

УДК 621.771.23.024.2(658.012.011.56.004.14)

Г.Г. Грабовський, д-р техн. наук
ТОВ «Науково-виробниче підприємство КІА», м. Київ
В.Г. Кузьменко
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ПРОКАТУ

Приведены результаты исследования путей снижения себестоимости готового проката на толстолистовых станах и черновых группах клетей широкополосных прокатных станов горячей прокатки.

Results of research of ways of decrease in the cost price of ready hire on thickly sheet camps and draught groups of cages of broadband rolling mills hot proskating rinks are resulted.

Вступ

На сучасних прокатних станах задача економії енергоресурсів металу залишається актуальною. Однією із статей зниження собівартості прокатної продукції – це отримання розкату чи листа, максимально наближеного до прямокутної форми, з метою мінімізації бокової та торцевої обрізі.

Питанням зменшення обрізі присвячено багато статей та монографій, але одним з найкращих шляхів зниження обрізі є формування бокових кромок у чорновій чи чорнових клітках листових станів за допомогою вертикальних валків, а також запропонованого в Японії так званого MAS-методу [1], завдяки якому вдається мінімізувати торцеву та бокову обрізь.

Метою даної статті є опис електрогидравлічної системи керування для мінімізації обрізі, яка може бути використана на сучасних прокатних станах.

Викладення основного матеріалу дослідження

Реалізація MAS- методу пов'язана з необхідністю формування товщини розкату під час пропуску, що неможливо реалізувати в зв'язку з відсутністю на цих клітках такої можливості існуючими електромеханічними натискними механізмами, а обладнання традиційними електрогидравлічними натискними пристроями ускладнено чи в деяких випадках неможливо із-за необхідності серйозної реконструкції, що призводить до відповідних капітальних затрат.

Водночас мембранні механізми [2], які добре себе зарекомендували протягом 4 років експлуатації на існуючому стані 850 Кіровського металургійного заводу (Росія), мають наступні переваги: відсутні витоки, практично не реагують на перекося, мають невеликі габарити по висоті, що робить можливим установку їх на існуючих клітках з мінімальними переробками конструкцій (потребуються як правило невеликі роботи по фрезеруванню подушок нижніх чи верхніх опорних чи робочих валків). А в тих клітках, які обладнані месдозами, гідравлічні мембранні механізми можуть бути встановлені замість них. І функція знаходження зусилля прокатки може бути реалізована гідрокапсулою, що спрощує задачу вимірювання зусилля, так як месدوزи потребуються у періодичній атестації,

яка зв'язана з використанням тарифовочного пресового обладнання великої потужності, яке зазвичай відсутнє на металургійних підприємствах.

Керування формою листа в плані здійснюється різними способами у залежності від складу обладнання стана, яке в свою чергу визначається прокатним сортаментом по марках сталі та типорозмірах. Універсального рішення для всіх типів станів немає, проте аналіз схем прокатки товстих листів свідчить, що майже всі вони включають однотипні операції, які повторюються у різній послідовності: прокатка листів у кліті з вертикальними валками, декілька перших поздовжніх проходів — протяжка, поперечна прокатка для отримання заданої ширини розкату — розбивка ширини, прокатка до заданої товщини. Кожна з цих операцій впливає на формування або бокових кромок, або переднього та заднього кінців розкату, чи на те й інше водночас [3]. Рішення про застосування тієї чи іншої схеми або стратегії керування приймається на основі математичних моделей, які зокрема для MAS- методу, на жаль, відсутні. Тому задача даного дослідження полягає в отриманні цього математичного опису формозміни листа під час пропуску в горизонтальній кліті.

На рисунку 1 на прикладі двохклітьового реверсивного стана гарячої прокатки показано технологічну лінію, в якій гарячий сляб із методичних печей (1) та (2) надходить на рольганг (3), прямує до камери гідрозбиву окалини (4). Далі сляб надходить в універсальну кліть (5), де формується за допомогою горизонтальних та вертикальних валків форма листа в плані. Потім сляб через вимірювач ширини (6) подається в чистову кліть (7), де остаточно формується геометричні розміри прокату. Далі готовий розкат падає на лінію поперечної (8) та поздовжньої (9) різки для корекції форми листа.

Прокатка в універсальній кліті із застосуванням вертикальних валків характеризується вузькою зоною деформації. У цьому випадку розвивається значне приконтактне розширення, яке розподіляється нерівномірно як по висоті, так і по довжині розкату. При наступній прокатці в універсальній кліті з застосуванням горизонтальних валків воно призводить до інтенсивного додаткового розширення [4], а оскільки приконтактне розширення по середній

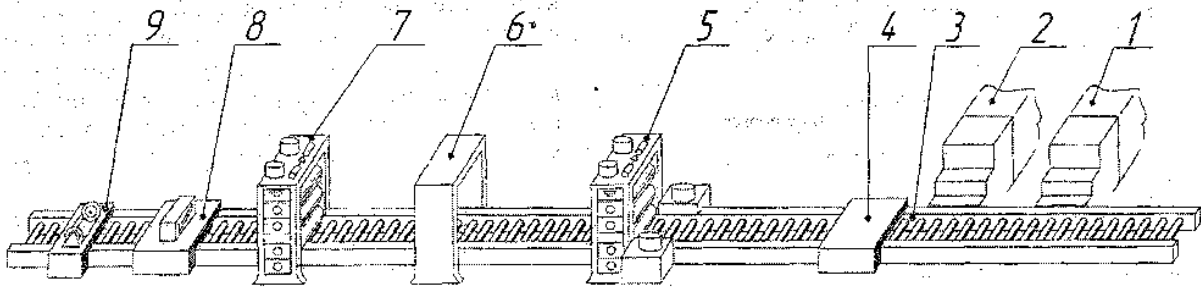


Рис.1. Технологічна лінія стана.

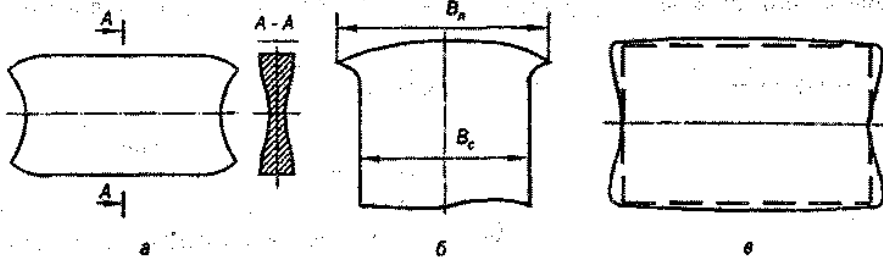


Рисунок 2 — Форми розкату.

(по довжині) частини розкату значно більше, ніж на кінцях, то розкат має звужені кінці. Характерну форму розкату прокатки в універсальній кліті із застосуванням вертикальних валків зображено на рисунку 2а [5].

При прокатці в універсальній кліті із застосуванням горизонтальних валків на формоутворення переднього кінця розкату впливає декілька факторів. Один з них – явище найменшого опору – полягає в тому, що метал при прокатці більш інтенсивно зміщується в напрямках найменшого опору. При цьому кінці розкату отримують вигляд подібне розширення, а форма переднього кінця отримується випуклою. Така форма переднього кінця розкату утворюється і при протяжці, і при розбивці ширини. Ще один фактор – нерівномірність деформації по ширині розкатів, викликаний непаралельністю утворюючих валків. Цей фактор зв'язаний з профілюванням, тепловим профілем, зносом та деформаціями валків. У випадку, коли профіль активної твірної валків випуклий, бочкоподібність переднього кінця розкату, викликана першим фактором, зростає, увігнута форма активної утворюючої валків зменшує бочкоподібність переднього кінця [4]. На рисунку 2б зображено форму переднього кінця після прокатки із застосуванням горизонтальних валків, а на рисунку 2в – форму розкату після розбивки ширини.

Наявність у чорновій універсальній кліті натискних приладів дозволяє змінювати товщину та ширину розкату в процесі прокатки (при протяжці та розбивці ширини), що в свою чергу дає можливість використати принцип MAS-прокатки [3, 6], який забезпечує шляхом профілювання розкату по товщині компенсацію спотворень бокових та торцевих кромки, що виникають при наступній витяжці до заданої товщини.

Зміна товщини $\delta h(x)$ в координатах x від торцевої грані, компенсуючи спотворення бокових кромки, знаходиться на основі залежності:

$$\delta h(x) = [T(x)ah_f]/b, \quad (1)$$

де: $T(x)$ – прогноз спотворення бокових кромки; h_f – кінцева товщина листа; a – коефіцієнт; b – ширина сляба.

Профілювання $\delta h(y)$ на етапі «розбивки ширини», яке компенсує спотворення торцевих кромки, аналогічна здійснюваній згідно з формулою (1) зі зміною $T(x)$ на $G(y)$ – очікуване спотворення торців та b на L – довжину сляба.

Процес формоутворення розкату в плані з попереднім профілюванням товщини показані на рисунках 3 та 4.



Рисунок 3 — Принцип MAS-прокатки для зменшення бокової обрізи: а – форма розкату в плані після розбивки ширини; б – після прокатки до кінцевої товщини.

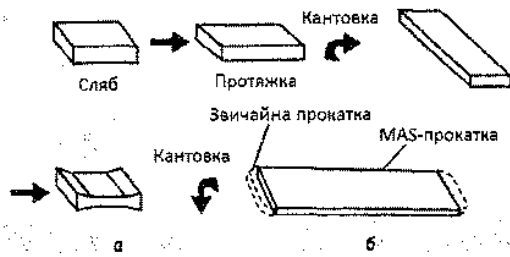


Рисунок 4 — Принцип MAS-прокатки для зменшення торцевої обрізи: а — профіль по товщині після розбивки ширини; б — форма розкату в плані після прокатки до кінцевої ширини.

У процесі автоматичного керування по розрахованому режиму обтиснень в універсальній кліті прогнозується форма розкату в плані. Для цього використовуються регресивні моделі типу [5]:

$$\begin{aligned} S_H &= f_1 \left(A_{sz}, \frac{h}{b}, R_H, \Delta h \right); \\ \delta_H &= f_2 \left(A_{0z}, \frac{h}{b}, R_H, \Delta h \right); \\ S_V &= f_3 \left(A_{1s}, \frac{h}{b}, R_V, \Delta b \right); \\ \delta_V &= f_4 \left(A_{10}, \frac{h}{b}, R_V, \Delta b \right); \end{aligned} \quad (2)$$

де: δ_H, δ_V - різноширинність кінців після обтиснення відповідно у горизонтальній та вертикальній кліті; $\delta = b_{cp} - (b_{pk} + b_{zk}) / 2$; b_{cp}, b_{pk}, b_{zk} - ширина переднього кінця розкату, ширина заднього кінця розкату, ширина середньої по довжині частини розкату; S_H, S_V - випуклість та ввігнутість торців розкату після обтиснення в горизонтальній та вертикальній кліті; l_{cp}, l_k - довжина розкату по його поздовжній осі та по краю; $A_{sz}, A_{0z}, A_{1s}, A_{10}$ - параметри, які харак-

теризують склад прокатуваного металу; $\Delta h, \Delta b$ - обтиснення по товщині та ширині; R_H, R_V - радіус робочих валків відповідно горизонтальної та вертикальної кліті.

Математичні моделі результуючої форми розкату в плані за цикл прокатки базуються на «суперпозиції» спотворень форми по пропускам та урахуванні умови витяжки кожного поздовжнього перетину при вході та виході металу з валків.

Форма бокової та торцевої грані розкату в координатах по довжині та ширині описується параболою, порядок якої залежить від співвідношення b/h .

Аналізуючи фактори деформації, а також беручи до уваги загальні дослідження зміни формоутворення слябу [7] у середовищі Simulink пакету MatLAB було побудовано модель спотворення форми слябу по товщині для зменшення торцевої обрізи, яка є аналогічною і для спотворення форми слябу по ширині для зменшення бокової обрізи. На рисунку 5 показано модель спотворення форми слябу, до структури якої входять наступні блоки: блоки логіки (1,4), перетворювачі сигналів (2,5), дисплеї (3, 13, 15,17), блоки заданих функцій (7, 8, 9, 11, 12, 13, 16), блок коефіцієнта подовження (6), блок кінцевої ширини (10), блок кінцевої товщини (14), блок початкової довжини (18).

Керування натискними механізмами здійснюється за допомогою електрогідравлічної системи керування, структурну схему якої показано на рисунку 6. На схемі представлено датчики положення гідронатискного механізму (ГНМ), датчики положення мембранного натискного механізму (МНМ), датчик положення валків, датчик температури, датчик ширини, датчик швидкості та датчик зусилля, сигнали від них надходять до контролера, де перетворюються та оброблюються і надходять до керуючої розрахункової машини (УВМ), далі після розрахунку необхідного керівного впливу по вказаних моделях сигнали передаються на відповідні механізми: електромеханічний натискний механізм (ЕМНМ), блок керування насосною станцією (НС), блоки керування гідравлікою (БКГ), а також на ГНМ та МНМ. Також на схемі показано монітор,

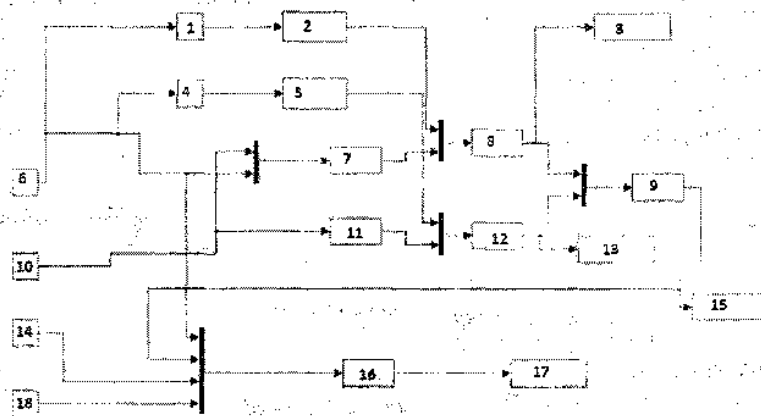


Рисунок 5 — Математична модель спотворення форми слябу в середовищі Simulink.

Функціональна схема керування універсальною кліттю

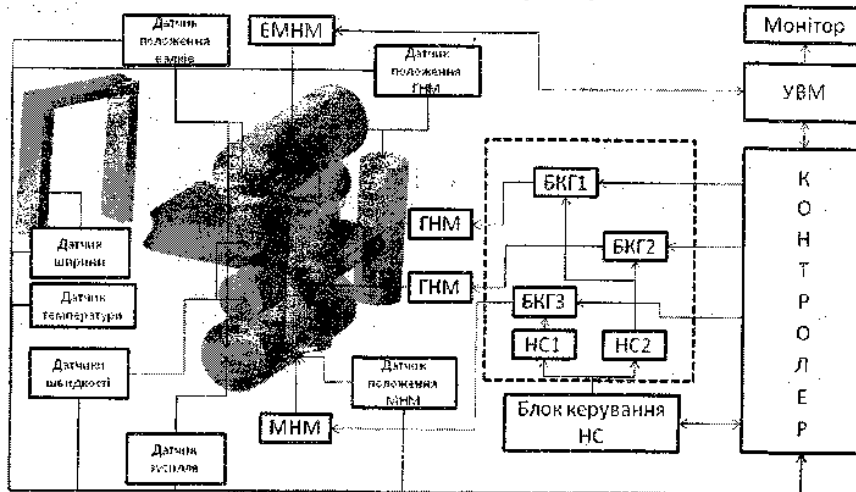


Рисунок 6 — Структурна схема електрогідравлічної системи керування.

на якому відображаються як поточні параметри, так і команди керування.

Висновки.

У результаті експериментів показано, що загальна економія металу складає приблизно 3—4%. Отже, розглянуті методи та моделі є перспективними для практичного використання як в Україні, так і країнах СНД.

ЛІТЕРАТУРА

1. Миязакі, Ю., Като, М. Управление толстолистовым прокатным станом полностью от вычислительной машины. Структура системы управления толстолистовым станом на заводе OUTA // Nippon Steel Technical Report, №12, Decemder 1979, №14. — P. 120—137.
2. Патент 45025 України. Виконавчий механізм гідравлічного натискного пристрою кліті прокатного стану / Ю.Б. Беляєв, Г.Г. Грабовський, Ю.В. Орлавський та ін. — Бюл. 3—2002.
3. Коновалов, Ю.В., Носов, В.Г., Фурман, Ю.В. та ін. Оптимальные режимы обжатия в вертикальных вальках толстолистовых станом // Черная металлургия: Бюл. НТИ. — 1981. — №16. — С. 59—60.

4. Бровман, М.Я., Зеличенко, Б.Ю., Герцев, А.И. Усовершенствование технологии прокатки толстых листов. — М.: Металлургия, 1969. — 256 с.

5. Иевлев, М.Г., Грабовский, Г.Г. Математические модели и алгоритмы управления в АСУ ТП толстолистовых прокатных станом — К.: Техника, 2001. — 248 с.

6. Архангельский, В.И., Твардовский, В.П., Бычков, С.М., Грабовский, Г.Г. Автоматизация технологических процессов прокатки на толстолистовых станом // Автоматизация металлургического производства. Обзорная информация. — 1986. — Вид. 4. — 32 с.

7. Zhu Fu-wen, Hu Xian-lei, Zhao Zhong, Liu Xiang-hua. Analysis of Process Control Model of Plate MAS Rolling // Journal of Iron and Steel Research, International, 2010, 17(4): p. 31—33.

8. Беляев, Ю.Б., Грабовский, Г.Г., Грязнов, Б.А., Налимов, Ю.С. Перспективы использования высокоточных позиционных силовых гидравлических механизмов типа «Мембранная коробка» // Промислова гідравліка і пневматика. — 2004. — №2. — С. 60—62.

9. Декларативний винахід 2003043344 України. Виконавчий механізм гідравлічного натискного пристрою кліті прокатного стану / Г.Г. Грабовський, Ю.Б. Беляєв, Ю.В. Орлавський Ю.В. та ін. — Бюл. 12. — 2003.

Надійшла 31.08.2011 р.