

І.А. Соловійова, Ю.М. Николаєнко

ПРОЕКТУВАННЯ МАРШРУТІВ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДНОДЕФОРМОВАНИХ ТРУБ НА СТАНАХ ХУТР

Анотація. Розроблені алгоритм та програмне забезпечення, що вирішує питання проектування маршрутів виробництва холоднодеформованих труб на станах ХПТР на базі математичних моделей процесів деформації.

Ключові слова: абсолютне обтиснення, деформація, математична модель, заготовка, труба, статистичний аналіз.

Вступ. Виробництво холоднодеформованих труб одних і тих же видів, та розмірів призводить до використання різних технологічних схем їх виготовлення, із заготовки різних розмірів за різне число циклів деформації. Під час проектування варіантів маршрутів виробництва холоднодеформованих труб необхідно: використовувати в кожному проході маршруту всі можливі варіанти устаткування для холодної прокатки металу, обмежуватися уніфікованими розмірами діаметрів та товщини стінки заготовок, розміри вихідної заготовки обмежувати сортаментом заготовок та використовувати режими деформації, що забезпечують максимальне використання пластичних властивостей металу [1].

Мета роботи є аналіз методики розрахунку маршрутів та розробка програмного забезпечення проектування маршрутів виробництва труб на станах холодної прокатки труб роликками (ХПТР) при використанні розроблених математичних моделей процесів деформації [2].

Для розрахунку маршруту прокатки для виробництва холоднодеформованих труб із нержавіючих сталей загального призначення на станах ХПТР використовується удосконалена методика [3]. Абсолютне обтиснення по діаметру при прокатці труб на станах ХПТР наведено в таблиці 1. На підставі цих практичних даних побудовані аналітичні залежності (лінії регресії) абсолютного обтиснення по діаметру від діаметру готових труб. Розглянуто три варіанта ліній регресії:

лінійна, квадратична, логарифмічна. Статистичний аналіз залежностей (табл. 1 та рис. 1, показник детермінації) дає можливість вибору тієї функції, яка адекватно відображає практичні (експериментальні дані):

$$\Delta D = 0,7818 \cdot \ln(D) + 0,4077. \quad (1)$$

Розрахунок діаметра заготовки здійснюється відповідно залежності:

$$D \in [D_1; D_2] \rightarrow D_0 = D + \Delta D. \quad (2)$$

Таблиця 1

Абсолютне обтиснення по діаметру при прокатці труб на станах ХПТР (нержавіюча сталь загального призначення)

Діапазон діаметрів, мм		Абсолютне обтиснення по діаметру ΔD , мм
мінімальне значення, D_1	максимальне значення, D_2	
3	4	1,5
5	11	2
12	25	2,5
26	42	3
43	65	3,5

В результаті аналізу виявлено, що логарифмічна лінія регресії дає найменшу похибку (стандартне відхилення) при порівнянні практичних та статистичних даних. Похибка для поліноміальної кривої – 0,52, для степеневої – 0,50, для логарифмічної – 0,42.

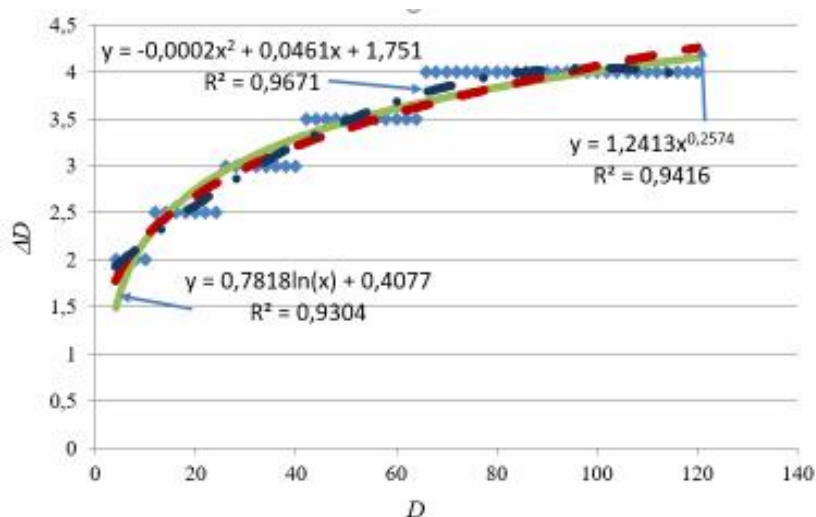


Рисунок 1 – Розрахунок ліній регресії для визначення ΔD по практичним даним

На підставі даних (рис. 2) відповідно до типу сталі, товщини стінки труби та заготовки і типорозміру стана ХПТР виведені формули залежності максимально можливої товщини стінки труби від товщини стінки заготовки відповідно. Залежності мають вид лінійних функцій від $\ln(T_{tr})$, тобто $a \cdot \ln(T_{tr}) + b$, де коефіцієнти a , b визначаються типом стана (8, 15, 30, 60). В результаті отримано залежність товщини стінки заготовки від товщини стінки готової труби для кожного типу стана ХПТР для нержавіючих сталей загального призначення:

$$t_{zag} = (0.0217 \cdot S_t + 0.661) \cdot \ln(T_{tr}) + (0.3657 \cdot \ln(S_t) + 1.1391). \quad (3)$$

Для розрахунку максимально допустимої подачі (m) проаналізовано залежності подачі від типу марки сталі, діаметру та товщини стінки труби [1-3]. По даним вимог технологічних інструкцій трубоволоочильних цехів побудовані графіки, які апроксимовані кривими тренда. Найкращу апроксимацію дали поліноміальні лінії, рівняння яких (рис. 3) використали при автоматизації розрахунків.

Це дає можливість автоматизувати розрахунок маршруту прокатки на станах ХПТР (див. рис. 3) по моделям (1-3 та лініям регресії для m) та використовувати отримані розраховані величини для обчислення продуктивності по маршруту.

Вхідні дані для розрахунків продуктивності станів ХПТР:

Коефіцієнт витяжки μ розраховується по маршруту:

Дані для різних станів ХПТР, які використовуються в програмі:

Для ХПТР 4-15: $n = 110$, $\mu_x = 1.06$, $L_{обж} = 170$ мм.

Для ХПТР 8-15: $n = 110$, $\mu_x = 1.06$, $L_{обж} = 170$ мм.

Для ХПТР 15-30: $n = 90$, $\mu_x = 1.055$, $L_{обж} = 170$ мм.

Для ХПТР 30-60: $n = 90$, $\mu_x = 1.032$, $L_{обж} = 210$ мм.

Для ХПТР 60-120: $n = 70$, $\mu_x = 1.02$, $L_{обж} = 250$ мм.

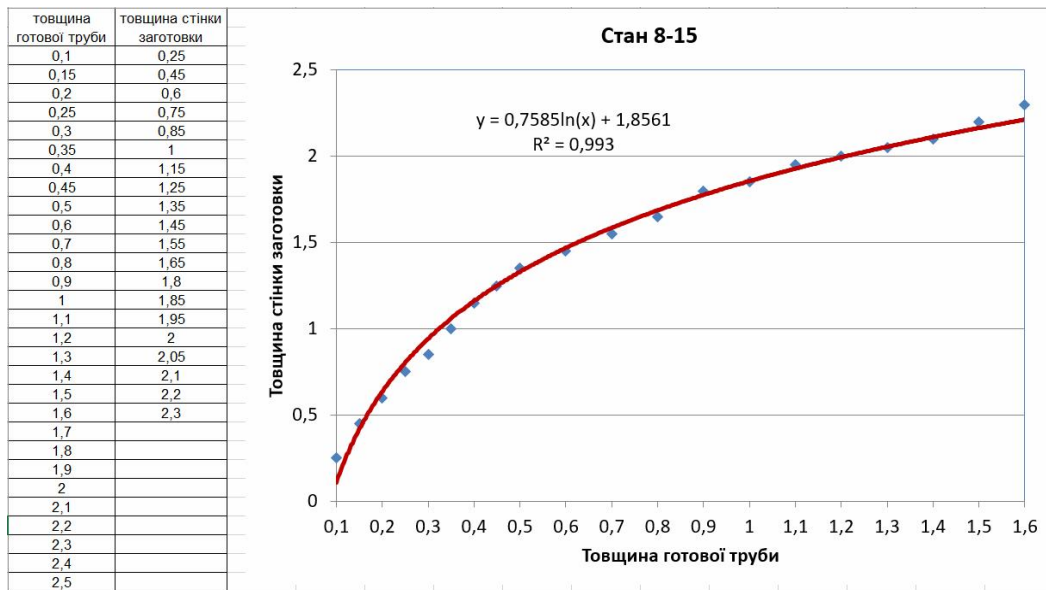


Рисунок 2 - Визначення залежностей для товщини стінки заготовки

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Розрахунок маршруту прокати	Тип прокату	Горизонталь	Додаток розрахунок				
2	Вихідні дані			Позначення				
3	Діаметр заготовки труби	D	10	Перевірка вихідних даних - стінки				
4	Товщина стінки заготовки труби	T	1,8	Перевірка вихідних даних - діаметр				
5	Проміжок між станами	8 8-15						
6	Розрахункові дані			Розрахунок				
7	Розрахунок максимально допустимого delta	Delta	2,2	2	DeltaD			
8	Розрахунок товщини стінки заготовки	T2	2,3901	T0				
9								
10	Діаметр заготовки	Dz=D+deltaD	12	=D*(1+CS)+0,661*sqrt(D)+0,3617*ln(CS)+1,1361				
11	Товщина стінки заготовки	Tz	2,39	=(Dz-D)*sqrt((Dz-D)^2)				
12								
13	Коефіцієнт виважки за прохід	mu	1,58	=1-DeltaD				
14								
15	Степінь деформації за прохід	k	0,35					
16								
17	Допустиме значення середньої часткової виважки на станах ХПТР	mu_s	1,05					
18	ctrok		1					
19	ctov		1					
20	Довжина ділянки обкатки	l_обк	170					
21								
22	Лінійне зменшення	mp	27,72					
23								
24	Подача	m	17,8					
25	Максимально допустиме подача	m_max	3	3	6,0	6,0		
26	Прийнятне значення подачи	m	3	3,0				
27								
28	Лінійне зменшення прийнятого	mp	4,7					

Рисунок 3 – Розрахунок маршруту прокати на стані ХПТР

Mmax в залежності від типу стана визначається по розрахунковій моделі (рис. 4). Приклад розрахунку відповідає маршруту 12x2,39 10x1,8мм, розрахунок якого наведений вище. В результаті

годинна продуктивність по маршруту дорівнює 26,9 м/год, річна продуктивність 70,5 т/рік (рис. 5).

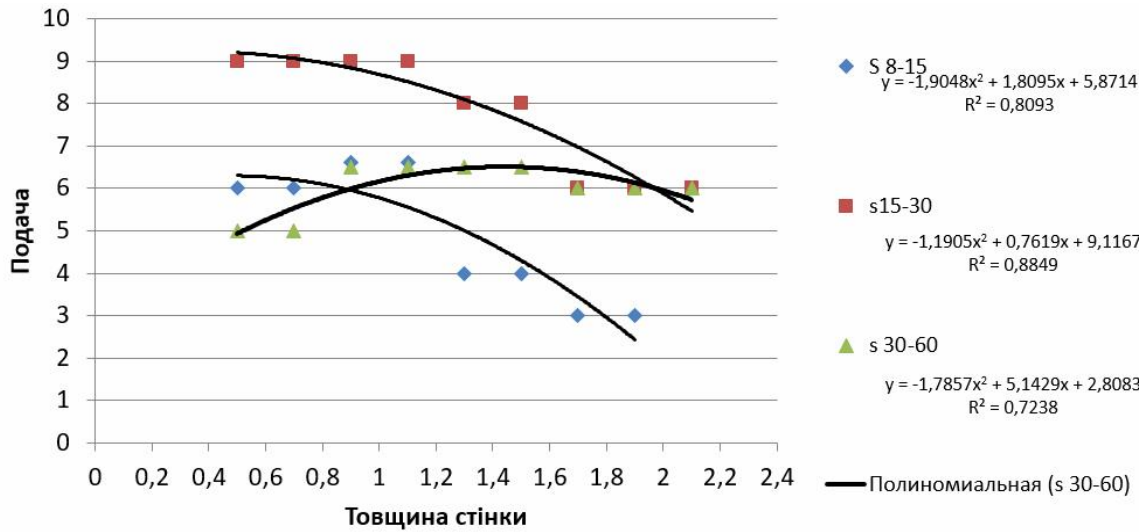


Рисунок 4 – Лінії регресії для обчислення максимально допустимої подачі для 1 групи сталей (нержавіючі загального призначення)

Аналогічний аналіз виконаний для різних груп сталей (нержавіючої різного призначення, вуглецевої та леговані), розроблені математичні моделі і розрахунки, які дають можливість проектувати маршрути прокатки на станах ХПТР для різного сортаменту продукції.

Розрахунок продуктивності станів ХПТР

Маршрут	Dz	Sz	D	S
	12	2,39	10	1,8

Тип стана	8-15
-----------	------

Продуктивність стана ХПТР розраховується за формулою:

$$P = \frac{k \cdot 60}{\left(\frac{1000}{m \cdot n}\right) + \left(\frac{T_p}{60 \cdot \mu \cdot L_0}\right)} \quad \text{м/гор*год} \quad P = 26,95 \quad \text{м/год}$$

$= (60 \cdot 0,87) / ((1000) / (E28 \cdot C17)) + ((D19) / (60 \cdot D23 \cdot D24))$

k-коефіцієнт використання стана

Річний фонд робочого часу	
$\Phi = (365 - C1 - C2 - C3) \cdot 24 \cdot (1 - \psi / 100)$	
C1-кількість святкових днів, C2-кількість днів планово-попереджувальних ремонтів, C3-кількість днів капітальних ремонтів	
C1=	11
C2=	12
C3=	0
Y-планові простой, %	12%
$\Phi =$	7206,624 год
Річна продуктивність, т/рік= Pгод.(т)·Φ 70,50806 т/рік	

Рисунок 5 – Фрагмент програми з методикою та розрахунком продуктивності

Висновки. Розроблені математичні моделі та програма розрахунку вирішує питання проектування маршрутів прокатки на станах ХПТ для різних груп сталей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Соловьева И.А. Разработка многовариантной технологии, исследование и внедрение рациональных режимов производства холоднодеформированных труб: дис. ... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1987.
2. Разработка алгоритмов и программного обеспечения расчета параметров производства холоднодеформированных труб прокаткой на станах ХПТР / В.Ф. Балакин, О.Н. Земляная, И.А. Соловьева, Ю.Н. Николаенко // X международная научно-техническая конф., «Пластичная деформация металлов», 19-23 мая 2014 р., м. Днепропетровск. – 2014. – Т. 2. – С. 215-218.
3. Проектування комбінованих маршрутів виробництва холоднодеформованих труб. В.Ф. Балакін, І.А. Соловйова, Ю.М. Николаенко, К.С. Білан // Системні технології. – 2017. – Вип. 4. –С. 56-62.