Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0519U001694

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 04-11-2019

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тімошенко Сергій Миколайович

2. Timoshenko Serhiy M.

Кваліфікація: к.т.н., 05.16.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 05.14.06

Назва наукової спеціальності: Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 29-10-2019

Спеціальність за освітою: 05.16.02 Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів

Місце роботи здобувача: Національна металургійна академія України

Код за ЄДРПОУ: 02070766

Місцезнаходження: проспект Гагаріна, 4, м. Дніпро, Дніпропетровський р-н., Дніпропетровська обл., 49600, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 08.084.05

Повне найменування юридичної особи: НМетАУ

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження: 4, м. Дніпро, Дніпропетровський р-н., Дніпропетровська обл., 49055, Україна

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Державний вищий навчальний заклад "Донецький національний технічний університет"

Код за ЄДРПОУ: 02070826

Місцезнаходження: пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, Покровський р-н., Донецька обл., 85300, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 45.43.29

Тема дисертації:

1. Розвиток наукових основ підвищення енергоефективності дугових сталеплавильних печей

2. Development of scientific basis for improving energy efficiency of electric arc steelmaking furnaces

Реферат/анотація:

1. Дисертація присвячена підвищенню енергоефективності дугових сталеплавильних печей (ДСП) на основі розвитку теоретичних уявлень щодо процесів теплообміну, гідромеханіки і електровихрових течій в робочому просторі ДСП. Теоретично обґрунтовано й експериментально підтверджено оптимальне, за критерієм енергоефективності, співвідношення діаметра і глибини ванни 2,5–1,8 для різних енерготехнологічних режимів, що дозволяє знизити втрати теплоти з водою на 8,5–49 % і збільшити швидкість нагріву ванни та плавлення скрапу на 12–25 %. На основі математичного моделювання плавлення металошихти і нагрівання рідкої сталі, встановлено, що коефіцієнт енергоефективності дуги знижується з 0,92–0,94 до 0,68–0,70 при еволюції окремих колодязів до спільного, а збільшення діаметру розпаду електродів до 0,42–0,49 внутрішнього діаметру робочого простору призводить до зниження питомої витрати енергії в ДСП різної місткості на 2,5–7,5 %. Встановлено, що в робочому просторі ДСП на трубчастій поверхні водоохолоджуваних елементів (ВЕ) діючі величини теплових потоків, що визначають термічні напруги й

стійкість ВЕ, на 12–55 % перевищують значення, розраховані для плоскої поверхні, а частка конвективної і конденсаційної складових теплового навантаження на ВЕ становить в сумі 31–37 % теплового потоку випромінювання. Розроблено ВЕ з просторовою трубчастою структурою, які, згідно з теоретичними та експериментальними дослідженнями теплового стану, забезпечують зниження втрат теплоти випромінення з охолоджувальною водою на 20–35 % за рахунок формування теплоакумулюючого і теплоізолюючого шару гарнісажу. Чисельними дослідженнями теплообміну в ДСП ливарного класу в умовах неритмічної роботи визначено і експериментально підтверджено, що застосування ВЕ з просторовою структурою в місцях критичної стійкості футерівки не підвищує енергоспоживання ДСП при відносній площі ВЕ зводу до 15–20 %, знижуючи при цьому витрату вогнетривів в 1,4–2,5 рази. Розроблена концепція системи аспірації ДСП, заснована на спільному газодинамічному впливі розосередження і збільшення всмоктуючої поверхні з наближенням її до електродних зазорів. Експериментально показана можливість зниження неорганізованих викидів на 15–29 %, притоку повітря в піч на 20–25 %, виносу плавильного пилу з агрегату на 20–50 %. Отримали розвиток уявлення щодо утилізації теплоти відхідних газів ДСП. На основі дослідження двохстадійного процесу горіння CO в камері допалювання ДСП визначено співвідношення первинного і вторинного повітря 1 до 3,5, яке забезпечує досягнення ГДК CO шляхом організації зони сталого горіння і одержання теплоносія для нагріву скрапу з температурою до 500°C, що виключає утворення токсичних PCDD/F. На основі термодинамічного аналізу обґрунтовано використання теплоти і хімічного потенціалу відхідних газів ДСП, для термохімічної регенерації природного газу з подальшим нагріванням скрапу спалюванням синтез-газу, що підвищує тепловий ККД печі, працюючої «flat bath» процесом на 5–6 %, знижує витрату природного газу на 21 % і емісію CO2 на 9,8 %. Розроблено рідкофазний вуглецевотермічний ПВП в теплогенеруючій шлаковой ванні електричної печі з двома ПЕ і встановлено, що для отримання рідкого металізованого продукту в горні, відділеному від ПЕ шаром шлаку, множник, що враховує вплив конвекції у ванні, при коефіцієнті стаціонарної теплопровідності має становити не менше 2,7. На основі чисельного дослідження електровихрових течій (ЕВТ) в ДСППС ливарного класу, обґрунтовано застосування «глибокої» ванни, що спричинює в 1,3–8,4 рази більш потужне ЕВТ-перемішування для різних варіантів ПЕ і, за рахунок скорочення періода доведення сталі, сприяє зменшенню питомої витрати електроенергії на 3–9 %. Досліджено процеси теплообміну з фазовим переходом біметалічного ПЕ в умовах ЕВТ в анодній ямі ДСППС високої потужності. Встановлено, що рівноважна товщина твердої сталевої частини ПЕ знаходиться в критичній залежності від ширини перехідної зони мідь-сталь, яка для сталої експлуатації ПЕ має не перевищувати 20–25 мм. Обґрунтовано концепцію ПЕ з конвективним механізмом теплопередачі. Розробки впроваджені на 7 заводах, у ДСП місткістю від 3 до 120 т. Техніко-економічні показники забезпечують термін окупності розробок, як правило, до 1 року. Ключові слова: дугова сталеплавильна піч, енергоефективність, чисельне моделювання, тепломасообмін, глибока ванна, водоохолоджувані елементи, аспірація, попередній нагрів скрапу, емісія CO, CO2, PCDD/F, термохімічна регенерація природного газу, плавильно-відновний процес, електровихрові течії, подовий електрод.

2. The thesis is devoted to increase of energy efficiency of electric arc steelmaking furnaces (EAF) based on development of theoretical ideas about processes of heat transfer, hydromechanics and electrovortex flows in the EAF working space. Theoretically substantiated and experimentally confirmed the optimal, by criterion of energy efficiency, ratio of diameter and depth of the bath, equal to 2.5-1.8 for various EAF energy-technological modes, which reduces the heat loss with cooling water by 8.5-49 %, increase the bath heating and scrap melting rate by 12-25 %. Based on mathematical modeling of scrap melting and liquid bath heating processes, it was found that arc energy efficiency decreases from 0.92-0.94 to 0.68-0.70 as the individual wells evolve to a common one. The maximum relative reduction of specific electric power consumption of 2.5-7.5 % in EAF of various capacities is achieved with the electrodes pitch diameter 0.42-0.49 of the working space internal diameter. It has been established that in the EAF working space a tubular surface of the water-cooled elements (WCE) perceives the effective values of heat flux, determining the thermal stress and stability of WCE, 12-55 % higher than the the heat flux, evaluated for a flat surface, and the part of convective and condensation components of the thermal load on the WCE add up to 31-37 % of the irradiation heat flux. The WCE with a spatial tubular structure have been

elaborated, for which theoretical and experimental data on the thermal state were obtained, confirming the reduction of irradiation heat loss with cooling water by 20-35 % due to the created conditions for the formation of a heat-accumulating and heat-insulating layer of the crust. By numerical studies of heat exchange in the foundry class EAF, for the conditions of non-rhythmic operation, it has been determined and experimentally confirmed, that the use of WCE with a spatial structure in the places of critical durability of the lining, does not increase the energy consumption, comparing to the traditional fully refractory shell, with a relative area of WCE in the roof not higher than 15-20 %, while reducing refractories consumption by 1.4-2.5 times. The concept of the EAF aspiration system has been developed based on the joint gas-dynamic effect of dispersal and increasing the suction surface with approaching it to the electrode gaps. The possibility of reducing fugitive emissions by 15-29 %, air inflow by 20-25 %, dust removal from the EAF by 20-50 % was experimentally shown. The energy-ecological concept of the EAF exhaust gases heat utilization is developed. Based on the study of two-stage CO burning process in the EAF afterburning chamber, the ratio of primary and secondary air 1 to 3.5 is determined, which ensures achievement of the MPC of CO due to organization of a steady burning zone and obtaining a heat carrier for scrap preheating with the temperature up to 500 °C, making impossible the formation of toxic PCDD/F. Based on thermodynamic analysis, it is grounded that utilization of the heat and chemical potential of the EAF exhaust gases for thermochemical regeneration of natural gas, followed by preheating of the scrap due to burning of synthesis gas, increases the thermal efficiency of the «flat bath» EAF process by 5-6 %, reduces the consumption of natural gas by 21 % and CO2 emission by 9.8 %. For elaborated liquid-phase carbon-thermal smelting-reduction process in a heat-generating slag bath of an electric furnace with two bottom electrodes (BE), it was found that to obtain a liquid metallized product in the hearth separated from the BE by a slag layer, the factor taking into account the effect of convection in the bath at a coefficient of stationary thermal conductivity should be at least 2.7. Based on numerical study of electrovortex flows (EVF) in the DC EAF of a foundry class, the use of a "deep" bath has been substantiated, which allows to increase the EVF-mixing capacity for various BE types by 1,3-8,4 times, and, by intensification of steel refining process, promotes to reduce the specific EAF energy consumption by 3-9 %. The processes of heat exchange with the phase transition of bimetallic BE in the conditions of EVF in the anode well of high power DC EAF are investigated and it is shown that the equilibrium thickness of BE solid steel part is in critical dependence on the width of the transition copper-steel zone, which, for stable BE operation, should not exceed 20-25 mm. The concept of BE with a convective mechanism of heat transfer is substantiated. The developments have been brought to industrial implementation at 7 plants equipped by the EAF with a capacity from 3 to 120 tons. High technical and economic indicators of elaborations ensure a payback period of investments, as a rule, up to 1 year. Key words: electric arc furnace, energy efficiency, numerical modeling, heat-mass transfer, deep bath, water-cooled elements, aspiration of dust-gas environment.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Губинський Михайло Володимирович

2. Gubinsky Mikhailo V.

Кваліфікація: д. т. н., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Губинський Михайло Володимирович

2. Gubinsky Mikhailo V.

Кваліфікація: д. т. н., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ганжа Антон Миколайович

2. Ganzha Anton M.

Кваліфікація: д. т. н., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Медовар Лев Борисович

2. Medovar Lev B.

Кваліфікація: д. т. н., 05.16.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. П'яних Костянтин Євгенович

2. Pyanykh Kostyantyn Ye.

Кваліфікація: д. т. н., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Губинський Михайло Володимирович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Грес Леонід Петрович
Відповідальний за підготовку облікових документів	
Реєстратор	
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	 Юрченко Т.А.