба и сопряжением с днищем длина боковых стенок составляет $l_{ст1} = (h_1 - d) \cos \alpha$, определяют длину средней линии стенок на участках между плоскостью изгиба и фланцами

$$l_{ст2} = l_{ст\Sigma} - (h_1 - d) \cos \beta \quad (13)$$

её вертикальную проекцию

$$h_3 = l_{ст2} \cos \beta, \quad (14)$$

рассчитывают горизонтальную проекцию калибра

$$B_k = b_1 + 2 [h_1 \operatorname{tg} \alpha + (h_3 + h_{фл}) \operatorname{tg} \beta + d_{фл} - d_4]. \quad (15)$$

По данной методике рассчитывают черновые и промежуточные калибры, в которых обжатие толщины боковых наклонных стенок совмещается с растяжением длины их средней линии с соблюдением следующих закономерностей:

$$h_{1n} \approx h_{1n+1} \approx \text{const}; \alpha_n \geq \alpha_{n+1}; \beta_n \geq \beta_{n+1}; L_{стn+1} - L_{стn} = 16 \div 28 \text{мм}.$$

Данная методика была использована при расчёте калибровки специального взаимозаменяемого профиля СВП 33 в условиях полунепрерывного крупносортового стана «600» ПАО «АМК»

Вывод. Разработана методика расчёта фасонных калибров для прокатки специальных взаимозаменяемых профилей, применение которой позволяет конструировать калибры, обеспечивающие совмещение обжатия толщины элементов с растяжением боковых наклонных стенок. Применение разработанной методики позволит улучшить качество продукции, снизить износ и расход валков, уменьшить затраты на подготовку производства и освоение новых профилей. Методика может быть рекомендована для расчёта и построения калибров профилей П-образной формы с отогнутыми краями и вертикальной осью симметрии.

Библиографический список

1. ГОСТ 18662-83. Профили горячекатаные СВП для крепи горных выработок. Сортамент [Текст]. — Москва, 1983.
2. Луцкий, М. Б. Рациональные схемы прокатки специальных взаимозаменяемых профилей [Текст] / М. Б. Луцкий, И. К. Дорожко, В. А. Луценко и др. // Труды IV конгресса прокатчиков. — Магнитогорск, 2001. — Т. 1. — С. 304–307.
3. Шум, Б. М. Калибровка экономичного профиля для крепления горных выработок [Текст] / Б. М. Шум. — Сталь, 1962. — № 3. — С. 243–246.
4. Чекмарёв, А. П. Калибровка прокатных валков [Текст] / А. П. Чекмарёв, М. С. Мутьев, Р. А. Машковцев. — М.: Металлургия, 1971. — С. 512.
5. Пат. 63614 Україна, А UA B 21B 1/08. Спосіб виготовлення профілів П-подібної форми з відігнутими краями і вертикальною віссю симетрії / М. Б. Луцький, В. Я. Кириченко, В. О. Луценко, М. М. Лігус. — Заяв. 13.05.2003; опубл. 15.01.2004, Бюл. № 1.

© Луцкий М. Б.© Чичкан А. А.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. МЧМ ДонГТУ Новохатским А. М.,
нач. сортопрокатного цеха ПАО «АМК» Клепач Э. Н.*

Статья поступила в редакцию 29.11.17.

к.т.н. Луцкий М. Б. (Прокатный завод Hod Assaf Metals ltd, Кирьят-Гат, Израиль),

к.т.н. Чичкан А. О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ КАЛІБРУВАННЯ П-ПОДІБНИМ ПРОФІЛЕМ З РОЗТЯГНЕННЯМ СТІНОК

Розроблено методику розрахунку та побудови калібрів для гарячої прокатки П-подібних профілів, яка дозволяє конструювати калібри, що забезпечують поєднання у фасонних проходах обтиску товщини елементів профілю з розтягуванням бічних похилих стінок.

Ключові слова: прокатка, калібрування, сортові профілі, фасонні калібри.

PhD Lutskiy M. B. (Hod Assaf Metals ltd, Kiryat Gat, Israel), **PhD Chichkan A. A.** (DonSTU, Alchevsk, LPR)

DEVELOPING THE CALCULATION METHOD FOR CALIBRATION OF U-SHAPED PROFILES WITH WALLS TENSION

A technique for calculating and constructing calibers for hot rolling of U-shaped profiles has been developed, which makes it possible to design gauges that ensure the combination of the thickness reduction of the profile elements with lateral inclined walls tension in the profile passes.

Key words: rolling, calibration, profiled sections, shaped gauges.