

УДК 621.774.35.016.3

В.У. Григоренко, И.В. Маркевич

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ РОЛИКОВОЙ ПРОКАТКИ НА БАЗЕ РАЗРАБОТАННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЕГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ

Введение. Процесс холодной прокатки труб роликами (процесс ХПТР рис.1) применяется для получения особотонкостенных труб [1].

Проблема. В настоящее время при расчете процесса ХПТР и дальнейшей разработке соответствующих калибровок инструмента используют метод [3], где изменение всех параметров по длине зоны обжатия стенки зависит от первичного распределения толщины стенки по длине соответствующей зоны (рис. 1).

Значение толщины стенки по сечениям обжимной зоны определяют по зависимости Ю.Ф. Шевакина [3,4]. При этом интенсивность уменьшения толщины стенки по длине участка обжатия стенки зависит от коэффициента n , который рекомендуется равным 0,64 для всех марок сталей.

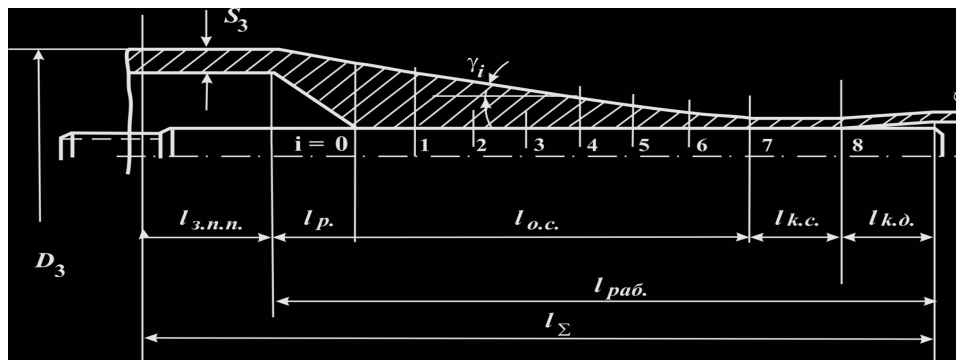


Рисунок 1 - Рабочий конус в стане ХПТР: $l_{з.п.п.}$ - длина участка зева подачи и поворота; l_p - длина участка редуцирования; $l_{o.c.}$ - длина участка обжатия стенки; $l_{к.с.}$ - длина участка калибровки стенки; $l_{к.буд.}$ - длина участка калибровки диаметра; $l_{раб.}$ - длина рабочей части конуса раскатки; l_{Σ} - длина хода клетки; D_3 - диаметр трубы заготовки; S_3 - толщина стенки трубы заготовки; γ_i - угол конусности рабочего конуса.

Коэффициент n определяет интенсивность изменения относительного обжатия толщины стенки в мгновенном очаге деформации по закону показательной функции по длине обжимной зоны рабочего конуса.

В литературе нет метода позволяющего найти рациональные значения n для роликовой прокатки труб из различных марок стали, для каждого конкретного маршрута прокатки и величины подачи.

Народно-хозяйственная задача состоит в том, что необходимо уменьшить высокие расходные коэффициенты дорогостоящего металла и трудозатраты, свойственные технологии производства особотонкостенных труб.

Анализ исследований. В известном методе расчета параметров процесса ХПТР сначала определяют распределение стенки по контрольным сечениям рабочего конуса, а затем все остальные параметры, распределение которых по длине зоны обжатия стенки (рис. 1) зависит от коэффициента n .

$$t_i = \frac{t_0}{\frac{\mu_i - 1}{1 - e^{-n}} \left(1 - e^{-n \frac{x}{l_p}} \right) + 1} \quad (1)$$

где t_0 – значение толщины стенки на входе в участок обжатия стенки рабочего конуса, t_i – значение толщины стенки по сечениям рабочего конуса, n – коэффициент интенсивности распределения относительного обжатия стенки по длине участка обжатия стенки рабочего конуса, e – основание натурального логорифма, x – расстояние от начала участка обжатия стенки до контрольного сечения, l_p – длина участка обжатия стенки.

При этом методика расчета в основном перенесена из методики для расчета параметров процесса холодной пильгерной валковой прокатки труб [3].

Нерешенным является вопрос, какие значения n необходимо выбирать для конкретных маршрутов, марок сталей и условий прокатки. Следует отметить, что использование в процессе ХПТР цилиндрической оправки по сравнению с оправками с конической или с криволинейной образующей для процесса ХПТ должно вносить свои корректировки.

Цель разработки. Поставлена задача объединить в едином комплексе известные формулы, описывающие деформационные и силовые параметры процесса, выполнить его компьютерную реализацию, провести расчетный анализ распределение величин параметров процесса ХПТР по длине рабочего конуса при различных

значениях n , для различных марок сталей, труб и выдать рекомендации по определению значений n .

Результаты разработки. Математическое описание расчета параметров процесса ХПТР состоит в следующей последовательности зависимостей.

1. Деформационные параметры по контрольным сечениям рабочего конуса

1.2. Значение суммарного нарастающего коэффициента витяжки по формуле (1)

$$\mu_{t_i} = \frac{t_0}{t_i}$$

1.3. Обжатие толщины стенки в мгновенном очаге деформации при прямом ходе клетки

$$\Delta t_{npi} = 0,7 \cdot m \cdot \mu_{t_i} \cdot tg\gamma_i$$

где, m – величина подачи; $tg\gamma_i = (D_{i-1} - D_i)/l_x$ – конусность ручья калибра, здесь, D_i и D_{i-1} – диаметры прокатываемой трубы в рассматриваемом и в предшествующем контрольном сечении, l_x – длина участка рабочего конуса между контрольными сечениями

1.4. Относительное суммарное обжатие площади поперечного сечения

$$\varepsilon_i = \frac{\pi \cdot (D_3 - t_3) \cdot t_3 - \pi \cdot (D_i - t_i) \cdot t_i}{\pi \cdot (D_3 - t_3) \cdot t_3}$$

где D_3, D_i, t_3, t_i – диаметры и толщины стенок заготовки и трубы в контрольных сечениях

2. Предел прочности металла трубы и сила прокатки по контрольным сечениям рабочего конуса

2.1. Предел прочности [5]

$$\sigma_{\sigma i} = \sigma_{\sigma 0} + k_{\sigma} \cdot (\varepsilon_i)^{k_m}$$

где k_m, k_{σ} – коэффициенты зависящие от марки стали

3.2. Среднее контактное нормальное напряжение

$$p_{cpi} = \sigma_{\sigma i} \cdot \left[n_{\omega} + f \cdot \left(\frac{t_3}{t_i} - 1 \right) \cdot \frac{R_{дна}}{R_k} \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot R_{дна} \cdot \Delta t_{npi}}}{S_i} \right]$$

где, $R_{дна}, R_k$ – радиус дна калибра и катающий радиус, f – коэффициент трения, n_{ω} – коэффициент учитывающий влияние среднего главного напряжения.

2.3. Площадь контактной поверхности с учетом сплющивания ролика в очаге деформации при прямом ходе

$$F_{\Gamma i} = 2 \cdot R_{mpi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) \cdot \eta \cdot \sqrt{2 \cdot R_{дна} \cdot \Delta t_{npi} + \left(\frac{p_{cpi} \cdot R_{дна}}{9500}\right)^2} + \frac{p_{cpi} \cdot R_{дна}}{9500}$$

где, R_{mp} – радиус трубы, η - коэффициент формы контактной поверхности, учитывающий ее языкообразную форму.

$$P_i = p_{cpi} \cdot F_{\Gamma i}$$

2.4. Сила прокатки

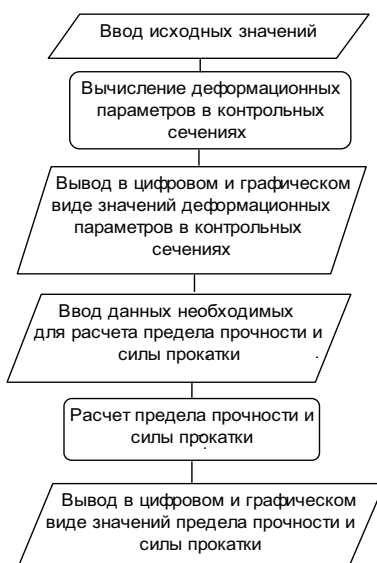


Рисунок 2 - Упрощенная блок-схема расчета параметров процесса

На базе математического описания осуществляем компьютер-ную реализацию расчета параметров процесса ХПТР. Ниже представлена упрощенная блок-схема на рис.2

Провели расчеты рис.3., рис. 4. при различных значениях коэффициента n деформационных и силовых параметров процесса ХПТР для маршрута 30Ч1,4 → 28Ч0,7, марка материала трубы сталь 12Х18Н10Т и сталь 20, подача $m=4$ мм. Анализ показывает, что при значениях коэффициента $n= 2,0$ для стали 12Х18Н10Т и $n=1,0$ для стали 20 распределение силы прокатки по длине участка обжатия стенки равномерно.

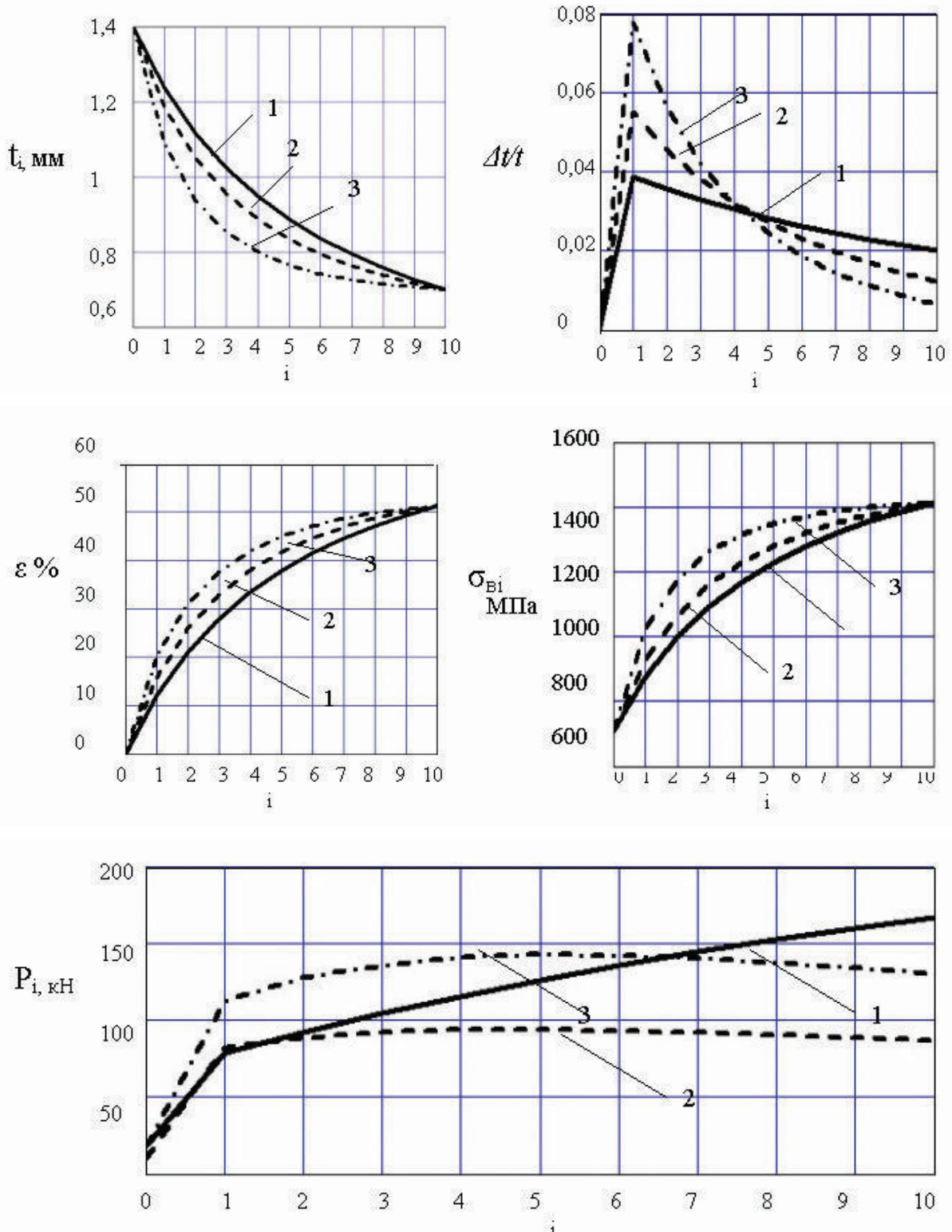


Рисунок 3 - Расчетное распределение основных параметров процесса ХПТР для стали 12Х18Н10Т по 10 контрольным сечениям рабочего конуса при различных значениях $n = 0, 64$ (1- —); 1,5 (2- - - -); 2,0 (3- - · - · -), маршрут прокатки 30Ч1,4 → 28Ч0,7, стан ХПТР 15-30, i – номер контрольного сечения

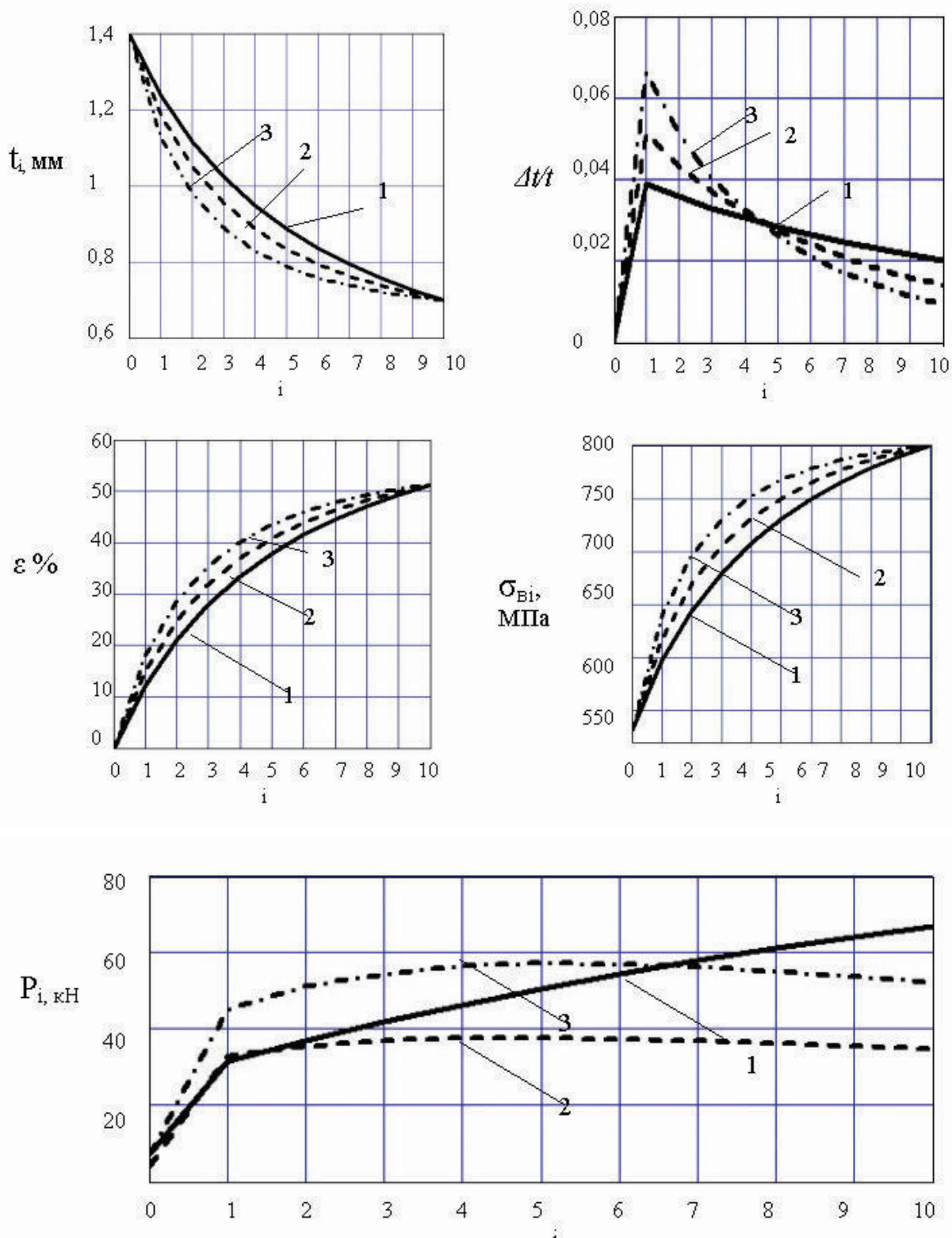


Рисунок 4 - Расчетное распределение основных параметров прокатки на стане ХПТР для стали 20 при трех значениях n

$n = 0,64$ (1- —); $1,1$ (2- ----); $1,5$ (3- - · - · -), i – номер контрольного сечения

Вывод. Впервые выполнен расчетно-аналитический анализ распределения деформационных и силовых параметров процесса ХПТР по длине участка обжатия стенки рабочего конуса. Из условия равномерного распределения силы прокатки по длине участка обжатия стенки можно рекомендовать для расчета калибровки инструмента при прокатке труб из стали типа 12Х18Н10Т на станах ХПТР использовать $n = 2,0$, а для стали 20 $n = 1,0$.

Перспективы. Реализация математического описания с помощью ЕВМ по алгоритму «ХПТР- параметры» позволяет анализировать и определять рациональные параметры процесса ХПТР. Это приводит к возможности рассчитывать рациональные калибровки инструмента для прокатки конкретных марок сталей и сплавов, при конкретных маршрутах и условиях деформации. Проведенная разработка позволит также более точно рассчитывать рациональные параметры настройки рычажной системы привода каретки и сепаратора стана ХПТР.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Роликовые станы холодной прокатки труб» Вердеревский В.А. – М.: Металлургия, 1992. - 240 с.
2. Григоренко В.У. Холодная пильгерная прокатка труб: Учеб. пособ. - Днепропетровск: НМетАУ, 2006. - 48 с.
3. Ю.Ф. Шевакин «Калибровка и усилия при холодной прокатке труб» М.: Металлургия, 1963
4. Шевакин Ю.Ф., Сейдалиев Ф.С. Станы холодной прокатки труб:- М.: Металлургия , 1966. 211 с.
5. «Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением» Третьяков А.В., Зюзин Р.И. 2-е изд. М.: Металлургия, 1973. 224 с.

Получено 27.12.2007 г.