

В.Ф. Балакин, С.В. Пилипенко

**РАЗВИТИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ ПЛОЩАДИ
КОНТАКТА МЕТАЛЛА ТРУБЫ С РУЧЬЕМ КАЛИБРА В
МГНОВЕННОМ ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ СТАНОВ ХПТ**

Аннотация. В статье рассмотрены основные существующие на данный момент зависимости, позволяющие правильно рассчитать тепловыделения от пластической деформации при данном виде ОМД. Также рассмотрены зависимости, позволяющие учесть тепловые потери от конвекции и теплопередачи. На основе имеющихся зависимостей предложен свой метод расчета тепловыделений, позволяющий более точно учитывать особенности процесса ХПТ. Результаты расчетов проверены в ходе практики холодной пильгерной валковой прокатки и доказывают действенность метода.

Ключевые слова: Холодная пильгерная прокатка, пластическая деформация, мгновенный очаг деформации, тепловыделения, безэмульсионная прокатка.

Постановка проблемы. Деформация трубы в станах пильгерной прокатки совершается в непрерывно изменяющемся мгновенном очаге деформации (МОД). В результате этого образуется так называемый конус прокатки, любое из сечений которого является сечением выхода металла из МОД [1-2]. Очень часто прокатку ведут с максимально возможными величинами обжатий по площади поперечного сечения, при максимально возможных величинах подачи. Как правило эти величины определяются расчетным путем и верность их определения важна как с экономической точки зрения, так и с точки зрения возможности выполнения таких режимов прокатки без угрозы разрушения оборудования. Поэтому, при расчете параметров деформационного инструмента станов холодной прокатки труб очень важно правильно спрогнозировать распределения силовых параметров деформации трубы в МОД вдоль конуса прокатки. Одним из параметров, влияющих на точность определения силы прокатки является величина поверхности соприкосновения металла с рабочей частью ручья калибров в МОД.

Целью статьи является анализ и развитие существующих методов определения величины поверхности соприкосновения металла с рабочей частью ручья калибров в МОД.

Анализ публикаций. Усилие, действующее на валки для любой из зон МОД (редуцирования или обжатия стенки) определяется по формуле:

$$P_x = p_{cp.x} \cdot F_{к.х}, \quad (1)$$

где $F_{к.х}$ – горизонтальная проекция контактной поверхности в зоне МОД (с учетом сплющивания); $p_{cp.x}$ – среднее удельное давление в зоне МОД.

На рисунке 1 показано величину влияние удельного давления при редуцировании на усилие деформации в мгновенном очаге деформации. Как видно, оно не превышает 3-5 процентов и может быть проигнорировано при расчетах. Так что в дальнейшем мы будем рассматривать именно параметры зоны обжатия МОД при прямом ходе клетки.

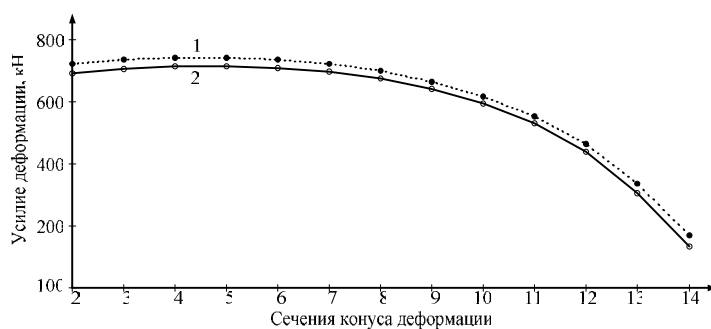


Рисунок 1 - Распределение усилия деформации вдоль зоны обжатия конуса деформации при прямом ходе клетки (ХПТ-75, маршрут – 85x14,5-60x7, сплав Gr 2, $m = 7$ мм): 1 – с учетом усилия в зоне редуцирования МОД; 2 – без учета усилия в зоне редуцирования МОД

Площадь горизонтальной проекции контактной поверхности зоны обжатия стенки (рис 2-4) можно определить, численно проинтегрировав в одном из математических редакторов следующее выражение [3]:

$$F_S = 2,81R_x \sqrt{\Delta t_x \cdot R_x} \int_0^{\pi/2} \sqrt{\frac{(R_0 - R_x \cos \phi_x)}{R_x \cos \phi_x}} \cos \phi_x d\phi_x, \quad (2)$$

где ϕ_x – угол развалки (рис. 3) Δt_x – величина обжатия стенки трубы в МОД для данной точки конуса.

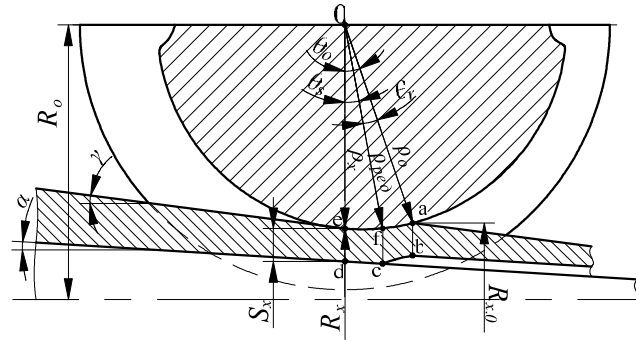


Рисунок 2 - Параметры мгновенного очага деформации для прямого хода клетки по П.И. Орро и Я.Е. Осада [4]

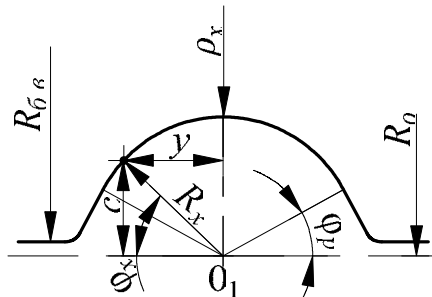


Рисунок 3 - Схема ручки калибра [3]

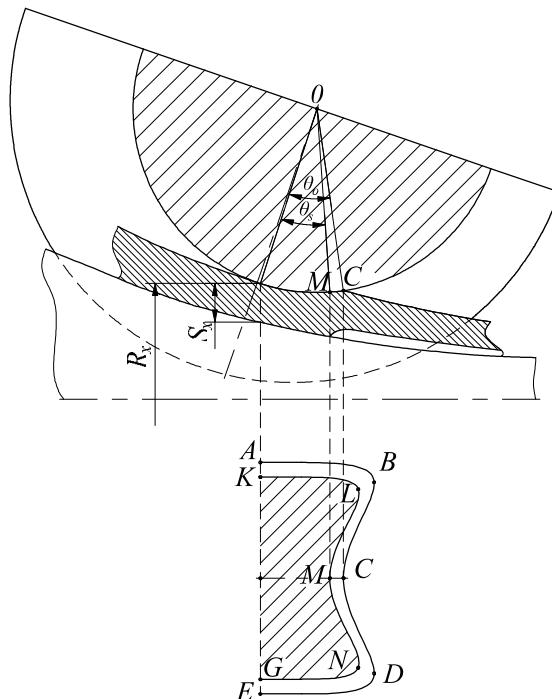


Рисунок 4 - Схема мгновенного очага деформации и горизонтальной проекции контактной поверхности: ABCDE - полная горизонтальная проекция поверхности контакта металла с ручьем калибра; KLMNG - зона обжатия толщины стенки трубы [5]

Для инженерных расчетов предлагается более простая формула:

$$F_S = \eta_3 D_x \sqrt{2\rho_x \cdot \Delta t_x}. \quad (3)$$

где η_3 – коэффициент формы калибра (при двухвалковой схеме $\eta_3 = 1,26 \dots 1,3$ [5], для трёхвековой $\eta_3 = 1,1$ [3]); ρ_x – радиус гребня вала.

Полную контактную поверхность можно рассчитать по формуле [5]:

$$F_{\text{полн.к}} = \eta_3 B_x \sqrt{2\rho_x \cdot \Delta R_x}, \quad (4)$$

где ΔR_x – величина редуцирования трубы в МОД для данной точки конуса ($R_{\Delta x} - R_x$ на рис. 5); B_x – ширина калибра.

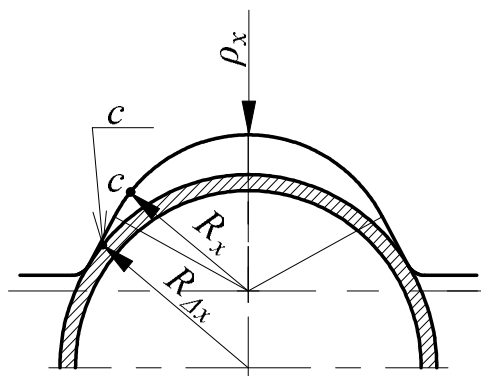


Рисунок 5 - Схема, к определению координаты первой точки касания валков с конусом деформации в МОД (оправка не показана) [3]

Площадь горизонтальной проекции контактной поверхности зоны обжатия стенки, с учетом сплющивания валков, определяется из зависимости:

$$F_{S.\text{спл.}} = \eta_3 D_x \sqrt{2\rho_x \cdot \Delta S_x} + 3,9\sigma_\sigma D_x \left(0,393R_{\sigma\sigma} - \frac{D_x}{6} \right) \cdot 10^{-4}. \quad (5)$$

Основной материал. На рис. 6 показаны результаты расчетов величины площади горизонтальной проекции контактной поверхности зоны обжатия стенки МОД. Как видно из графиков формула 3 (при $\eta_3 = 1,3$) дает более высокие результаты, чем формула 2. Учет величины сплющивания валков так же увеличивает расчетную величину площади (ф. 5).

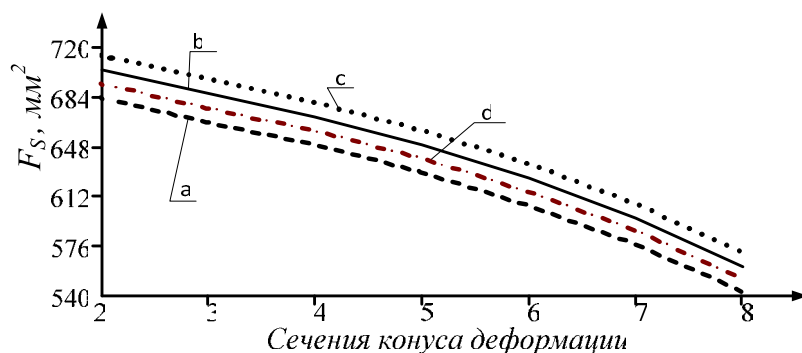


Рисунок 5 - График результатов расчета изменения вдоль зоны обжатия конуса деформации величины площади горизонтальной проекции контактной поверхности зоны обжатия стенки МОД (ХПТ-75, маршрут – 85x14,5-60x7, сплав – Gr-2. $m = 10$ мм): а – согласно формулы 2, b - согласно формулы 3, c - согласно формулы 5; d – согласно формулы 6

Предлагается вести расчет величины площади горизонтальной проекции контактной поверхности зоны обжатия стенки МОД по формуле, которая является симбиозом формул 2 и 5:

$$F_S = 2,81R_x \sqrt{\Delta t_x} \cdot R_x \int_0^{\pi/2} \sqrt{\frac{(R_0 - R_x \cos \phi_x)}{R_x \cos \phi_x}} \cos \phi_x d\phi_x + 3,9\sigma_\epsilon D_x \left(0,393R_{\text{об}} - \frac{D_x}{6}\right) \cdot 10^{-4}. \quad (6)$$

Данная формула дает возможность более точно определять величину площади горизонтальной проекции контактной поверхности зоны обжатия стенки в МОД.

Выводы

В результате анализа существующих методов определения площади поверхности соприкосновения металла с рабочей частью ручья калибров в МОД сделан вывод, что существующие на данный момент формулы дают значительный разброс расчетных значений этой величины. Метод расчета величины поверхности соприкосновения металла с рабочей частью ручья калибров требует дальнейшего развития и уточнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балакин В.Ф. Геометрия прокатного инструмента и алгоритмы его расчета для станов холодной прокатки труб/ В.Ф. Балакин, В.Р. Кучеренко, И.А. Соловьева, С.В. Пилипенко// Совершенствование производства стали, труб и железнодорожных колес. Коллективная

- монография. Под редакцией Величко А.Г., Большакова В.И., Балакина В.Ф. – Днепропетровск, : ЧМП «Экономика» -2015 -С. 434-450.
2. Григоренко В.У. Розвиток методу розрахунку параметрів процесу холодної пільгерної прокатки труб і калібровки інструмента: [Монографія]/В.У. Григоренко, С.В. Пилипенко, О.П. Головченко. - Дніпропетровськ: Пороги. - 2015. - 120 с.
 3. Шевакин Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб / Ю.Ф. Шевакин. - М: Металлургиздат, 1963. - 269 с.
 4. Орро П.И. Производство стальных тонкостенных труб: [Монография] / П.И. Орро, Я.Е. Осада. - М. Харьков: Металлургиздат, 1951. - 416 с.
 5. Шевакин Ю.Ф. Производство труб из цветных металлов. Сопротивление деформации и пластичность / Шевакин Ю.Ф., Рытников А.М., Сейдалиев Ф.С., – М.: Металлургиздат, 1963. - 355 с.
 6. Журавлев Г. М. Расчет температурного поля в зоне пластической деформации/ Журавлев Г. М., Дао Тиен Той // Известия ТулГУ. Технические науки. Сталь. – 2012. – №2. - С. 221-227
 7. Смирнов В.С. Теория обработки металлов давлением. М.: Металлургия, 1973. 796с.
 8. Томленов А.Д. Теория деформирования металлов. М.: Металлургия, 1972. 402с.
 9. Колмогоров В.Л. Напряжения, деформации, разрушение. М.: Металлургия, 1970. 229с.
 10. Онищенко И.И. Механика сплошной среды. Теория пластичности. К.: Издательство КР «Политех», 1996. 274 с.
 11. Томсен Э Механика пластических деформаций при обработке металлов / Э Томсен, Ч. Янг, Ш. Кобаяши // М.: Машиностроение, 1969. 504 с.
 12. Яловой Н.И. Тепловые процессы при обработке металлов и сплавов давлением. М.: Издательство «Высшая школа», 1973. 631 с.
 13. Орро П.И. Производство стальных тонкостенных труб: [Монография]/П.И.Орро, Я.Е.Осада.- М.Харьков:Металлургиздат,1951.-416 с.
 14. Шевакин Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб / Ю.Ф. Шевакин. - М: Металлургиздат, 1963. - 269 с.
 15. Тетерин П.К. Теория периодической прокатки / П.К. Тетерин - М.: Металлургия, 1978. – 256 с.