УДК 621.771.2 **doi: 10.20998/2078-774X.2020.01.04**

О. Р. ПЕРЕСЬОЛКОВ, О. В. КРУГЛЯКОВА

ДЕЯКІ СПОСОБИ ЗМІНИ СТРУКТУРИ КРАПЕЛЬНОГО ПОТОКУ ПРИ ДИСПЕРГУВАННІ ВОДИ ПЛОСКОСТРУМЕННИМИ ФОРСУНКАМИ

Розглядається можливість управління структурою крапельного потоку при використанні плоскофакельних струменевих форсунок з формою зони зрошення поверхні у вигляді еліпса стосовно металургії. Розглянуто результати експериментальних досліджень різних варіантів зміни структури потоку: водо-повітряного диспергування води при внутрішньому сумішоутворюванні в форсунці, взаємному перетині крапельних потоків двох форсунок і трансформації крапельного потоку, який проходить крізь металеву сітку. Наведені дослідження сприяють оптимізації теплової підготовки валків.

Ключові слова: металургія, злитки, прокат, валки, охолодження, плоскофакельна струменева форсунка, управління структурою крапельного потоку

А. Р. ПЕРЕСЕЛКОВ, О. В. КРУГЛЯКОВА

НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ КАПЕЛЬНОГО ПОТОКА ПРИ ДИСПЕРГИРОВАНИИ ВОДЫ ПЛОСКОСТРУЙНЫМИ ФОРСУНКАМИ

Рассматривается возможность управления структурой капельного потока при использовании плоскофакельных струйных форсунок с формой зоны орошения поверхности в виде эллипса применительно к металлургии. Рассмотрены результаты экспериментальных исследований различных вариантов изменения структуры потока: водо-воздушного диспергирования воды при внутреннем смесеобразовании в форсунке, взаимном пересечении капельных потоков двух форсунок и трансформации капельного потока, проходящего через металлическую сетку. Приведенные исследования способствуют оптимизации тепловой подготовки валков.

Ключевые слова: металлургия, слитки, прокат, валки, охлаждение, плоскофакельная струйная форсунка, управление структурой капельного потока

A. PERESELKOV, O. KRUGLYAKOVA

SOME METHODS OF A CHANGE IN THE TRICKLE FLOW STRUCTURE DURING THE WATER DISPERSION BY FLAT-PLATE JET NOZZLES

Consideration is given to the possibility of the control of the structure of the trickle flow by using flat-plate jet nozzles for the elliptic shape of the surface of the spray zone. This research paper gives consideration to the data of experimental investigations of the water-air dispersed water during the internal mixture formation in the flat-plate nozzle as applied to the cooling of the ingot between the rollers in continuous steel casting machines. In this case, the water flow rate per nozzle and the water concentration can be reduced ten times. As a result, the ingot cooling intensity is reduced and the probability of the crack nucleation on the ingot surface is decreased. This research paper gives also the data of the experimental research carried out for a more efficient use of flat-plate nozzles when cooling the casting roller before its polishing and when heating it before charging the mill stand. It was shown that the intercrossing of trickle flows produced by two flat-plate jet nozzles arranged at an angle relative to each other results in the four-time increase in the spray zone surface area and the surface spray density is reduced two times. The analogous problem was solved using the kinetic energy of the disintegrating water film and the drops after these leave the flat-plate nozzle for the additional splitting when passing through the metal gauze. It turned out that the spray zone was increased threefold and the surface spray density was decreased two times. The trickle flow structure control options in question with the use of flat-plate nozzles contribute to the improved quality of the ingots, decreased water consumption, reduced number of the nozzles and their simplified arrangement on the collectors.

Key words: metallurgy, ingots, rolled metal, rollers, cooling, flat-plate jet nozzle, trickle flow structure control.

Вступ

На металургійних заводах в прокатному виробництві при охолодженні листа й смуги для подачі диспергованої рідини на охолоджувану поверхню успішно використовуються плоскофакельні струменеві форсунки. Форма факела в них забезпечується конструкцією форсунки та її сопла. У форсунки є циліндровий підвідний канал, що закінчується півсферою, яка профрезерована дисковою фрезою трикутного профілю з утворенням вихідного отвору сочевидної форми. Розрахунок геометричних параметрів плоскофакельних струменевих форсунок для їх виготовлення розглянуто в роботі [1]. При подачі рідини такими форсунками пляма зрошення поверхні має форму еліпса, а епюра густини зрошення – куполоподібну форму [2]. Плоскофакельні форсунки при відповідному їх компонуванні з перекриттям зон зрошення успішно забезпечують інтенсивне охолодження рухомої поверхні прокату шляхом досить рівномірного її зрошення потоком крапель [3]. Великі розміри вихідного отвору форсунки сприяють її високій експлуатаційній надійності.

Плоскофакельні форсунки з успіхом застосовуються при робочому тепловому профілюванні бочки валка в процесі прокатки. При цьому забезпечується висока інтенсивність охолодження поверхні в зонах надходження крапельної рідини, а при відключенні деяких форсунок – розігрів поверхні.

Плоскофакельні форсунки також можуть застосовуватися в зоні вторинного охолодження злитків установок безперервного розливання сталі.

© О. Р. Пересьолков, О. В. Круглякова, 2020

Однак при їх використанні в зоні інтенсивного охолодження злитка подача диспергованої води між роликами призводить до інтенсивного локального зйому тепла й значним перепадам температур [4], що, в свою чергу, сприяє виникненню тріщиноутворювання на поверхні злитка.

На перший погляд, природним вирішенням цієї проблеми могло б стати зменшення густини зрошення, що знижує інтенсивність охолодження. Але для плоскоструменеві форсунок це не вдається реалізувати, навіть якщо зменшувати їх прохідні отвори, до того ж, при цьому знижується їх експлуатаційна надійність. Таким чином, становить інтерес відпрацювання такого способу диспергування води, при якому можливе істотне зниження густини зрошення охолоджуваної поверхні і, відповідно, зменшення інтенсивності теплозйому.

Завдання збільшення зони зрошення кожного сопла при зниженні локальних питомих витрат крапельної рідини на оброблювану поверхню виникає при охолодженні прокатного валка перед шліфуванням, а також при нагріванні валка гарячою водою з метою теплового профілювання його бочки перед завалкою в прокатний стан. Необхідна інтенсивність теплообміну в даному випадку може бути забезпечена малою густиною зрошення.

Як показали дослідження [5], при розрахунку зміни температури в тілі бочки валка в сполученій задачі теплообміну визначальним фактором є теплопровідність матеріалу, а не значення коефіцієнта тепловіддачі α на його поверхні. Так, при значеннях $\alpha > 2$ кВт/(м^2·К), що відповідає густині зрошення до 2 мм/с, збільшення інтенсивності тепловіддачі за рахунок підвищення питомої витрати рідини не є доцільним. Надлишок води, що надходить на поверхню, є баластовим, тому що не сприяє швидкості охолодження або прогрівання бочки валка. Однак з метою економії води, як і раніше, актуальним завданням залишається організація рівномірного зрошення поверхні валка з мінімально необхідною густиною зрошення крапельної рідиною.

Мета роботи

Стосовно до розглянутих умов подачі диспергованої води на зрошувальну поверхню становить інтерес експериментальне дослідження деяких конструктивних і режимних варіантів використання плоскофакельних форсунок. При цьому необхідно забезпечити їх незасмічування (тобто експлуатаційну надійність), велику площу плями зрошення при невеликій питомій витраті крапельної рідини, зменшення витрати води і, тим самим, зменшення числа форсунок, що, в свою чергу, спрощує їх розміщення на колекторах.

Опис й аналіз результатів експериментальних досліджень

Експериментально досліджувалися три варіанти вирішення поставленого завдання.

Варіант 1. Використання водо-повітряного диспергування з використанням стисненого повітря для утворення суміші всередині плоскоструменевої форсунки.

При охолодженні злитка в установці безперервного розливання сталі шляхом подачі диспергованої води між роликами бажано знижувати інтенсивність локального теплозйому, щоб зменшити перепади температур й обмежити ймовірність утворення тріщин на поверхні злитка.

Зменшення інтенсивності локального теплозйому однозначно передбачає зниження густини зрошення охолоджуваної високотемпературної поверхні [3]. Технічне вирішення цього завдання можливе при реалізації водо-повітряного диспергування води плоскофакельнимі форсунками [6].

Оскільки питомий об’єм повітря в 1000 разів більше, ніж у води, в результаті внутрішнього сумішоутворення води й повітря заповнення вихідного отвору форсунки не водою (як у рідинній плоскоструменевій форсунки), а водо-повітряною сумішшю призводить до зменшення більш ніж в 10 разів витрати води на форсунку навіть при масовій витраті повітря близько 10 % від витрати води. Для порівняння, при пневматичному диспергуванні води витрата стисненого повітря на порядок вище [7], що є дуже енергозатратним й економічно недоцільним в даній ситуації.

Конструкція водо-повітряної форсунки, що використовується в експериментах, показана на рис. 1. До форсунки надходить вода та стиснене повітря й відбувається внутрішнє сумішоутворення. На виході водо-повітряного потоку з сопла форсунки створюються сприятливі умови для диспергування води. В результаті утворюється більш об'ємний факел крапельного потоку. При цьому витрата води на порядок нижче в порівнянні з такою ж плоскофакельной струменевою форсункою. Параметри факела, що продукується водо-повітряної форсункою, залежать від співвідношення масових витрат повітря й води.

Досліджувалася плоскоструменева водо-повітряна форсунка з такими геометричними розмірами: радіус сфери всередині форсунки R = 10 мм; розміри великої й малої осі вихідного отвору форсунки a = 6,5 мм; b = 16,5 мм; кут поперечного каналу, що профезерований дисковою фрезою трикутного профілю, $\beta = 30°$.

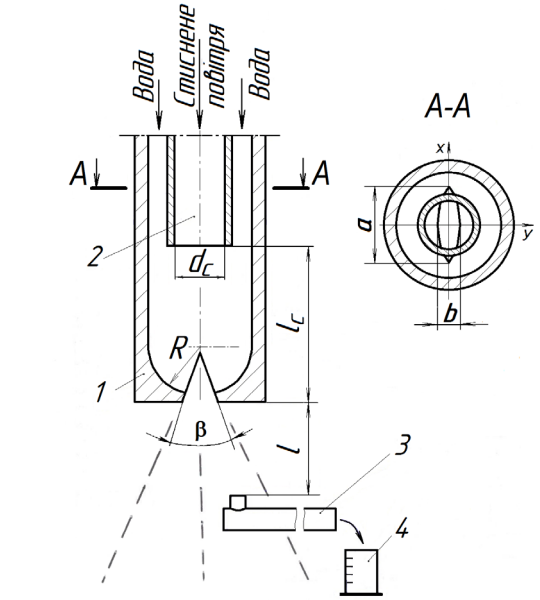

Рис. 1 – Конструкція плоскофакельної струменевої й водо-повітряної форсунок й схема вимірювання густини зрошення: *1* – плоскоструменева форсунка (при роботі без подачі повітря); *2* – трубка для подачі стисненого повітря й утворення водо-повітряної суміші; *3* – відбірник крапель, що встановлюється координатником в задану точку факела форсунки; *4* – мірна ємність

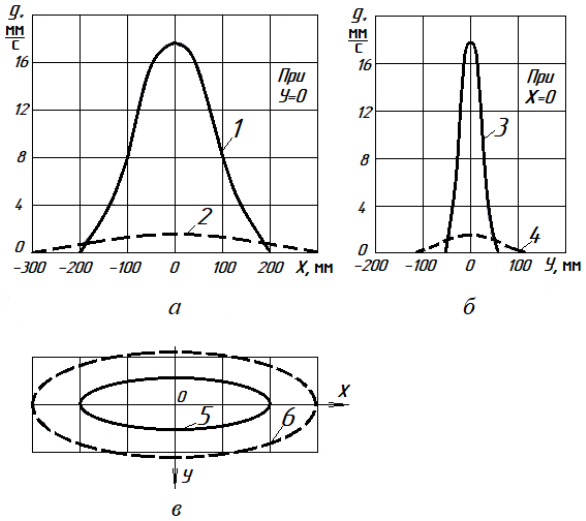

Рис. 2 – Порівняння структур крапельних потоків, що продукуються плоскоструменевою й водо-повітряної форсунками: *а* – епюри питомої витрати крапельної рідини в перетинах факелів форсунок уздовж осі *x* на відстані l = 0,4 мм від сопла; *б* – те ж – уздовж осі *y*; *в* – форма плями зрошення на відстані l = 0,4 мм від сопла; *1*, *3*, *5* – при диспергуванні води плоскофакельною струменевою форсункою; *2*, *4*, *6* – при водо-повітряному диспергуванні (d_c = 12 мм; l_c = 30 мм; $\Delta P_в$ = 0,1 МПа $G_в$ = 300 кг/год, $G_п$ = 29,7 кг/год; $G_п/G_в$ = 9,9 %)

Інші геометричні, а також режимні параметри роботи форсунки варіювалися в таких межах: діаметр трубки для подачі стисненого повітря d_c = 5–12 мм; глибина занурення повітряного сопла l_c = 10–60 мм; співвідношення масових витрат повітря і води ε = 3,2–21 %; тиск води $\Delta P_в$ = 0,1 МПа, витрата води $G_в$ = 150 та 300 кг/год, тиск стисненого повітря $\Delta P_п$ до 0,25 МПа.

Завданням експериментів було визначення локального значення питомої витрати води в крапельному потоці. Для цього використовувалася відбірна трубка, яка переміщується координатником уздовж осей *x* та *y*, з відведенням води в мірну ємність за час вимірювання. Загальна кількість дослідів склала 39.

Як видно, використання водо-повітряного диспергирования призвело до десятикратного зниження витрати води й густини зрошення *g*, при цьому пляма зрошення форсунки збільшилася в два рази. Таким чином, змінюючи співвідношення витрат повітря й води ε, представляється можливим ефективно управляти теплозйомом за рахунок зміни густини зрошення *g* охолоджувальної поверхні [3].

Раніше було також встановлено, що при малих витратах стисненого повітря спостерігається пульсуюча подача крапельного потоку на охолоджувану поверхню, що, в свою чергу, також сприяє зниженню інтенсивності теплозйому [8].

При використанні водо-повітряного диспергування води необхідно також враховувати як додаткове ускладнення конструкції системи охолодження, так й експлуатаційні витрати на використання стисненого повітря.

Варіант 2. Формування плями зрошення й характеристики розподілу питомої витрати крапельної рідини, яка подається на поверхню, при взаємному перетині крапельних потоків, що продукуються двома плоскофакельними форсунками, встановленими поруч під кутом одна до одної.

Було встановлено, що практично прийнятна робота водо-повітряної форсунки для формування плями зрошення оптимальної форми і відповідних епюр питомих витрат крапель, що надходять на охолоджувану поверхню, відбувалася при діаметрі повітряного сопла форсунки $d_c \geq 10$ мм, глибині його розташування в корпусі форсунки $l_c \geq 30$ мм і співвідношенні масових витрат стисненого повітря й води $\varepsilon \geq 10$ %.

На рис. 2 як приклад показані результати дослідження структури крапельного потоку, що виділяється водо-повітряної форсункою для одного з варіантів геометричних і режимних параметрів її роботи й порівняння з епюрами густини зрошення при роботі плоскофакельної струменевої форсунки для аналогічних режимних характеристик.

Цей варіант може бути використаний у разі, коли немає необхідності у великій локальній густині зрошення, а потрібно розподілити крапельну рідину зрошуваною поверхнею, забезпечуючи при цьому максимальну зону зрошення від кожної форсунки. Така технологія подачі диспергованої води доцільна при митті валків прокатних станів, при їх охолодженні до технологічної температури перед шліфуванням, при нагріванні з метою профілювання бочки валка перед завалкою його в прокатний стан.

При виконанні таких технологічних операцій недоцільно збільшення кількості крапельної рідини, яка подається на поверхню, тому що це не призводить до прискорення прогріву чи охолодження тіла бочки валка [5].

Як приклад на рис. 3 показані умови зрошення поверхні валка при роздільній роботі кожної з форсунок і при перетині факелів крапельних потоків двох працюючих форсунок.

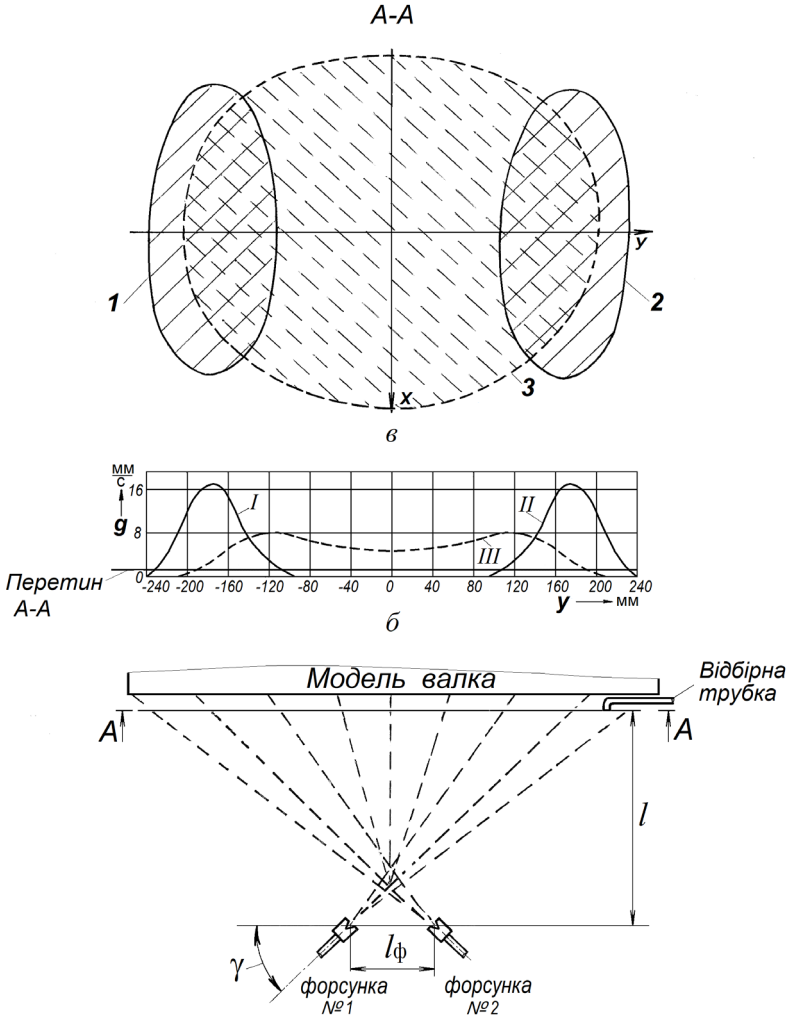

Рис. 3 – Схема вимірювання й розподіл диспергованої води, яка подається плоскоструменевими форсунками на поверхню моделі прокатного валка: *а* – схема вимірювання; *б* – епюри густини зрошення; *в* – зона зрошення; *I* – розподіл густини зрошення в перерізі факела уздовж осі *y* при роботі однієї форсунки № 1; *II* – те ж для форсунки № 2; *III* – те ж при перетині факелів двох працюючих форсунок (R = 10 мм, a = 5,8 мм; b = 11,9 мм; ΔP = 0,1 МПа; $l_ф$ = 120 мм; l = 550 мм); *1* и *2* – зона зрошення при роздільній роботі форсунок № 1 и № 2, які встановлені під кутом $\gamma = 70°$ до площини зрошення; *3* – пляма зрошення при перетині факелів двох працюючих форсунок

Як приклад були обрані форсунки з такими режимно-геометричними характеристиками: радіус сферичної півсфери форсунки R = 10 мм; довжини великої та малої осі вихідного отвору форсунки a = 5,8 мм; b = 11,9 мм; тиск води перед форсункою ΔP = 0,1 МПа; відстань між форсунками $l_ф$ = 120 мм. Заміри надані для відстані між гирлом форсунки й мірної трубкою l = 550 мм.

В результаті такого технічного рішення зона зрошення збільшується в чотири рази, а питома витрата крапельної води зменшується в два рази, тобто представляється можливим зменшити число встановлюваних форсунок і витрату води.

Варіант 3. Використання кінетичної енергії плівки води, що розпадається, і крапель після виходу їх з плоскоструменевої форсунки для додаткового дроблення при проходженні через металеву сітку.

Раніше вивчалося використання металевих сіток для вторинного дроблення крапельних потоків, що продукуються відцентровими форсунками в камерах зрошення центральних кондиціонерів [9, 10]. При цьому ставиться завдання отримати максимальний ефект вторинного дроблення крапель і, тим самим, збільшення контактної поверхні крапель і повітря. Для цього за допомогою лічильно-імпульсного методу вимірювався дисперсний склад крапель при зміні параметрів сіток та їх розташування щодо форсунки.

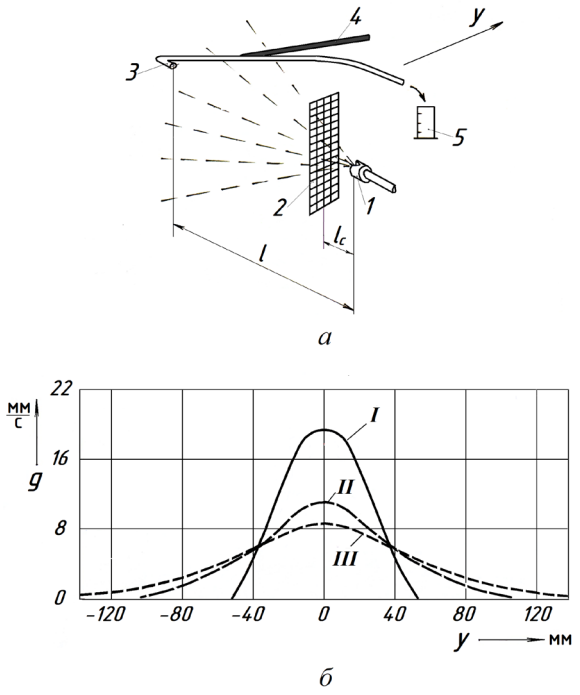

Рис. 4 – Методика й результати дослідження структури крапельного потоку при додатковому дробленні води на сітці: *а* – схема вимірювання питомої витрати рідини в краплинному потоці: *1* – плоскофакельна форсунка (R = 10 мм, a = 5,8 мм; b = 11,9; ΔP = 0,1 МПа); *2* – сітка (2×2 мм з дроту ∅ 0,7 мм); *3* – відбірна трубка; *4* – борштанга координатника; *5* – мірна ємність; *б* – розподіл густини зрошення в середині факела (вздовж осі *y*): *I* – при подачі води плоскоструменевою форсункою без сітки; *II* – те ж з сіткою при l_c = 200 мм; *III* – те ж при l_c = 100 мм

У даній роботі при використанні металевої сітки для додаткового дроблення крапельного потоку, що продукується плоскоструменевою форсункою, досліджувалася можливість збільшення зони зрошення і, відповідно, зниження питомої витрати води g, яка надходить на поверхню, що обробляється.

На рис. 4 як приклад показані деякі результати експериментального дослідження додаткового дроблення при використанні сітки з металевого дроту діаметром 0,7 мм з розмірами чарунки 2×2 мм.

Сітка розміщувалася на відстані 100 мм і 200 мм від гирла форсунки. Як видно, зона зрошення збільшується в 3 рази, а густина зрошення знижується в 2 рази. Таким чином, представляється можливість зменшення числа форсунок і зниження витрати води.

Очевидно, що остаточний висновок про можливість використання сіток для додаткового дроблення факела розпилу може бути зроблений лише за результатами випробування конкретної установки, коли можливий прояв ряду взаємокомпенсуючих процесів.

Висновки

Результати експериментальних досліджень, які показані в роботі, дозволяють розширити діапазон застосування плоскофакельних форсунок, які мають форму зони зрошення поверхні у вигляді еліпса. Такі форсунки мають досить великі розміри сопла, тому вони практично не забруднюються та є надійними в експлуатації. Проведені дослідження показали, що в результаті водоповітряного диспергування представляється можливим значно зменшити витрату води на форсунку, густину зрошення поверхні, й відповідно, управляти інтенсивністю тепловіддачі від поверхні злитка до крапель, що сприяє підвищенню якості продукції. В результаті додаткового дроблення диспергованої води при перетині факелів двох плоскоструменевих форсунок, а також взаємодії крапельного потоку з металевою сіткою, можливо істотне збільшення площі зони зрошення кожної плоскоструменевою форсункою й зниження густини зрошення оброблюваної поверхні валка прокатного стану. Це, в свою чергу, сприяє зменшенню числа форсунок і спрощує їх компонування на колекторах.

Отримані в роботі результати сприяють підвищенню якості продукції та зниження експлуатаційних витрат в сталеливарному й прокатному виробництвах.

Практичне використання розглянутих варіантів управління структурою крапельного потоку передбачає проведення додаткових досліджень з урахуванням всіх технологічних факторів експлуатації конкретних установок.

Список літератури

1. Белый В. А., Здоровый А. К., Сокол Г. А., Ковалев В. А., Мусич Н. И. Основные принципы конструирования диспергирующих элементов систем технологического охлаждения / В кн.: *Использование вторичных энергоресурсов и охлаждение агрегатов в черной металлургии*. Москва: Металлургия, 1991. С. 50–54.
2. Братута Э. Г. Определение плотностей орошения при охлаждении в спрейерах. *Сталь*, 1983. №7. С. 85–87.
3. Переселков А. Р. Теплообмен при охлаждении высокотемпературной поверхности диспергированной водой. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. 2009. № 3. С. 168–170. Бібліогр.: 10 назв. ISSN 2078-774X (print), ISSN 2707-7543 (on-line).
4. Носаченко О. В., Емельянов В. В., Акмен Р. Г., Кубрик Б. И., Переселков А. Р. Исследование теплового состояния непрерывного слитка с учетом локальных условий теплообмена в зоне вторичного охлаждения. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 1984. № 3. С. 20–22.
5. Тарасенко Н. А., Переселков А. Р., Тарасенко А. Н. Численное исследование профиля прокатного валка в камере тепловой подготовки. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2018. № 2. С. 61–65. ISSN 2078-5364.
6. Форсунка для распыливания жидкости: а.с. 687315: СССР, МКИ[3] F23D11/04 / В. К. Беспалко, Цзян Шао Цзя, А. П. Бутенко (СССР). № 2809689/24-06; заявл. 26.07.77; опубл. 27.09.1979, Бюл. № 35. 3 с.: ил.
7. Переселков А. Р., Волов Г. И., Белоконь О. В., Петрухина Л. Е. Исследование дисперсного состава капель при распылении жидкости пневматическими форсунками. *Энергетическое машиностроение*. 1980. Вып. 29. С. 90–94.
8. Переселков А. Р. Теплообмен при импульсной подаче диспергированной воды на высокотемпературную поверхность. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. 2011. № 5. С. 118–120. Бібліогр.: 4 назв. ISSN 2078-774X (print), ISSN 2707-7543 (on-line).
9. Братута Э. Г., Переселков А. Р. Измерение структуры дисперсного потока в результате вторичного дробления капель. *Энергетическое машиностроение*. 1978. Вып. 25. С. 99–102.
10. А.с. 792028 СССР, МКИ3 F24F3/14. Камера орошения кондиционера / Э. Г. Братута, Г. С. Куликов, А. Р. Переселков, Б. И. Бялый, И. В. Соин, И. Ф. Юхно. № 2758649/29-06; заявл. 26.04.79; опубл. 30.12.80, Бюл. № 48. 2 с.

References (transliterated)

1. Beliy, V., Zdoroviy, A., Sokol, G., Kovalev, V. and Musich N. (1991), "Osnovnye principy konstruirovanija dispergirujushhih jelementov sistem tehnologicheskogo ohlazhdenija [Basic principles of design of technological cooling systems dispersing elements]", *Ispol'zovaniye vtorichnykh energoresursov i okhlazhdeniye agregatov v chernoy metallurgii*, [Secondary energy resources using and units cooling in black metallurgy], Metallurgiya, Moscow, USSR, pp. 50–54.
2. Bratuta, E. (1983), "Opredelenie plotnostej oroshenija pri ohlazhdenii v sprejerah [Determination of liquid spray rate during cooling in sprayers]", *Stal'*, no. 7, pp. 85–87.
3. Peresylkov A. R (2009), "Teploobmen pri ohlazhdenii vysokotemperaturnoj poverhnosti dispergirovannoj vodoj [Heat Exchange Under Cooling of High Temperature Surface by Dispersed Water]", *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 3, pp. 168–170. ISSN 2078-774X (print), ISSN 2707-7543 (on-line).
4. Nosachenko, O., Emelyanov, V., Akmen, R., Kubrik, B. and Pereselkov, A. (1984), "Issledovanie teplovogo sostojanija nepreryvnogo slitka s uchetom lokal'nyh uslovij teploobmena v zone vtorichnogo ohlazhdenija [Investigation of the thermal state of a continuous ingot taking into account local conditions of heat transfer in the secondary cooling zone]", *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'*, no. 3, pp. 20–22.
5. Tarasenko, N., Pereselkov, A. and Tarasenko, A. (2018), "Chislennoe issledovanie profilja prokatnogo valka v kamere teplovoj podgotovki [Numerical study of the profile of the cast roll in the heat preparation chamber]", *Integrovani tehnologii' ta energozberezhennja*, no. 2, pp. 61–65. ISSN 2078-5364.
6. Bespalko, V., Jiang Shao Jia and Butenko, A. (1979), *Forsunka dlya raspylivaniya zhidkosti* [Nozzle for liquid spraying], State Register of Patents of USSR, Moscow, SU, Pat. № 687315.
7. Pereselkov, A., Volov, G., Belokon, O. and Petrukhina, L. (1980), "Issledovanie dispersnogo sostava kapel' pri raspylenii zhidkosti pnevmaticheskimi forsunkami [Investigation of the disperse composition of drops when spraying liquid with pneumatic nozzles]", *Energeticheskoe mashinostroenie*, vol. 29, pp. 90–94.
8. Peresylkov A. R. (2011), "Teploobmen pri impul'snoj podache dispergirovannoj vody na vysokotemperaturnuju poverhnost' [Heat Transfer in a Pulsed Supply of Water Dispersed on High Temperature Surface]", *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 5, pp. 118–120. ISSN 2078-774X (print), ISSN 2707-7543 (on-line).
9. Bratuta, E. and Pereselkov, A. (1978), "Izmerenie struktury dispersnogo potoka v rezul'tate vtorichnogo droblenija kapel' [Measurement of dispersed flow structure while secondary crushing of drops]", *Energeticheskoe mashinostroenie*, vol. 25, pp. 99–102.
10. Bratuta, E., Kulikov, G., Pereselkov, A., Byaly, B., Soin, I. and Yukhno I. *Kamera orosheniya konditsionera* [Air conditioner spray chamber], State Register of Patents of USSR, Moscow, SU, Pat. № 792028.

Надійшла (received) 20.09.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Пересьолков Олександр Романович (***Переселков Александр Романович***, ***Pereselkov Aleksandr***) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри теплоенергетики та енергоефективних технологій; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002; e-mail: pereselkovar@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9919-2951.

Круглякова Ольга Володимирівна (***Круглякова Ольга Владимировна***, ***Kruglyakova Olga***) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри теплоенергетики та енергоефективних технологій; вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна, 61002; e-mail: krugliakovaov@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1113-826X.