

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-89>

USE OF SYSTEMS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CONTROLLING THE SHEET LEVELING MACHINE

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ЗІ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЛИСТОПРАВИЛЬНИМИ МАШИНАМИ

Kovalenko A.K.

*PhD Student,
Donbass State Engineering Academy,
Ternopil, Ukraine*

Коваленко А.К.

*аспірант,
Донбаська державна машинобудівна
академія, м. Тернопіль, Україна*

Sahaida P.I.

*DSc (Engineering),
Associate Professor, LLC "Technical
university "Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Сагайда П.І.

*д.т.н., доцент,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Розвиток металургії дає змогу для отримання сучасних міцних матеріалів зі значними значеннями межі плинності. Такі матеріали потребують попередню обробку у листопривільних машинах (ЛПМ) для отримання листового прокату з визначеними фізичними властивостями: площинність листа (у межах стандарту ДСТУ 8540:2015) та збільшення твердості на поверхнях листу. На ЛПМ, робота яких керується математичною моделлю процесу правки [1], конструкції ПрАТ НКМЗ для керування використовують систему автоматизації Simatic (людина-машинного інтерфейсу WinCC) розроблену фірмою Siemens AG для взаємодії зі своїми апаратними засобами автоматизації (датчики, периферійне обладнання, тощо) та для збору інформації виправленого прокату програмний комплекс IBA Analyzer. В систему автоматизації Simatic можна додати свої програмні блоки, так система дозволяє інтегрувати певні математичні моделі за допомогою підключення бібліотечних модулів написаних у вигляді зовнішніх dll-модулів (Dynamic Link Library). В якості методів моделювання правки листового металопрокату використовуються чисельні [2] і скінченно-елементні моделі [3] або їх комбінації [1, 4].

Метою даної роботи є забезпечення можливостей прогнозування налаштувань верхньої касети роликів ЛПМ (рис. 1) для зменшення вихідної кривизни листа за допомогою штучної нейронної мережі для

сучасних матеріалів з межею плинності понад 800 МПа та товщинами понад 20 мм. При вирішенні поставлених завдань в якості цільової функції була використана чисельна математична модель процесу правки [1, 4], а також її програмна реалізація, яка дозволяє визначати кривизну листа після правки в залежності від індивідуального налаштування роликів ЛПМ:

$$[W] = f(n, d, t, B, E, \chi_0, h, \sigma)$$

де $[W]$ – масив налаштувань верхньої касети роликів ЛПМ; n – кількість роликів в касеті; d – діаметр роликів; t – відстань між роликами одного ряду (верхнього або нижнього); B – ширина листа; E – модуль пружності матеріалу листа; χ_0 – початкова кривизна листа; h – товщина листа; σ – границя текучості матеріалу листа.

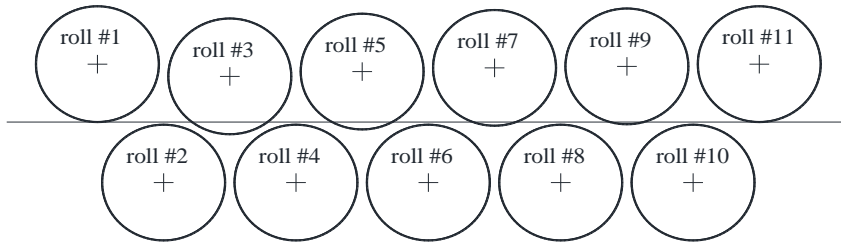


Рис. 1. Графічна інтерпретація розташування роликів в ЛПМ

На отриманих експериментальних даних від системи автоматизації Simatic та IBA Analyzer в пакеті для всебічного аналізу даних Statistica було побудовано штучну нейронну мережу для подальшого її інтеграції в систему автоматизованого керування ЛПМ, в якості вхідних параметрів використовуємо чисельна вхідні данні математичної моделі процесу правки. Пакет Statistica, на даних для навчання штучної нейронної мережі, запропонував штучну нейронну мережу з 10 нейронів вхідного слою, 10 прихованих шарів по 10 нейронів та на одного вихідного нейронна, який указує позиціонування другого ролика (roll #3, рис. 1) верхньої касети. Позиція одного другого ролика верхньої касети ЛПМ достатня оскільки всі ролики в касеті розташовуються за лінійним законом[1] і всі інші ролик розраховуються за формулою:

$$W(i)|_{i=5,7,9} = W(3) * (2 - i)$$

де $W(i)$ – позиція i -того ролика, i – номер ролика у касеті.

Для навчання було використано більше 10000 унікальних записів, враховуючи, що ЛПМ конструкції ПрАТ НКМЗ має варіативну

конфігурацію (кількість роликів у касеті та відстань між роликами одного ряду), а автоматизована система керування ЛПМ є уніфікована для всіх варіантів конфігурації ЛПМ тому і штучна нейронна мережа навчалася для всіх варіантів конфігурації ЛПМ.

Використання штучної нейронної мережі дає змогу отримати параметри налаштувань для сортamentів листів із межею плинності понад 800 МПа та товщинами понад 20 мм, для яких чисельна математична модель процесу правки не завжди дає адекватний результат через додаткові обмеження ЛПМ (максимальне зусилля правки по кожному ролику та загалом для верхньої касети роликів ЛПМ) та обмеження по часу на розрахунок (менше ніж 3 секунди).

Перелік використаних джерел

1. E.P. Gribkov, A.K. Kovalenko and S.S. Hurkovskaya “Research and simulation of the sheet leveling machine manufacturing capabilities”. *Int J Adv Manuf Technol* 120, 743–759 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08806-z>

2. J.-B. Lee and S.-S. Kang, “Numerical Modeling of Roller Leveler for Thick Plate Leveling,” *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, vol. 19, no. 3, pp. 425–430, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12541-018-0051-x>

3. N. Mathieu, R. Dimitriou, A. Parrico, M. Potier-Ferry and H. Zahrouni, “Flatness defects after bridge rolls: a numerical analysis of levelling,” *International Journal of Material Forming*, vol. 6, no. 2, pp. 255–266, 2011. <https://doi.org/10.1007/s12289-011-1083-2>

4. A. V. Barabash, E. Yu. Gavril’chenko, E. P. Gribkov and O. E. Markov, “Straightening of Sheet with Correction of Waviness,” *Steel in Translation*, vol. 44, no. 12, pp. 916–920, 2014. <https://doi.org/10.3103/S096709121412002X>