

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ДОВЖИНИ ПРОКАТУ В УМОВАХ СОРТОПРОКАТНОГО СТАНА

Зінченко М.Д. к.т.н., доцент, Потап О.Ю. к.т.н., доцент

*Національна металургійна академія України*

**Abstract.** It was fulfilled analysis of factors, which influence on the mill length. This is gauge of bar and gauge of cross-section finished section. It is developed mathematical model of rolling gauge formation for cross-section with complex form of cross-section, algorithm of mill length stabilization in conditions of simultaneous influence of bar gauge and gauge of cross-section finished section deviation in deformation in rolling stand. Modeling of mill length stabilization process, which is produced by changing of inter-rolling gap, has showed, that stabilization of mill length lead to destabilization of rolling thickness, but gauge of rolling thickness does not go out of limit borders. Mill length changing without regulation are  $\pm 1$  m, rolling thickness -  $\pm 0,1$  mm, with regulation – mill length changing  $\pm 0,3$ m, thickness -  $\pm 0,27$  mm.

**Ключові слова:** МОДЕЛЮВАННЯ, ДОВЖИНА ПРОКАТУ, ТОВЩИНА ПРОКАТУ, СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ДОВЖИНИ, ЗМІНЕННЯ МІЖВАЛКОВОГО ЗАЗОРУ.

**Вступ.** Технологічні фактори, що впливають на довжину прокату, можна розділити на дві групи. До першої належать коливання розмірів заготовки, до другої – фактори, що пов'язані з власне деформацією металу в клітках, і призводять до коливань розмірів поперечного перерізу прокату через пружну деформацію кліті.

Реальні коливання поперечних розмірів заготовки знаходяться в межах  $\pm 1$  мм, а довжина заготовки має розкид  $\pm 20$  мм [1].

В роботі [2] за результатами експерименту отримані статистичні залежності довжини готового прокату від температури розкату, розмірів заготовки та змінення міжвалкового зазору. Наведені рівняння регресії та коефіцієнти кореляції засвідчили наявність щільного зв'язку між цими параметрами та підтвердили можливість зниження розкиду довжини прокату шляхом цілеспрямованого коригування міжвалкового зазору.

В роботі [3] була запропонована модель формування довжини прокату зі складним поперечним перерізом, в основу якої покладено закон постійності об'єму, доведена її адекватність в умовах випадкових коливань розмірів перерізу і можливість застосування для моделювання роботи автоматизованої системи стабілізації довжини прокату.

Принцип автоматичного регулювання довжини прокату на виході багатоклітьового сортопрокатного стана [4] полягає у прогнозуванні з використанням винайденної у [2] моделі довжини  $L_r^{np}(i)$   $i$ -го розкату на виході чистової кліті за даними про виміряні температуру  $\Delta\theta(i)$  і довжину  $L_0(i)$  розкату на виході з передчистової кліті

$$L_r^{np}(i) = 3,7932 + 0,9584L_0(i) + 0,007\Delta\theta(i), \quad (1)$$

обчисленні відхилення прогнозованої довжини від заданої

$$\Delta L_r(i) = L_r^{np}(i) - L_r^* \quad (2)$$

і визначенні та подальшій реалізації потрібної корекції міжвалкового зазору

$$\Delta Z(i) = 0,347\Delta L_r(i). \quad (3)$$

**Основний матеріал.** Мета дослідження полягала у з'ясуванні можливості стабілізувати довжину складного сортового профілю шляхом коригування міжвалкового зазору в чистовій кліті сортопрокатного стана в умовах випадкових відхилень технологічних чинників, зі збереженням розмірів профілю в межах допуску.

Дослідження здійснювали шляхом комп'ютерного моделювання процесу формування довжини прокату при прокатці швелера 16П на середньосортному стані 550. Обчислення довжини  $L_r$  прокату на виході з чистової кліті здійснювали за формулою

$$L_r(i) = \frac{V_0(i)}{F_r(i)}, \quad (4)$$

де  $V_0(i)$  – об'єм  $i$ -ої заготовки, а  $F_r(i)$  – площа перерізу прокату на виході з чистової кліті.

Об'єм заготовки на вході до стана визначався як добуток випадкових значень її висоти  $h_0(i)$ , ширини  $b_0(i)$  та довжини  $l_0(i)$ ,

$$V_0(i) = h_0(i)b_0(i)l_0(i), \quad (5)$$

які підкоряються нормальному закону розподілення з параметрами, що визначені у [1].

Площу  $F_r(i)$  поперечного перерізу готового профілю визначали як суму площ його елементів, для чого профіль розбивали на окремі прості елементи: стінку та полки (рис. 1)

$$F_r(i) = F_s(i) + 2F_p(i). \quad (6)$$

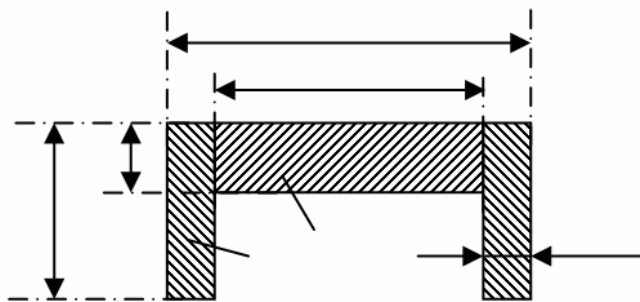


Рисунок 1 – Схема розбиття складного поперечного перерізу швелера на прості елементи

Такий підхід дозволяє точніше врахувати вплив коливань температури, зміни якої по-різному проявляються у зміні розмірів різних елементів профілю.

Для визначення вертикальних розмірів окремих елементів профілю з урахуванням відхилень температури прокату  $\Delta\theta(i)$  скористалися отриманими в [2] рівняннями регресії

$$h_s(i) = 5 + 0,9\Delta Z(i) - 0,0024\Delta\theta(i), \quad (7)$$

$$h_p(i) = 64 + \Delta Z(i) - 0,004\Delta\theta(i). \quad (8)$$

Оскільки експериментальні дослідження [2] визначили відсутність значимого зв'язку горизонтальних розмірів елементів профілю з температурою прокату, їхні значення при моделюванні обчислювались з урахуванням лише випадкових змінень за нормальним законом розподілення з середніми квадратичними відхиленнями  $\sigma(b_s)$

$$b_s(i) = 160 + 3Rand[\sigma(b_s)], \quad (9)$$

$$b_p(i) = 8 + 3Rand[\sigma(b_p)]. \quad (10)$$

Площі поперечного перерізу стінки та полки визначали за виразами

$$F_s(i) = h_s(i)b = h_s(i) \cdot [b_s(i) - 2b_p(i)], \quad (11)$$

$$F_p(i) = b_p(i) \cdot h_p(i). \quad (12)$$

Довжину  $L_0(i)$  розкату на виході з передчистої кліті під час моделювання визначали за формулами, що подібні до (4) – (12).

Результати моделювання при прокатці швелера 16П наведені на рис. 2 та в табл. 1, яка містить математичні очікування та середні квадратичні відхилення довжини і товщини прокату за наявності та за відсутності автоматичної стабілізації довжини.

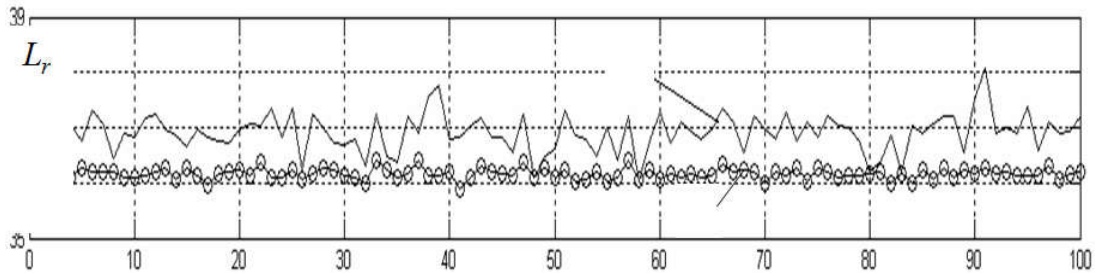


Рисунок 2 – Коливання довжини розкату при прокатці швелера 16П за відсутності (а) та за наявності (б) регулювання

Таблиця 1 – Імовірнісні характеристики параметрів швелера 16П за результатами моделювання процесу прокатки за відсутності регулювання та з регулюванням довжини

	$M(L_r), \text{м}$	$\sigma(L_r), \text{м}$	$M(h_s), \text{мм}$	$\sigma(h_s), \text{мм}$
Без регулювання	36,9	0,34	5,0	0,03
З регулюванням	36,2	0,09	5,2	0,09

**Висновок.** Аналіз результатів моделювання свідчить, що за відсутності регулювання розкид довжини прокату становить  $\pm 1$  м. При цьому товщина прокату залишається відносно стабільною ( $\pm 0,1$  мм), що обумовлено високою жорсткістю прокатної кліті. Цілеспрямовані змінення міжвалкового зазору в чистовій кліті забезпечують стабілізацію довжини прокату в діапазоні  $\pm 0,3$  м при одночасному збільшенні коливань товщини розкату в межах  $\pm 0,27$  мм. Проте, певна дестабілізація товщини розкату не виводить її за межі поля допусків.

### Література

1. Зинченко М.Д. Экспериментальное исследование процесса прокатки на блюминге 1050 и стане 800 метзавода им. Петровского // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2000. - № 4. – С. 40– 45.
2. Зинченко М.Д., Тартачный В.С. Экспериментальное исследование влияния параметров прокатки на длину раската // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2000. - № 8-9. – С. 212 – 213.
3. Зинченко М.Д. Модель формирования длины раската // *Системні технології*. – 2003. - № 1. – С. 69 – 81.
4. Патент України № 114014. Спосіб регулювання розмірів сортового прокату/ О.С. Бешта, В.М. Куваєв, М.Д. Зінченко, О.Ю. Потап та ін. – МПК В21В 37/70. Заявка № а201505712, Опубл. 10.04.2017, Бюл. №7.