

Бондаренко Ю. В.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ПРОКАТКИ НА БЛЮМІНГУ

Розроблено алгоритм для розрахунків раціональних режимів обтиснень під час прокатки на блюмінгу. Встановлено, що даний алгоритм моделює процес прокатки на блюмінгу та дозволяє обрати схему прокатки, обумовленою маркою сталі, умовами захвату і числом проходів. Алгоритм розраховує режим обтиснень відповідно до прийнятих схем кантування.

Ключові слова: обтискний стан, блюмінг, міцність, пластичність, кантування, кут захвату, обтиск.

1. Вступ

Сучасний блюмінг є потужним обтискним станом. Він призначений для прокатки великих зливків від 7 до 20 т у блюми плоского перерізу. Зі блюмів на станах готової продукції одержують лист. Від рівня продуктивності блюмінга залежить забезпеченість прокатних станів напівпродуктом і, отже, обсяг їхнього виробництва. Одним з головних факторів, що визначають показники роботи блюмінга, є режим прокатки, що включає режим обтиснень і режим швидкостей робочої кліті, зокрема вирішальний вплив на продуктивність робить, в основному, режим обтиснень [1, 2].

Зважаючи на великий розвиток сортового виробництва на блюмінгу, актуальним завданням для отримання високої продуктивності, з підвищеними показниками якості металопродукції, є вибір раціонального режиму прокатки за допомогою розроблення алгоритмів визначення мінімальної кількості проходів та розрахунку режимів обтискання за проходами.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

З попередніх наукових досліджень [3, 4] відомо, що збільшення обтиснень приводить до скорочення числа проходів і, відтак, до підвищення продуктивності. Значний ефект у цьому напрямку дає скорочення кількості кантувань. Обробка хронометражних даних показала, що на блюмінгах середня тривалість кантування приблизно вдвічі більша за машинний час одного проходів.

Таким чином, ліквідація одного кантування рівноцінна скороченню кількості проходів на два.

Однак, ні величина обтиснень, ні кількість кантувань не можуть прийматися довільно, тому що вони визначаються цілою низкою факторів [5]. Основними з них є:

1. Умови захвату зливка валками, що обмежують величину припустимого обтиску за відомим виразом:

$$\Delta h = D_K (1 - \cos \alpha). \quad (1)$$

2. Умови стійкого процесу прокатки, чим забезпечується відсутність пробуксовок валків та звалювання розкату в процесі прокатки.

3. Потужність привода блюмінга.

4. Міцність деталей робочої кліті (валки, станини, натискні пристрої і ін.).

5. Пластичність металу.

Оцінимо значення кожного фактора під час розрахунку режиму обтиснень.

Для перевірки потужності двигуна потрібно визначити не тільки максимальну потужність за прохід (максимальний обертальний момент), але і середню квадратичну потужність, що встановлюється за всі проходи, тобто необхідно мати попередній режим обтиснень під час прокатки того чи іншого зливка.

З іншого боку, міцність валків, як правило, цілком задовольняє умовам режиму обтиснень, при середніх припусках кутів захвату в межах 24–26°.

Таким чином, розрахунок режиму обтиснень раціонально проводити за одним з визначальних факторів, а саме за припустимим кутом захвату. Отриманий попередній режим обтиснень варто корегувати з урахуванням потужності двигуна, міцності валків, забезпечення стійкості смуги у калібрі, одержання необхідних кінцевих розмірів блюма.

Стосовно пластичності металу, то у розрахунок попереднього режиму обтиснень цей фактор враховується вибором відповідного кута захвату і числа кантувань [6].

Звідси випливає, що режим обтиснень на блюмінгу пов'язаний з розрахунком різноманітних варіантів, які доцільно проводити на електронній обчислювальній машині.

3. Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — алгоритм визначення мінімальної кількості проходів та розрахунку режимів обтискання за проходами.

Метою роботи є створення раціональних режимів прокатки на блюмінгу за допомогою алгоритмів визначення мінімальної кількості проходів та розрахунку режимів обтискання за проходами.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- розрахувати мінімально необхідне число проходів;
- розрахувати оптимальний режим обтиснень на блюмінгу;
- отримати із заданого зливка, блюм необхідних розмірів.

Завдання з розрахунку попереднього режиму обтиснень при прокатці на блюмінгу сформульовано в такий спосіб:

1. Дано розміри зливка $H_0 \times B_0$ (уздовж великого перерізу).
2. Дано діаметр валків блюмінга D_0 .
3. Дано марку сталі M , що визначає відповідний кут захвата:
 - для м'яких сталей $\alpha = 26^\circ = 0,454$ рад;
 - для середніх сталей $\alpha = 25^\circ = 0,436$ рад;
 - для твердих сталей $\alpha = 24^\circ = 0,419$ рад.
4. Дано розміри блюма, на які необхідно вийти в результаті прокатки $h_n \times b_n$.

4. Методика дослідження раціональних режимів прокатки на блюмінгу

Відповідно до методики, викладеної у роботі О. П. Чекмарьова, М. С. Мутьєва, Р. А. Машковцева [7] виконується розрахунок допоміжних величин:

1. Сумарний обтиск по одній стороні:

$$\sum \Delta h_h = (h_0 - h_n) + 0,15(b_0 - b_n). \quad (2)$$

2. Сумарний обтиск по іншій стороні:

$$\sum \Delta h_b = (b_0 - b_n) + 0,15(h_0 - h_n). \quad (3)$$

3. Середній діаметр катання:

$$D_{kcp} = 0,9D_0 - h_{kcp}. \quad (4)$$

4. Середнє обтискання за прохід:

$$\Delta h_{cp} = D_{kcp}(1 - \cos \alpha). \quad (5)$$

Наступний етап – установлення сумарного числа проходів n . Для цього визначається число проходів по одній стороні:

$$n_b = \frac{\sum \Delta h_b}{\Delta h_{cp}}. \quad (6)$$

Отримані значення n_k і n_b округляються так, щоб їхня сума була непарним числом, а різниця числа проходів між однією та іншою стороною дорівнювала 1. За знайденим числом проходів $n = n_h + n_b$ корегують обтиснення:

$$\Delta h_h = \frac{\sum \Delta h_h}{n_h}; \quad \Delta h_b = \frac{\sum \Delta h_b}{n_b}. \quad (7)$$

Отримані обтиснення округляються до числа кратного 5.

Залежно від вирахованого числа проходів i , відповідно, до марки сталі, що прокатується, обирають схему

прокатування, тобто крім числа проходів визначають також число кантувань. На основі аналізу всіх можливих кантувань віднаходять оптимальні кантування відповідно до марки сталі, яка прокатується, кута захвату і числа проходів [8].

5. Результати дослідження раціональних режимів прокатки на блюмінгу

Маючи розроблену вище методику розрахунку режиму обтиснень на блюмінгу, можна перейти до складання структурної схеми алгоритму (рис. 1). Структурна схема алгоритму починається із блоку введення початкових даних. Сюди входять величини дані в постановці задачі:

$$D_0, h_0 \times b_0, h_n \times b_n, i, \alpha.$$

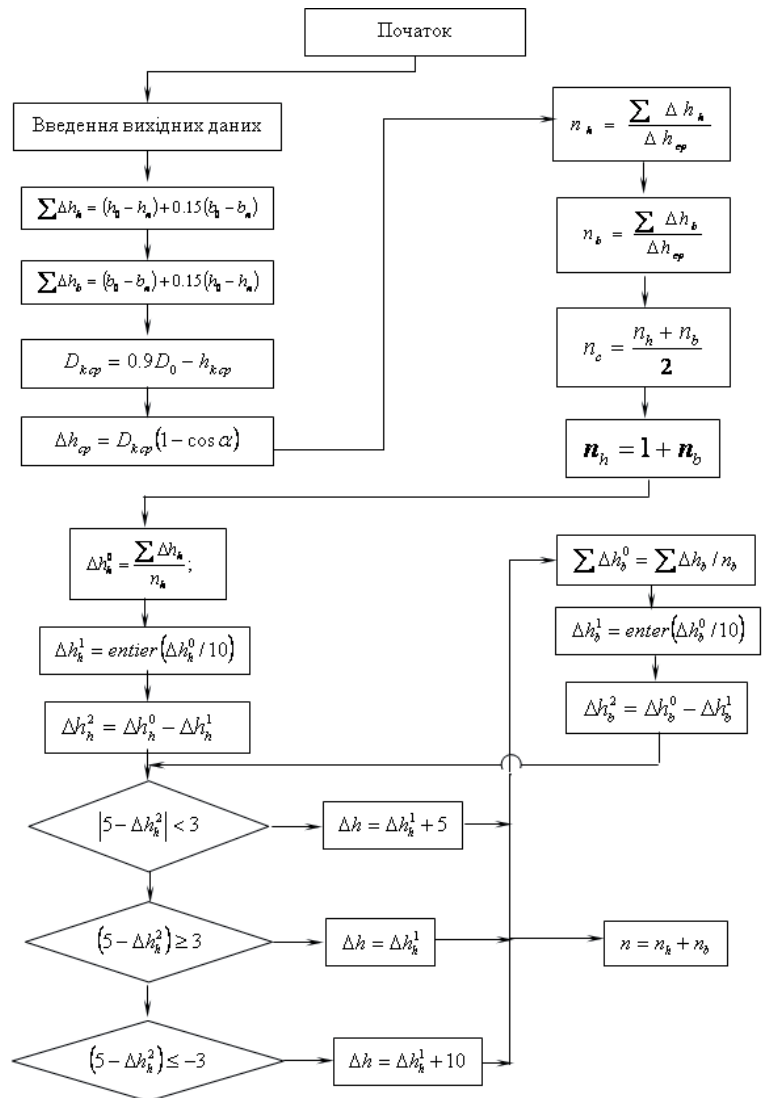


Рис. 1. Блок-схема для визначення мінімальної кількості проходів

Допоміжні величини:

$$\sum \Delta h_h, \sum \Delta h_b, h_{kcp}, D_{kcp}, \Delta h_{cp},$$

визначаються за допомогою простих алгебраїчних операцій за наведених формулах (2–6). Результат розрахунку за формулами зберігається через оператор присвоювання. У структурній схемі алгоритму – це блоки 2–6. У блоках 7, 8 за допомогою оператора присвоювання встановлюється число проходів по кожній зі сторін n_k і n_b . На сумарне число проходів накладаються наступні обмеження [9]:

а) $n = 2k + 1$, тобто за будь-яких значень отриманих величин n_k і n_b величина n повинна бути непарною;

б) різниця $n_h - n_b = 1$.

Для визначення сумарного числа проходів n і остаточного визначення величин n_k і n_b застосовуємо наступний алгоритм.

Отримані в блоках 7 і 8 величини n_k і n_b є раціональними числами, тобто вони можуть бути як цілими, так і дробовими; крім того, у сумі можуть давати парне число.

Виходячи із практичного досвіду [10], вводимо додаткову величину:

$$n_c = \frac{n_h + n_b}{2}. \tag{8}$$

Далі величину отриману за формулою (8) округляють у менший бік, тобто просто відкидають дробову частину. Отримане число приймають за кількість проходів по одній стороні – блок 10, тоді число проходів по іншій стороні приймають на 1 більше – блок 11.

Математично це положення запишеться так:

$$n_b = E(n_c); n_h = E(n_c + 1). \tag{9}$$

Слід зазначити, що сторона з більшим сумарним обтисненням позначена через h , з меншим сумарним обтисненням – через b .

За отриманим числом проходів корегуємо обтиснення:

$$\Delta h_h = \sum \Delta h_h / n_h, \tag{10}$$

$$\Delta h_b = \sum \Delta h_b / n_b. \tag{11}$$

Наведений набір блоків 12–23 відображає алгоритм округлення до числа кратного 5 величин обтиснення Δh_h й Δh_b , отриманих у блоках 12 і 21 за формулою (10–11). Сумарне число проходів присвоюється величині n у блоці 24.

На рис. 2 представлено алгоритм, що моделює розрахунок режиму обтиснень за проходками відповідно до прийнятої схеми прокатки.

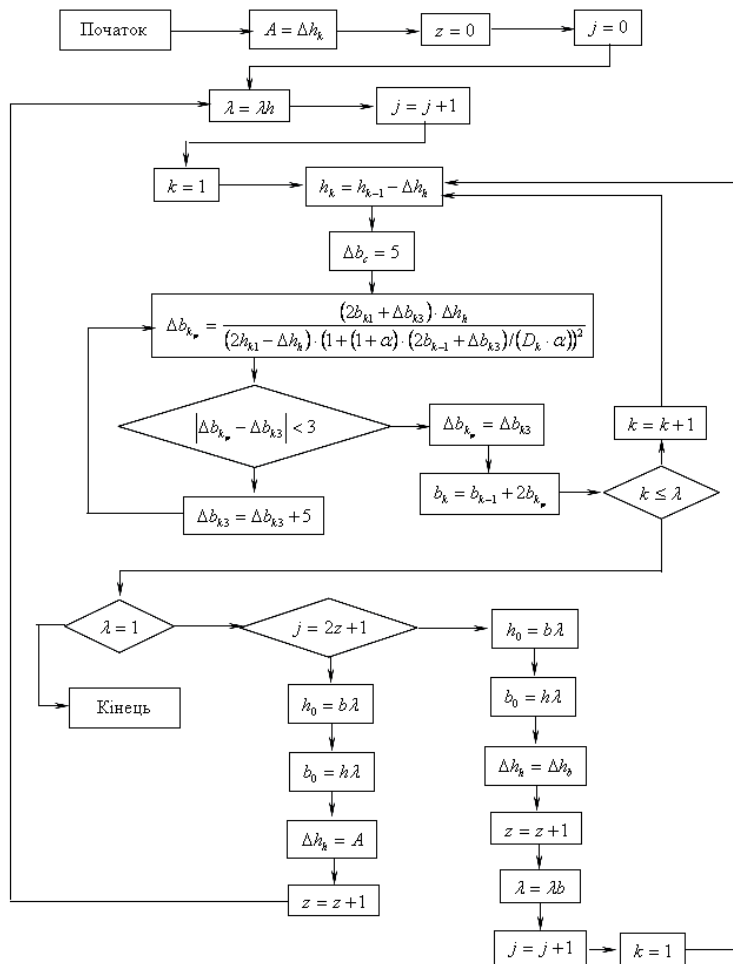


Рис. 2. Блок-схема з розрахунку режимів обтискання за проходками

6. Обговорення результатів дослідження раціональних режимів прокатки на блюмінгу

В табл. 1 наведені режими прокатки на блюмінгу, розроблені за допомогою алгоритму розрахунку режиму деформації, які можуть використовуватись при розрахунку раціональних режимів обтисків [7]. Кантування в табл. 1 показано знаком «×».

Таблиця 1

Основні схеми прокатки на блюмінгу

Схе- ма про- катки	Калібри					За- гал- льне число прохо- дів
	I	II	III	IV	V	
1	1,2 × 3,4,5,6	× 7,8,9,10	× 11	—	—	11
2	1,2,3,4,5,6	× 7,8,9,10	× 11	—	—	11
3	1,2 × 3,4,5,6,7,8	× 9,10,11,12	× 13	—	—	13
4	1,2,3,4 × 5,6,7,8	× 9,10,11,12	× 13	—	—	13
5	1,2,3,4	× 5,6,7,8	× 9,10	× 11	—	11
6	1,2 × 3,4,5,6	× 7,8,9,10	× 11,12	× 13	—	13
7	1,2,3,4,5,6	× 7,8,9,10	× 11,12	× 13	—	13
8	1,2 × 3,4,5,6,7,8	× 9,10,11,12	× 13,14	× 15	—	15
9	1,2,3,4 × 5,6,7,8	× 9,10,11,12	× 13,14	× 15	—	15
10	1,2 × 3,4,5,6	× 7,8,9,10	× 11,12	× 13,14	× 15	15
11	1,2,3,4,5,6	× 7,8,9,10	× 11,12	× 13,14	× 15	15
12	1,2 × 3,4,5,6,7,8	× 9,10,11,12	× 13,14	× 15,16	× 17	17
13	1,2,3,4 × 5,6,7,8	× 9,10,11,12	× 13,14	× 15,16	× 17	17

З табл. 1 можемо побачити, що в калібрі I, зазвичай, виконується 6 або 8 проходів, при цьому після перших двох проходів роблять кантування. Для м'якої сталі на практиці прокатують в калібрі I з кантуванням після шістьох проходів. В калібрі II зазвичай виконується чотири проходи; у випадку переповнення калібру можна зробити кантування після двох проходів.

Випускними є калібри III, IV, V в залежності від кінцевого перерізу блюма. Чим менший переріз блюма, тим більше число проходів необхідно виконати під час прокатки. Якщо в калібрах III та IV отримують очікуваний переріз, то в цих калібрах, зазвичай, виконуються два проходи і перед подачею у наступний калібр роблять кантування. Загальне число проходів знаходиться від 9 до 17.

7. Висновки

В результаті проведених досліджень:

1. Розроблено алгоритм для розрахунків раціональних режимів обтисень у прокатці на алюмінію.
2. Алгоритм моделює процес прокатки на алюмінію і дозволяє вибирати схему прокатки, що обумовлюється маркою сталі, умовами і числом проходів; він розраховує режим обтисень відповідно до прийнятої схеми кантування.
3. Методика розрахунку раціональних режимів обтисень у прокатці на алюмінію із застосуванням розробленого алгоритму знайде свій подальший розвиток і вдосконалення у науково-дослідних роботах, проектах та ін. Дана методика може виявитися корисною під час виконання великого обсягу розрахунків у розробленні технології прокатки на алюмінію.

Література

1. Николаев, В. А. Обжимное и сортовое производство [Текст]: метод. пос. для студ. / В. А. Николаев. — Запорожье: ЗГИА, 2008. — 178 с.
2. Грудев, А. П. Технология прокатного производства [Текст]: учебник для вузов / А. П. Грудев, Л. Ф. Машкин, М. Е. Ханнин. — М.: Арт-Бизнес-Центр, 1994. — 65 с.
3. Kazushi, B. Development of Computer Control Techniques for Tandem Mill with Grooved Rolls [Text] / B. Kazushi, F. Takashi, A. Kazuo // Kawasaki Steel Technical Report. — 1987. — № 16. — P. 21–30.
4. Komori, K. Simulation of deformation and temperature in multi-pass caliber rolling [Text] / K. Komori // Journal of Materials Processing Technology. — 1997. — Vol. 71, № 2. — P. 329–336. doi:10.1016/s0924-0136(97)00094-0

5. Василев, Я. Д. Теорія поздовжньої прокатки [Текст]: підручник / Я. Д. Василев, О. А. Мінаєв. — Донецьк: УНІТЕХ, 2009. — 488 с.
6. Durcik, R. Simulation of push-bench process in manufacturing of seamless tubes [Electronic resource] / R. Durcik, L. Parilak // In 21th International Conference on Metallurgy and Materials (Metal-2012), 23–25 May 2012, Brno, Czech Republic, EU. — Available at: \www/ URL: http://metal2012.tanger.cz/files/proceedings/02/reports/482.pdf
7. Чекмарев, А. П. Калибровка прокатных валков [Текст]: учебник / А. П. Чекмарев, М. С. Мутьев, Р. А. Машковцев. — М.: Металлургия, 1971. — 512 с.
8. Kazunuri, S. Analysis of Long Steel Product Rolling by Rigid-plastic Finite Element Method [Text] / S. Kazunuri, I. Shiniji, H. Shin-ya, Y. Keriji, H. Shuichi, A. Matsuo // Nippon steel technical report. — 1995. — № 67. — P. 29–35.
9. Glowacki, M. The mathematical modelling of thermo-mechanical processing of steel during multi-pass shape rolling [Text] / M. Glowacki // Journal of Materials Processing Technology. — 2005. — Vol. 168, № 2. — P. 336–343. doi:10.1016/j.jmatprotec.2004.12.007
10. Capece Minutolo, F. Dimensional Analysis in Steel Rod Rolling for Different Types of Grooves [Text] / F. Capece Minutolo, M. Durante, F. Lambiase, A. Langella // Journal of Materials Engineering and Performance. — 2005. — Vol. 14, № 3. — P. 373–377. doi:10.1361/01599490523913

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПРОКАТКИ НА АЛЮМИНИИ

Разработан алгоритм для расчетов оптимальных режимов обжатия при прокатке на алюминии. Установлено, что данный алгоритм моделирует процесс прокатки на алюминии и позволяет выбрать схему прокатки, обусловленной маркой стали, условиями захвата и числом проходів. Алгоритм рассчитывает режим обжатия в соответствии с принятыми схемами кантовки.

Ключевые слова: обжимной стан, алюминий, прочность, пластичность, кантовка, угол захвата, обжатие.

Бондаренко Юлія Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра обробки металів тиском, Запорізька державна інженерна академія, Україна, e-mail: bond.1984@mail.ru.

Бондаренко Юлія Владимировна, кандидат технических наук, доцент, кафедра обработки металлов давлением, Запорожская государственная инженерная академия, Украина.

Bondarenko Jylyia, Zaporozhye State Engineering Academy, Ukraine, e-mail: bond.1984@mail.ru