

УДК 681.669

А.М. Мінтус

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ МЕТАЛА ПО СЕКЦІЯХ ДЛЯ ДИНАМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЗОНОЮ ВТОРИННОГО ОХОЛОДЖЕННЯ МАШИН НЕПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТОВОК

У статті розглядається алгоритм визначення середньої швидкості руху неперервно литої заготовки для динамічного управління витратами охолоджувача у зонах вторинного охолодження машин неперервного лиття заготовок. Запропонований алгоритм покликаний допомогти звести до мінімуму негативний вплив перехідних процесів на температурний профіль неперервно литої заготовки і підвищити її якість.

Ключові слова: зона вторинного охолодження, динамічне управління, середня швидкість руху

Вступ

Система вторинного охолодження істотно впливає на процеси формування неперервно литої заготовки. Вона повинна забезпечувати раціональний розподіл температури уздовж технологічної осі машини неперервного лиття заготовок (МНЛЗ) і бездефектне формування неперервно литої заготовки при її кристалізації. Система управління зоною вторинного охолодження (ЗВО) передбачує роботу в ручному, пропорційному швидкісному і динамічному режимах. Ручний режим призначений для оперативного втручання технологічного персоналу для зміни витрат охолоджувача в будь-якій окремо взятій секції при збереженні автоматичного управління іншими в разі виникнення нештатних ситуацій, а також при підготовці МНЛЗ до розливання. Пропорційний швидкісний режим управління в даний час є найбільш поширеним і базується на табличних даних зміни витрати охолоджувача в залежності від швидкості розливання. При цьому зміна витрат охолоджувача відбувається разом в усіх секціях ЗВО одночасно зі зміною реальної швидкості розливання. Технологічна база табличних даних або керуючих рівнянь складається для всього сортаменту продукції, що розливається, з урахуванням розмірних факторів, хімічного складу і температур стали. Швидкісний режим управління дозволяє досить точно підтримувати необхідний температурний профіль при стаціонарному режимі розливання. Але при неперервному розливанні перехідні режими (зміна швидкості) є невід'ємною частиною технологічного процесу і в таких випадках можуть з'являються переохоложені або перегріті ділянки заготовок, що пов'язане з одночасною зміною витрат охолоджувача в усіх секціях. В кінцевому підсумку це негативно впливає на якість продукції. Динамічний режим управління покликаний звести до мінімуму негативний вплив перехідних процесів на температурний профіль неперервно литої заго-

товки і підвищити її якість. Для підтримки оптимальних умов охолодження зливка витрати води по секціях ЗВО необхідно змінювати не миттєво, а протягом певного проміжку часу. Цей проміжок залежить від напрямку та величини зміна швидкості розливання, а також від довжини шляху від меніску металу в кристалізаторі до секції. Існують різні алгоритми динамічної системи управління, але базовим параметром для всіх алгоритмів є контроль за так званою середньою швидкістю різних перетинів заготовки уздовж технологічної осі і монотонна зміна витрат води по кожній із секцій окремо відповідно до значень середньої швидкості. В роботі розглянемо один з можливих алгоритмів визначення середньої швидкості по окремих секціях ЗВО.

Основна частина

Початкові дані надані у табл. 1

Таблиця 1

Довжина секцій зони вторинного охолодження

ЗОНА	Длина, мм	ЗОНА	Длина, мм
Кристалізатор	$l_{кр}$	Кристалізатор	$l_{кр}$
№ 1	l_1	№ 4	l_4
№ 2	l_2	№ 5	l_5
№ 3	l_3	№ 6	l_6

1. Розподіл секцій ЗВО на ділянки

Середня швидкість руху металу оцінюється в середині секції ЗВО. Для того, щоб при початку розливання визначити дану швидкість для кожної секції, необхідно відстань від початку секції до її середини поділити на цілу кількість ділянок довжиною Δl_s (s - номер секції ЗВО), як це наведено на рис. 1. Виходячи з вищевказаного, розбивку секцій ЗВО можна здійснити за допомогою формули:

$$\Delta l_s = l_s / (2n_s),$$

де l_s – довжина s-ої секції ЗВО; Δl_s – довжина ділянки; n_s – ціле число ділянок, яке вибирається для кожної s-ої секції індивідуально.

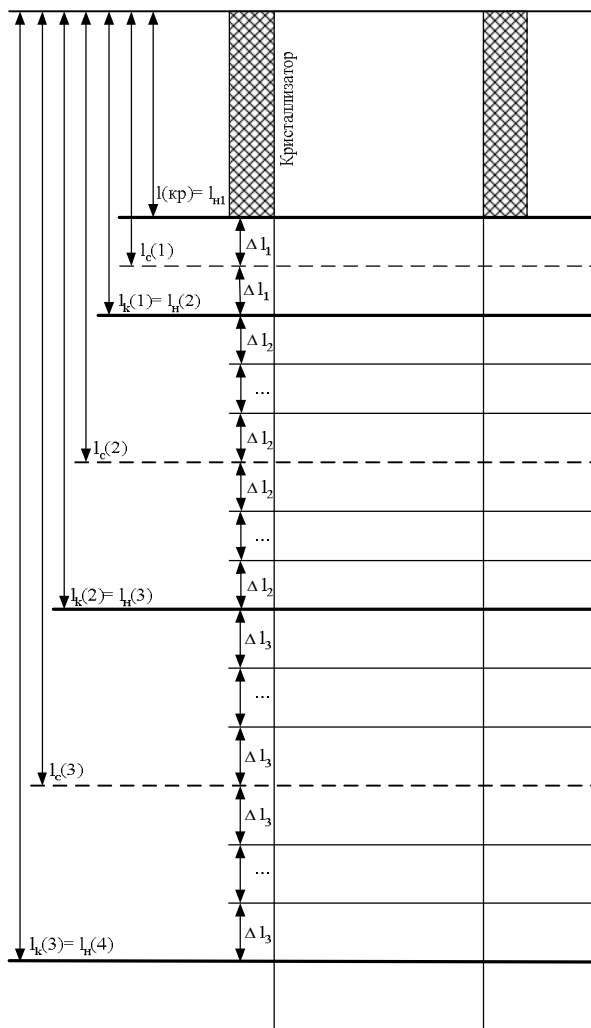


Рис. 1. Схема розміщення ділянок секцій ЗВО

2. Розрахунок середньої швидкості розливання для кожної секції ЗВО

2.1 Попередні розрахунки

Перед початком розливання задаємося усередненою швидкістю v_{cp} , відповідно до якої попередньо будуть сформовані витрати води в усіх секціях ЗВО.

2.2 Початок розливання.

2.2.1 Перехід з кристалізатора в першу секцію

Після включення механізму витягування зливка починається стеження за переміщенням зливка, тобто розраховується (фіксується) загальна довжина переміщення торця зливка L . Також фіксується загальний час після початку розливання T і час проходження зливком ділянок секцій Δt_s (в даному випадку кристалізатора).

З цього моменту, на кожному циклі опитування переміщення, перевіряємо виконання умови $L \geq l_{(кр)}$.

Як тільки переміщення зливка досягло величини довжини кристалізатора $L \geq l_{(кр)}$, починається

формування середньої швидкості для першої секції ЗВО. Формування проводиться відповідно до часу проходження зливком Δt_s поточної ділянки секції Δl_s . Час Δt_s при переході з кристалізатора в першу секцію дорівнює часу проходження зливком відстані $l_{(кр)}$.

З урахуванням дискретизації опитування датчика переміщення (швидкості) розраховуємо час проходження зливком кристалізатора за формулою:

$$t_s = t_{кр} = T - \frac{L - l_{(кр)}}{v_{MT}}, \quad (1)$$

де v_{MT} – миттєвизначення швидкості, яке зафіксоване за останній такт до дії.

Для розрахунку усередненої швидкості для першої секції скористаємося формулою:

$$v_{cp}(1) = \frac{l_s}{t_s}, \quad (2)$$

де $l_s = l_{(кр)} = l_n(1)$ – відстань від меніска металу в кристалізаторі до кінця ділянки зони, що пройдена торцем зливка, якщо він не дійшов до середини секції;

$t_s = t_{кр}$ – час переміщення торця зливка від меніска до початку першої зони (виходу з кристалізатора) $l_{(кр)} = l_n(1)$, який розрахований з урахуванням дискретизації.

Таким чином, розрахувавши середню швидкість для першої секції $v_{cp}(1)$ задаємо витрату води в цій секції. Для всіх інших секцій витрата води залишаються поки незмінними.

2.2.2 Розрахунок середньої швидкості з урахуванням переміщення зливка (зливком не дійшов до середини секції ЗВО)

Після того, як зливком досяг початку першої секції, тобто виповнилася умова $L \geq l_{(кр)}$, на кожному циклі опитування датчика переміщення починаємо оцінювати становище початку зливка щодо середини першої секції зони вторинного охолодження $L \geq l_c(1)$.

Якщо умова не виконується, тобто злиток не досяг середини першої секції, то необхідно відстежувати переміщення торця зливка на відстань рівну ділянці першої секції Δl_1 . Після того як зливком, за показаннями датчика, переміститься на відстань Δl_1 , необхідно також визначити час переміщення зливка по секції на дану відстань. Визначаємо час Δt_{timer} проходження зливком ділянки секції за показниками таймера.

Далі, визначаємо помилку в переміщенні, викликану дискретністю опитування датчика переміщення:

$$\Delta L = L - l_s - \Delta l_1, \quad (3)$$

де l_s – відстань від меніска до останнього кінця ділянки зони пройденого торцем злитка;

L – загальна довжина переміщення торця злитка

Δl_1 – довжина ділянки першої секції,

$$\Delta t_1 = \Delta t_{\text{timer}} - \frac{\Delta L}{v_{\text{MT}}}, \quad (4)$$

де v_{MT} – миттєве значення швидкості розливання, яке зафіксоване за останній такт до дії;

Δt_{timer} – час за який злиток пройшов відстань, причому

$$\Delta t_{\text{timer}} \geq \Delta l_1;$$

ΔL – відстань, на яку злиток перевищив задане значення переміщення.

З урахуванням отриманої величини Δt_1 розраховуємо час від початку розливання до моменту перетину торцем зливка відповідної ділянки зони:

$$\Delta t(s) = \Delta t(1) = \Delta t(1) + \Delta t_1. \quad (5)$$

Далі розраховуємо усереднену швидкість для першої секції з огляду на зміну часу $\Delta t(1)$ переміщення зливка і відстані Δl_1 пройденого ним:

$$v_{\text{cp}}(s) = \frac{l_s}{\Delta t(s)}, \quad (6)$$

де $l_s = l_s + \Delta l_1$ – відстань, яка пройдена торцем зливка;

Потім, після коректування швидкості і чергового переміщення зливка на відстань Δl_1 , повертаємося до перевірки умови досягнення торцем зливка середини першої секції $L \geq l_c(1)$.

Таким чином, цикл повторюється до тих пір, поки не виконається умова досягнення зливком середини секції.

2.2.3 Розрахунок середньої швидкості з урахуванням переміщення зливка (злиток дійшов до середини секції ЗВО)

Після того як початок злитка досяг середини секції $L \geq l_c(s)$, середню швидкість розраховуємо за формулою:

$$v_{\text{cp}}(1) = \frac{l_s}{\Delta t(s)}, \quad (7)$$

де $l_s = l_c(1)$ – відстань від меніска металу до середини секції;

$\Delta t(s)$ - час проходження торця зливка від меніска до середини відповідної зони.

Розрахунок часу $\Delta t(s)$ - проводиться за формулами (3) – (5).

2.2.4 Розрахунок середньої швидкості з урахуванням переміщення зливка (злиток пройшов середину секції ЗВО)

Після перетину торцем середини секції ЗВО $L > l_c(s)$, при кожному переміщенні зливка на відстань Δl_s ділянки секції фіксується час проходження цієї ділянки Δt_{s_timer} та виконується перерахунок середньої швидкості.

Так як розрахунок середньої швидкості виконується для середини в секції ЗВО, то подальше переміщення торця злитка по цій секції не впливає на значення l_s . Після досягнення зливком середини секції це значення буде завжди розраховуватися за такою формулою:

$$l_s = l_c(s). \quad (8)$$

У свою чергу значення часу $\Delta t(s)$ проходження зливком від меніска до середини секції, буде змінюватися при зміні швидкості розливання. Для коригування часу проходження зливком даної ділянки, визначимо проміжок часу, за який злиток пройде відстань Δl_s , рухаючись зі швидкістю $v_{\text{cp}}(s)$:

$$\Delta t^* = \frac{\Delta l_s}{v_{\text{cp}}(s)}, \quad (9)$$

де $v_{\text{cp}}(s)$ – середня швидкість, яка розрахована раніше.

Далі, визначимо різницю між фактичним часом Δt_{s_timer} проходження злитком відстані Δl_s і розрахованим за формулою (9):

$$\Delta t^{**} = \Delta t_{s_timer} - \Delta t^* \quad (10)$$

Після зміни значення часу

$$\Delta t(s) = \Delta t(s) + \Delta t^{**}, \quad (11)$$

розраховуємо середнє значення швидкості для відповідної секції ЗВО за виразом:

$$v_{\text{cp}}(s) = \frac{l_c(s)}{\Delta t(s)}$$

Після коригування усередненої швидкості розливання цикл алгоритму повторюється.

2.2.4 Вихід переднього торця зливка з останньої секції

Після того як початок зливка пройде середину останньої секції ЗВО, будуть розраховані середні швидкості для всіх секцій. Таким чином, в подальшому, до закінчення розливання, крок переміщення зливка можна прийняти фіксованим, враховуючи зауваження, які наведені в пункті 1. Надалі розрахунок середньої швидкості зводиться до розрахунку, описаного в пункті 2.2.3.

Результати моделювання процесу наведені на рис. 2 та 3.

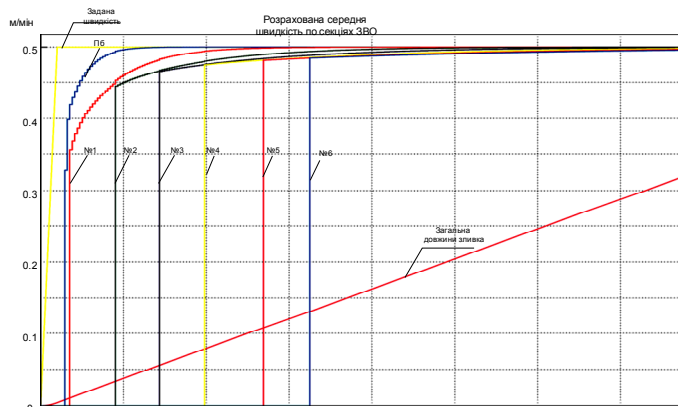


Рис. 2. Результати моделювання розрахунку усередненої швидкості в секціях ЗВО (Початок розливання)

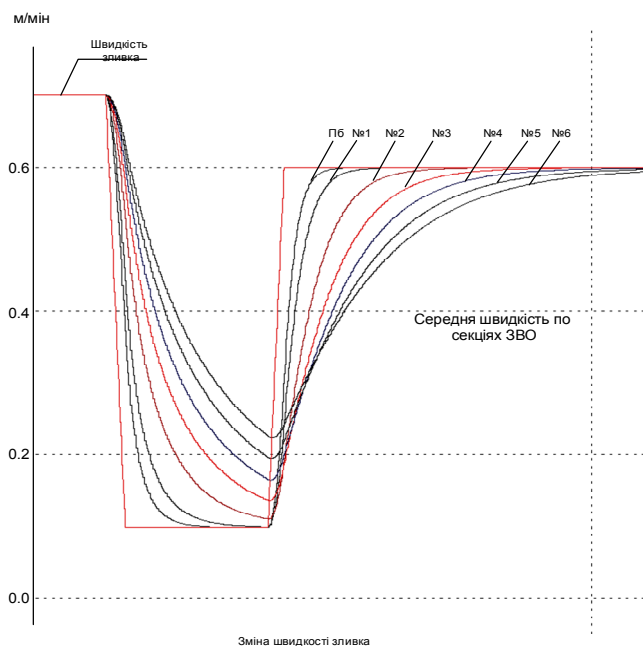


Рис. 3. Результати моделювання розрахунку середньої швидкості по секціях ЗВО (зміна швидкості в процесі розливання)

Висновки

Запропонований алгоритм формування середньої швидкості по секціях зони вторинного охолодження забезпечує у перехідних режимах плавну та монотонну її зміну в залежності від віддаленості секції від меніску металу у кристалізаторі.

Використання розрахованих за запропонованим алгоритмом середніх значень швидкостей по секціях дозволяє сформувати оптимальні значення витрат охолоджувача, особливо у перехідних режимах, що позитивно відзначається на якісних показниках готової продукції.

Список літератури

1. Целесообразность динамического управления зоной вторичного охлаждения / А.Н. Минтус, А.Ю. Цупрун, Д.А. Денисенко, В.Ю. Мариничев // *Наукові праці Донецького НТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика».* – 2007. – Вип. 7(128). – С. 91-94.

2. Смирнов А.Н. Некоторые аспекты организации производства в условиях современного микро-завода / А.Н. Смирнов, А.Ю. Цупрун, Е.В. Штепан, Е.В. Новикова // *МЕТАЛЛ И ЛИТЬЕ УКРАИНЫ.* – 2009. – № 1-2. – С. 16-20

Надійшла до редколегії 28.02.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Державний університет телекомунікацій, Київ.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ МЕТАЛЛА ПО СЕКЦИЯМ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗОНОЙ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

А.Н. Минтус

В статье рассматривается алгоритм определения средней скорости движения непрерывно литой заготовки для динамического управления расходами охладителя в зонах вторичного охлаждения машин непрерывного литья заготовок. Предложенный алгоритм призван помочь свести к минимуму негативное влияние переходных процессов на температурный профиль непрерывно литой заготовки и повысить ее качество.

Ключевые слова: зона вторичного охлаждения, динамическое управление, средняя скорость движения.

AVERAGE METAL MOVEMENT SPEED THROUGHOUT SECTIONS DETERMINATION ALGORITHM FOR CONTINUOUS CASTING MACHINE SECONDARY COOLING ZONE DYNAMIC CONTROL

A.M. Mintus

The article discusses determining algorithm of continuously cast billets average movement speed for dynamic control of cooler expenditure in continuous casting machines secondary cooling zones. The proposed algorithm is designed to help minimize transient negative impact on continuously cast billets temperature profile and improve its quality.

Keywords: secondary cooling zone, dynamic control, average movement speed.