

УДК 621.771.26

Тубольцев А. Г.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРАЛЬНОЙ ЛИНИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ШВЕЛЛЕРНОГО КАЛИБРА

Одним из наиболее важных вопросов калибровки фланцевых профилей является определение нейтральной линии калибра (Н.Л.К.). Правильное положение нейтральной линии калибра обеспечивает [1]:

Прямолинейный выход полосы из валков.

Отсутствие ударов и излишних напряжений в муфтах и шпинделях.

Меньший расход энергии при прокатке.

Меньший износ калибров.

Отсутствие напряжений и трещин в прокатываемой полосе.

Надежную работу привалковой арматуры.

Для определения положения нейтральной линии калибра существуют различные способы [1–6]:

1. Нейтральная линия калибра проходит через центр тяжести площади калибра.

2. За нейтральную линию калибра принимают горизонтальную линию, делящую площадь калибра пополам.

3. Нейтральная линия калибра проходит посередине между центрами тяжести верхнего и нижнего контуров калибра.

4. Способ В. Дая. По данному способу нейтральная линия калибра определяется на основании равенства средних катающих диаметров верхнего и нижнего валков.

5. Способ, рекомендуемый Д. И. Старченко. Автор определяет нейтральную линию калибра из условия равенства средних окружных скоростей по ручьям верхнего и нижнего валков.

6. Метод И. И. Кучко. По данному методу положение нейтральной линии определяется следующим образом. На любом расстоянии от калибра снизу и сверху проводятся горизонтальные линии $X-X$ и X_1-X_1 . Ограничивают калибр вертикалями по ширине и определяют площадь верхней $F_в$ части прямоугольника, расположенного над калибром, и площадь нижней $F_н$ части прямоугольника, находящегося под калибром. Определяется приведенная высота для разности площадей:

$$h_{np} = \frac{F_в - F_н}{B}. \quad (1)$$

Высоту h_{np} откладывают со стороны меньшей площади и проводят третью горизонтальную прямую X_2-X_2 , параллельную двум первым. Разделив пополам общую высоту $H + h_{np}$, получим величину, определяющую положение нейтральной линии калибра.

7. Метод М. С. Мутьева, основанный на равенстве средних катающих радиусов верхнего $R_{к.ср.1}$ и нижнего $R_{к.ср.2}$ валков с учетом касательных контактных напряжений на боковых стенках калибра на выходе.

8. Способ, предложенный Шефером, предполагает располагать нейтральную линию швеллерного калибра посередине толщины стенки задаваемого раската.

9. Способ определения нейтральной линии калибра, предложенный З. Вусатовским, основан на равенстве средних катающих радиусов верхнего и нижнего валков с учетом катающих радиусов и на боковых стенках калибра.

Средний катающий радиус по методике Вусатовского рассчитывают после того, как располагают каким-либо образом калибр в валках.

З. Вусатовский также указывает, что нейтральную линию калибра можно находить и из условия равенства моментов на верхнем и нижнем валке.

Рассмотренные выше методы определения нейтральной линии калибра учитывают либо только геометрические параметры калибра, либо учитывают касательные контактные напряжения только на выходе из калибра. Вместе с тем ряд авторов подчеркивает важность определения нейтральной линии с учетом касательных контактных напряжений в калибре для верхнего и нижнего валков в зонах отставания и опережения.

В. С. Пестов [7] впервые предпринял попытку теоретически определить нейтральную линию калибра с учетом касательных контактных напряжений в зонах отставания и опережения на верхнем и нижнем валках. Выражение получено в общем виде, которым невозможно воспользоваться для практических расчетов Н.Л.К.

Во всех вышеуказанных работах рассматривались способы определения нейтральной линии калибра при прокатке профилей в двухвалковых клетях. Как показали теоретические и экспериментальные исследования автора статьи, они не могут быть использованы для определения нейтральной линии универсального швеллерного калибра, так как могут привести к значительной разности моментов прокатки на горизонтальных валках и даже к случаю, когда весь момент прокатки будет передавать горизонтальный валок, деформирующий фланцы и стенку, а второй горизонтальный валок станет фрикционно ведомым. Это приведет к ударам и излишним напряжениям в главной линии прокатного стана при входе и выходе металла из валков. К тому же ни один из известных способов определения Н.Л.К. не учитывает степень деформации (ε) металла в очаге деформации.

Работы, посвященные определению нейтральной линии универсального швеллерного калибра, в литературе отсутствуют.

Целью данной работы является разработка способа определения нейтральной линии универсального швеллерного калибра как линии, относительно которой моменты от касательных контактных напряжений, приложенных со стороны верхнего и нижнего приводных горизонтальных валков, равны.

Момент прокатки и его распределение между горизонтальными валками при прокатке швеллера в универсальном калибре теоретически определяем, исходя из знания границ и площадей зон отставания и опережения [8], рис. 1. На поверхности контакта металла с горизонтальными валками возможны 8 вариантов расположения зон отставания и опережения [9]. Для первого варианта (см. рис. 1) момент прокатки швеллера в универсальном калибре определяется по выражениям:

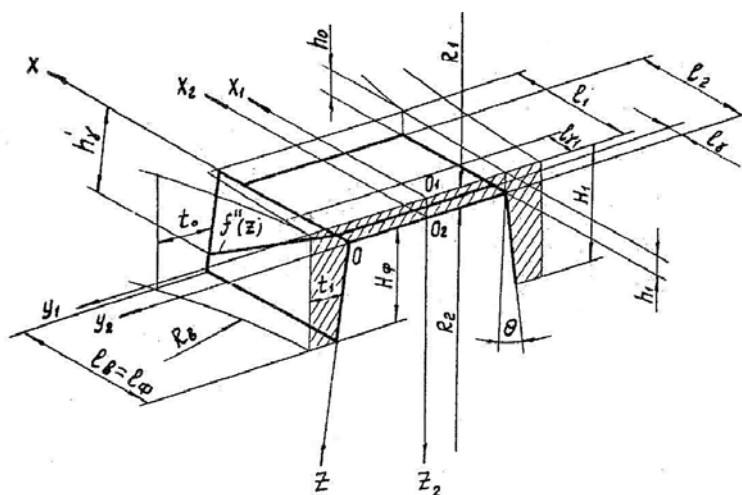


Рис. 1. Обозначения и принятая система координат к определению зон отставания и опережения на контактной поверхности металла с горизонтальными валками и момента прокатки

- на верхнем горизонтальном валке:

$$M_1 = \tau_1 \cdot b_1 \cdot R_1^2 \cdot (\alpha_1 - 2 \cdot \gamma_1); \quad (2)$$

- на нижнем горизонтальном валке:

$$M_2 = \tau_2 \cdot b_2 \cdot R_2^2 \cdot (\alpha_2 - 2 \cdot \gamma_2) + 2 \cdot \tau_\phi \cdot (R_2 - z_0) \cdot [h'_\gamma \cdot (l_\phi - l_\gamma) - H_\phi / \cos \theta \cdot l_\phi], \quad (3)$$

где $\tau_1, \tau_2, \tau_\phi$ – средние касательные напряжения по стенке на верхнем и нижнем горизонтальных валках, по внутренней боковой поверхности фланца; b_1 и b_2 – ширина верхнего и нижнего горизонтальных валков по стенке.

Величина z_0 для I варианта определяется из выражения:

$$z_0 = \frac{3 \cdot H_\phi^2 \cdot l_\phi - 2 \cdot (h'_\gamma)^2 \cdot (l_\phi - l_\gamma)}{6 \cdot [H_\phi \cdot l_\phi - h'_\gamma \cdot (l_\phi - l_\gamma)]}. \quad (4)$$

На основании полученных выражений разработан алгоритм расчета момента прокатки швеллера в универсальном калибре для реализации на ЭВМ.

Сравнение результатов теоретических расчетов по разработанным выражениям и алгоритму с экспериментальными данными [9] показало их удовлетворительную сходимость, максимальное расхождение не превышало 17–18 %, причем, с уменьшением разности степени деформации элементов швеллера расхождение экспериментальных и теоретических данных также уменьшается.

Предполагаемый способ определения нейтральной линии универсального швеллерного калибра (рис. 2), основанный на равенстве моментов прокатки на верхнем и нижнем горизонтальных валках, заключается в следующем:

1. По полученным выражениям и алгоритму расчета момента прокатки швеллера в универсальном калибре строим зависимость момента прокатки на верхнем M_1 и нижнем M_2 горизонтальных валках от отношения их радиусов ($k = R_2/R_1$), рис. 3.

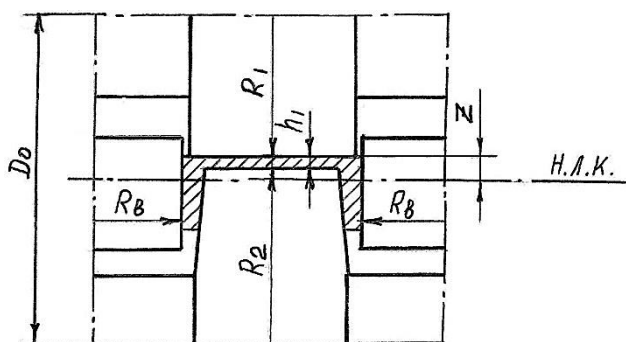


Рис. 2. К определению нейтральной линии универсального швеллерного калибра

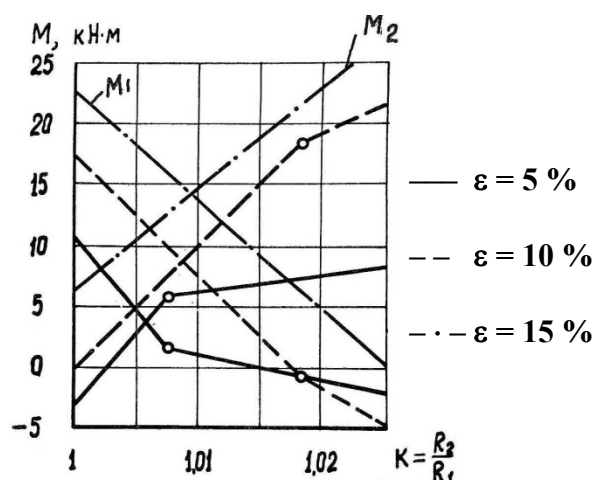


Рис. 3. Зависимость момента прокатки на верхнем M_1 и нижнем M_2 горизонтальных валках швеллера № 12 от k и степени деформации: $D_0 = 620$ мм; $f = 0,3$; $T^c = 900$ °С; $T^\phi = 950$ °С

2. По построенной зависимости находим значение k , при котором соблюдается равенство моментов прокатки на верхнем и нижнем горизонтальных валках.

3. При известном значении k ордината нейтральной линии универсального швеллерного калибра z определяется по выражению:

$$z = \frac{D_0 / 2 \cdot (k - 1) + h_1}{1 + k}, \quad (5)$$

где D_0 – расстояние между осями горизонтальных валков.

4. Радиус верхнего R_1 и нижнего R_2 горизонтальных валков находим по выражениям:

$$R_1 = \frac{D_0}{2} - z; \quad (6)$$

$$R_2 = k \cdot R_1. \quad (7)$$

ВЫВОДЫ

Предложен способ определения нейтральной линии универсального швеллерного калибра, основанный на равенстве моментов прокатки на горизонтальных валках и учитывающий степень деформации металла в калибре.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чекмарев А. П. Калибровка прокатных валков / А. П. Чекмарев, М. С. Мутьев, Р. А. Машиковцев. – М. : Metallurgija, 1971. – 509 с.
2. Калибровка прокатных валков: справочник / В. В. Гетманец, А. Ф. Вавилов, С. В. Седуш, В. Л. Романченко. – Донецк, 2006. – 346 с.
3. Хофф Х. Прокатка и калибровка / Х. Хофф, Т. Даль. – М. : Metallurgizdat, 1957. – 228 с.
4. Старченко Д. И. Развернутая калибровка фасонных профилей / Д. И. Старченко. – М. : Metallurgizdat, 1952. – 248 с.
5. Литовченко Н. В. Калибровка валков сортовых станов / Н. В. Литовченко, Б. Б. Диомидов, В. А. Курдюмова. – М. : Metallurgizdat, 1963. – 638 с.
6. Вусатовский З. Основы прокатки / З. Вусатовский. – М. : Metallurgija, 1967. – 582 с.
7. Пестов Б. С. Определение положения нейтральной линии и среднего катающего диаметра при прокатке фасонных профилей / Б. С. Пестов // Современные достижения прокатного производства: труды межвузовской научно-техн. конф. – Л. : ЛПИ, 1959. – Т. 2. – С. 156–169.
8. Тубольцев А. Г. Кинематические и энергосиловые параметры процесса прокатки швеллера в универсальном калибре / А. Г. Тубольцев // Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'. – 2012. – № 7. – С. 183–187.
9. Тубольцев А. Г. Экспериментальное исследование момента прокатки швеллера в универсальном калибре / А. Г. Тубольцев // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов – Краматорск : ДГМА, 2011. – № 3 (28). – С. 164–167.

REFERENCES

1. Chekmarev A. P. Kalibrovka prokatnyh valkov / A. P. Chekmarev, M. S. Mut'ev, R. A. Mashkovcev. – M. : Metallurgija, 1971. – 509 s.
2. Kalibrovka prokatnyh valkov: spravochnik / V. V. Getmanec, A. F. Vavilov, S. V. Sedush, V. L. Romanchenko. – Doneck, 2006. – 346 s.
3. Hoff H. Prokatka i kalibrovka / H. Hoff, T. Dal'. – M. : Metallurgizdat, 1957. – 228 s.
4. Starchenko D. I. Razvernutaia kalibrovka fasonnyh profilej / D. I. Starchenko. – M. : Metallur-gizdat, 1952. – 248 s.
5. Litovchenko N. V. Kalibrovka valkov sortovyh stanov / N. V. Litovchenko, B. B. Diomidov, V. A. Kurdjumova. – M. : Metallurgizdat, 1963. – 638 s.
6. Vusatovskij Z. Osnovy prokatki / Z. Vusatovskij. – M. : Metallurgija, 1967. – 582 s.
7. Pestov B. S. Opredelenie polozhenija nejtral'noj linii i srednego katajushhego diametra pri prokatke fasonnyh profilej / B. S. Pestov // Sovremennye dostizhenija prokatnogo proizvodstva: trudy mezhvuzovskoj nauchno-tehn. konf. – L. : LPI, 1959. – T. 2. – S. 156–169.
8. Tubol'cev A. G. Kinematicheskie i jenergosiilovye parametry processa prokatki shvellera v universal'nom kalibre / A. G. Tubol'cev // Metallurgicheskaja i gornorudnaja promyshlennost'. – 2012. – № 7. – S. 183–187.
9. Tubol'cev A. G. Jeksperimental'noe issledovanie momenta prokatki shvellera v universal'nom ka-libre / A. G. Tubol'cev // Obrabotka materialov davleniem: sbornik nauchnyh trudov – Kramatorsk : DGMA, 2011. – № 3 (28). – S. 164–167.

Тубольцев А. Г. – канд. техн. наук, доц. НМетАУ

НметАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: olgakuzmina@bk.ru.