

ВІДГУК офіційного опонента

на дисертаційну роботу Кассім Дарії Олександрівни
«Вдосконалення доменної технології за рахунок покращення якості
шихтових матеріалів і газодинамічних умов роботи доменної печі»,
що представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.16.02 «Металургія чорних і кольорових металів
та спеціальних сплавів»

1. Актуальність роботи

Дисертаційну роботу Кассім Д.О. присвячено розвитку наукових уявлень та розробці технологічних заходів ведення доменної плавки в умовах нестабільності паливно-сировинних та газодинамічних параметрів роботи печі, які направлені на вирішення проблеми підвищення ефективності виплавки чавуну в доменних печах.

До основних завдань розвитку доменного виробництва в ХХІ столітті відносять: поліпшення металургійних властивостей шихтових матеріалів; зменшення енерговитрат та підвищення ефективності використання палива на виплавку чавуну; визначення раціональних параметрів дуттьового режиму і завантаження доменних печей.

Особливої актуальності та важливості вирішення названих задач набуває в умовах впровадження на доменних печах технології вдування пиловугільного палива (ПВП), яка вимагає, перш за все, випереджаючого підвищення якості коксу і залізорудної сировини та стабілізації їх металургійних властивостей з реалізацією комплексних заходів комплексної компенсації негативного впливу на хід процесу виведення з шихти частини коксу і подачі в горн ПВП, заміщення частини коксу кусковим антрацитом тощо.

В цих умовах важливим і актуальним теоретичним завданням є вдосконалення технологічних прийомів управління газодинамічним режимом доменних печей в залежності від якості шихтових матеріалів та використання ПВП. Вирішення зазначеного завдання відкриває перспективи для подальшого вдосконалення доменної плавки за рахунок підвищення ступеня використання теплової та хімічної енергії газового потоку шляхом його раціонального розподілу за поперечним перетином доменної печі як «зверху» – управлінням якістю та розподілом шихтових матеріалів на колошнику, так і «знизу» – управлінням подачею дуття та пиловугільного палива у фурми і формуванням потоку газів у горні.

В цілому, дисертаційна робота Кассім Д.О. є актуальною і своєчасною, оскільки спрямована на вдосконалення технології доменної плавки за рахунок покращення якості шихтових матеріалів і визначення раціональних газодинамічних умов.

Зміст роботи відповідає сучасним напрямкам міжвузівської комплексної цільової програми «Метал», планам науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України та Національної металургійної академії України. В основу дисертації покладені результати наукових досліджень, що увійшли до звітів з науково-дослідних робіт: «Наукове обґрунтування та розробка ефективних тепломасообмінних процесів в інноваційних металургійних технологіях» (№ державної реєстрації 0115U003176); «Інноваційне вдосконалення металургійних технологій з метою збільшення їх енергоефективності та екологічної безпеки» (№

державної реєстрації 0119U000333).

Вирішені в роботі науково-технічні проблеми відповідають пріоритетам розвитку фундаментальних досліджень в галузі теорії і технології доменного виробництва, а також положенням «Державної програми розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу України до 2020 року».

2. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Основні наукові положення дисертації, висновки та рекомендації обґрунтовані та відповідають об'єктивній дійсності. Вони базуються на результатах досліджень і розробок вітчизняних та зарубіжних фахівців, базових положеннях теорії доменної плавки. Для вирішення поставлених завдань в роботі використані сучасні методи досліджень, у тому числі математичне моделювання; для аналізу впливу технологічних параметрів на хід доменної плавки при різних режимах – методи математичної статистики, у тому числі спеціально розроблений для оптимізації технології доменної плавки метод відновлення одновимірних залежностей. Теоретичні дослідження ґрунтуються на фундаментальних положеннях теорії газодинамічних та масообмінних процесів і не протирічать загальноприйнятим уявленням. Розроблені наукові положення і технічні рішення перевірені і знайшли підтвердження в умовах реального виробництва на доменних печах ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Достовірність результатів дослідження підтверджується збіжністю теоретичних передумов і отриманих експериментальних даних.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Результати дисертаційної роботи є теоретичним узагальненням нових наукових підходів до контролю та управління доменним процесом на основі врахування впливу абсолютних значень і коливань показників паливно-сировинних умов та параметрів дуттьового режиму плавки.

До найбільш суттєвих наукових результатів, отриманих здобувачем, можна віднести наступні:

1. Уперше визначений кількісний і якісний вплив нестабільності якості коксу на величину коксового еквіваленту при вдуванні в доменну піч пиловугільного палива. Отримана інформація дозволяє підвищити точність технологічного аналізу параметрів роботи доменної печі в різних періодах, оскільки раніше враховувалися лише абсолютні показники якості коксу без врахування їх коливань.

2. Уперше встановлений кількісний вплив витрати дуття по фурмам, повної енергії потоку комбінованого дуття на зрізі фурми, теоретичної температури горіння коксу, виходу горнового газу і повної енергії потоку горнового газу на продуктивність доменної печі і питому витрату коксу.

3. Уперше встановлено зв'язок радіусу осьової «віддушини» на колошнику доменної печі зі значеннями повної механічної енергії горнового газу, що дало змогу розробити спосіб ведення доменної плавки з узгодженим корегуванням параметрів завантаження і дуття, зокрема корегуванням радіусу осьової «віддушини» в залежності від значень повної механічної енергії горнового газу, раціональне значення якої визначається за показниками плавки для конкретних умов роботи доменної печі.

4. Отримали подальший розвиток теоретичні уявлення про зміни

газорозподілу в нижній частині доменної печі в залежності від палива, що вдувається крізь фурми для заміщення коксу. З використанням результатів математичного моделювання науково обґрунтовані зміни траєкторії газового потоку в нижній зоні доменної печі при переході з вдування природного газу на вдування пиловугільного палива. Обґрунтовані причини розвитку периферійного ходу доменної печі при вдуванні ПВП, що за ствердженням авторки роботи, спричинене зменшенням енергетичного потенціалу горнового газу. Отримані дані покладені в основу ефективного регулювання розподілом газового потоку уздовж радіусу нижньої зони доменної печі.

5. Уперше науково обґрунтовані методи визначення комплексних показників повітряного і комбінованого дуття, а також горнового газу за умов вдування в доменну піч пиловугільного палива, що дозволяє здійснювати контроль розмірів зон горіння перед фурмами печі і розподілу газового потоку уздовж радіусу горна.

6. Отримали подальший розвиток уявлення щодо особливостей ведення доменної плавки при заміщенні частини коксу кусковим антрацитом. Встановлено, що циклічна зміна завантаження кускового антрациту на колошник доменної печі дозволяє додатково знизити витрату коксу при недопущенні захаращення горну вуглецевим дріб'язком.

4. Практичне значення отриманих результатів

Випробувані та впроваджені на доменних печах ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» наступні результати дисертаційної роботи:

1. Вдосконалені методи управління технологією доменної плавки при змінах складу і якості залізорудної сировини і коксу.

2. Розроблені методи узгодженого управління основними параметрами плавки, такими як рудне навантаження на кокс уздовж радіусу колошника доменної печі і повна механічна енергія горнового газу, які дозволяють найкращим чином узгоджувати заходи впливу на хід печі «зверху» і «знизу».

3. Впроваджено постійний контроль зміни повних механічних енергій комбінованого дуття і горнового газу з подальшим порівнянням їх з показниками, отриманими у кращі періоди роботи доменних печей, та визначення на цій основі необхідних корегувань дуттьового режиму для недопущення погіршення показників доменної плавки.

4. Розроблено методики визначення траєкторії газового потоку в нижній зоні доменної печі при переході з вдування природного газу на вдування пиловугільного палива та комплексних показників комбінованого дуття і горнового газу при реалізації технології вдування в піч пиловугільного палива.

5. Підвищення рівномірності розподілу газодинамічних параметрів по колу печі забезпечується розробленими оригінальними пристроями для вимірювання витрати дуття та регулювання його розподілу по фурмах доменної печі.

6. Розроблено та впроваджено технологію доменної плавки при завантаженні на колошник доменних печей кускового антрациту.

7. Ефективна реалізація запропонованих методів та технологій ведення доменної плавки забезпечується, у тому числі, шляхом використання розроблених авторкою конструкцій колошника, які розширюють можливості керування розподілом шихтових матеріалів по радіусу колошника печей, що обладнані найбільш розповсюдженими, поки що, двохконусними завантажувальними

пристроями.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі на кафедрі металургійних технологій Криворізького металургійного інституту НМетАУ при викладанні дисциплін «Підготовка металургійної сировини», «Теорія та технологія доменної плавки», «Теоретичні та експериментальні дослідження процесів виплавки чавуну» та при виконанні випускних кваліфікаційних робіт бакалаврів та магістрів спеціальності 136 «Металургія».

5. Загальна характеристика роботи

Дисертація складається із вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатку. Робота містить 319 сторінок, з них: 249 сторінок основного тексту, 45 рисунків, 53 таблиць і 1 додаток. Список використаних джерел складається з 330 найменувань.

Структура роботи відповідає загальноприйнятому підходу до побудови дисертаційних робіт. Матеріали проведених досліджень та теоретичного обґрунтування викладені з дотриманням логіки і в достатньому ступеню аргументовані. Загальне оформлення роботи в цілому відповідає вимогам, які висувають до дисертаційних робіт.

У першому розділі автором, на підставі літературних даних, виконаний критичний аналіз особливостей сучасного етапу розвитку доменної плавки, обґрунтовані сучасні вимоги до оцінки якості залізородних матеріалів і коксу, показана актуальність розробки нового виду огрудкованої залізородної сировини, що поєднує кращі властивості агломерату та окатишів.

На підставі вивчення сучасного досвіду роботи доменних печей підтверджена наявність нерівномірності розподілу параметрів дугтьового потоку по фурмам, що призводить до суттєвої нерівномірності роботи печі по колу і зниженню техніко-економічних показників доменної плавки, особливо при вдуванні ПВП.

За результатами критичного аналізу технічної інформації підтверджена актуальність проведення досліджень технологічних особливостей та ефективності доменної плавки в сучасних умовах роботи металургійних підприємств при реалізації технології вдування ПВП та альтернативних напрямків зниження витрати паливно-енергетичних ресурсів, на підставі чого визначені цілі та задачі досліджень.

У другому розділі представлені результати досліджень та розробки вдосконалених технологій виробництва чотирьох видів офлюсованих локальних спеків: із концентрату з будь-яким вмістом кремнезему (1-10% SiO₂); з двох різних концентратів (1-5% SiO₂) і (5-10% SiO₂); локальних спеків із залишковим вуглецем та локальних спеків з підвищеним вмістом заліза, основністю 1,25-1,5, крупністю 20-60 мм, що мають комплекс кращих металургійних характеристик агломерату та окатишів.

Отримані залізородні матеріали за своїми характеристиками не поступаються, а за деякими показниками перевершують традиційну сировину. Так, вміст заліза вище, ніж у промисловому агломераті, і приблизно на тому ж рівні, що в промислових окатишах. Міцнісні характеристики офлюсованих локальних спеків кращі ніж у агломерату і практично аналогічні окатишам. Гранулометричний склад більш однорідний, ніж у агломерату, а вміст дріб'язку (0-5 мм) нижчий. За ствердженнями авторки дисертації огрудкований залізородний матеріалу

рівномірний за хімічним складом і металургійними властивостями, що обумовлює його однакову поведінку по діаметру і висоті доменної печі в усіх зонах печі: твердофазного відновлення, розм'якшення і плавлення.

На думку авторки основним напрямком інноваційного вдосконалення доменної технології є використання локальних спеків із підвищеним вмістом заліза та закатаним твердим паливом. Вміст залишкового вуглецю в готовому продукті становить 1,6-2,5%, загального заліза – 63,5-74,8%, закису заліза – 7,6-25,2%, показники міцності на удар і стираності – 93,5-96,4% і 2,5-3,6%, відповідно, показники міцності і стійкості до стирання при відновленні – 72,9-93,1% і 3,3-4,2%, відповідно.

За результатами розрахунку очікуваної економічної ефективності роботи доменної печі об'ємом 5000 м³ ПАТ «АМКР» встановлено, що при використанні локальних спеків та вдуванні ПВП продуктивність печі та питома витрата коксу можуть досягти проектних показників, при забезпеченні високої якості коксу.

У третьому розділі наведені результати досліджень з підвищення ефективності використання твердого палива, зокрема обґрунтовані підходи до комплексної оцінки якості коксу не тільки з точки зору величини абсолютних показників, але і з урахуванням стабільності якості коксу. Виконаний статистичний аналіз даних за 6-річний період роботи доменній печі №9 корисним об'ємом 5000 м³ ПАТ «АМКР». Встановлено, що збільшення M_{25} в діапазоні 87-90% на кожен 1% дає зниження приведеної витрати коксу на 3,9 кг/т чавуну; на кожен відсоток зниження M_{10} в інтервалі від 6 до 8,5% приведена витрата коксу знижується на 5,56 кг/т чавуну; зміна вмісту фракції +80 мм на кожен 1% змінює приведену витрату коксу на 2,5 кг/т чавуну.

На підставі порівняння середньомісячних результатів роботи доменних печей об'ємом 2000 м³, 2700 м³ і 5000 м³ ПАТ «АМКР» встановлено, що ефект від підвищення міцності коксу залежить не тільки від абсолютного рівня показника його міцності, але і від всіх інших умов доменної плавки, починаючи, у першу чергу, з об'єму печі, властивостей шихти, умов завантаження і технології плавки. За ствердженнями авторки роботи, нормувати вплив підвищення міцності необхідно для кожної конкретної доменної печі або певної групи печей з урахуванням усіх наведених умов.

Наведені результати дослідження впливу коливання вхідних показників якості коксу – коефіцієнтів варіації $V_{\sigma}(S)$, $V_{\sigma}(A)$, $V_{\sigma}(M_{25})$, $V_{\sigma}(M_{10})$, $V_{\sigma}(CSR)$ на вихідні показники – питому витрату коксу (K) і коксового еквіваленту (KE) в доменній плавці при варіантах технології з використанням природного газу (ПГ) і з вдуванням ПВП. В дисертаційній роботі уперше виконані розрахунки впливу коефіцієнтів варіації вхідних параметрів при їх зміні на 1% на коксовий еквівалент при вдуванні в доменну піч ПВП. Встановлено, що зменшення на 1% кожного з коефіцієнтів варіації скорочує питому витрату коксового еквіваленту, а саме: $V_{\sigma}(S)$ – на 1,37 кг/т, $V_{\sigma}(A)$ – на 1,50 кг/т, $V_{\sigma}(M_{25})$ – на 4,23 кг/т, $V_{\sigma}(M_{10})$ – на 1,38 кг/т, а $V_{\sigma}(CSR)$ – на 5,33 кг/т чавуну. Таким чином, показано, що стабільність якості коксу має значний вплив на витрату палива і більшою мірою при доменній плавці з вдуванням ПВП.

З метою додаткового зниження витрати коксу за рахунок збільшення витрати

кускового антрациту, що завантажується в піч при одночасному недопущенні захаращення горну доменної печі, авторкою роботи було розроблено і перевірено в промислових умовах спосіб доменної плавки, який передбачає циклічну зміну питомої витрати антрациту. Період роботи печі при питомій витраті антрациту 60-70 кг/т чавуну, у такому способі, дорівнює 15-30 діб, а період роботи печі при питомій витраті антрациту 80-90 кг/т – 7-12 діб відповідно. Ефективність даного способу було перевірено в умовах роботи доменних печей корисним об'ємом 2000 і 2700 м³ ПАТ «АМКР».

В четвертому розділі виконана оцінка впливу якості агломерату і коксу на техніко-економічні показники роботи доменної печі з урахуванням комплексних показників газодинамічного режиму плавки.

Для аналізу використані техніко-економічні показники роботи доменних печей ПАТ «АМКР» в періоди роботи на агломераті з різними металургійними властивостями і різним діаметром фурм. Підтверджена залежність продуктивності печей і витрати коксу не тільки від якості шихтових матеріалів, а й від розподілу газового потоку за перетином печі. Встановлена доцільність збільшення повних механічних енергій комбінованого дуття і горнового газу, особливо при підвищенні газопроникності шихти за рахунок поліпшення якості сировини.

На підставі досліджень встановлено, що чергування фурм різного діаметру, разом з поліпшенням якісних характеристик шихтових матеріалів, додатково сприяє посиленню позитивного ефекту за рахунок розширення зон горіння в горні печі. Якщо при цьому зростає повна механічна енергія горнового газу і збільшується глибина проникнення горнового газу до осі печі, ефект від використання високоякісної сировини максимізується.

Встановлено, що в залежності від умов роботи печі існують граничні значення повної енергії потоку комбінованого дуття в фурмі і повної енергії потоку горнового газу, нижче яких нормальне сходження шихтових матеріалів і нормальний газорозподіл в горні неможливі. У зв'язку з цим рекомендовано на доменних печах постійно контролювати зміни повних механічних енергій комбінованого дуття і горнового газу і порівнювати їх з показниками, отриманими в кращі періоди роботи печей, здійснюючи необхідні корективи дуттьового режиму.

Об'єктивність теоретичних висновків автора підтверджена дослідженнями роботи доменної печі №8 ПАТ «АМКР» корисним об'ємом 2700 м³, де зі зменшенням діаметра фурм з 165 до 140 мм кінетична енергія потоку дуття зросла на 64,8%, при цьому повна енергія потоку комбінованого дуття збільшилася всього на 1,7%, а повна енергія горнового газу навіть зменшилася з 4050,0 до 3978,7 кДж/с. Така зміна енергетичних параметрів плавки не дозволила істотно збільшити довжину зон горіння перед фурмами і тим більше не забезпечила очікуваного більш глибокого проникнення газового потоку до центру печі, навіть за умови завантаження в піч більш якісного агломерату.

У п'ятому розділі виконані дослідження впливу нерівномірності витрати дуття та комплексних параметрів дуттьового режиму по фурмах на продуктивність печі і питому витрату коксу в доменній плавці з метою вдосконалення методів підвищення рівномірності розподілу параметрів доменної плавки по колу печі.

За результатами аналізу впливу нерівномірності були отримані кореляційні

залежності продуктивності печі №9 ПАТ «АМКР» і питомої витрати коксу від рівномірності розподілу дуття та комплексних параметрів дуттьового режиму плавки, за якими встановлені кількісні співвідношення. Так зниження коефіцієнта варіації розподілу витрати дуття по фурмам на 1% призводить до підвищення продуктивності печі на 1,1% та зниження питомої витрати коксу на 0,97%; зниження коефіцієнта варіації повної механічної енергії потоку комбінованого дуття на 1% призводить до підвищення продуктивності печі на 0,7% та зниження питомої витрати коксу на 0,72%; зниження коефіцієнта варіації теоретичної температури на 1% призводить до підвищення продуктивності печі на 0,79% та зниження питомої витрати коксу на 0,46% та т. ін.

За результатами досліджень показано, що при високій нерівномірності витрати дуття по фурмах неможливо знизити нерівномірність теоретичної температури, виходу горнового газу і двох повних енергій при будь-яких варіантах зміни абсолютних значень витрат природного газу, кисню і пари, зміни температури природного газу і температури дуття. В дисертаційній роботі були проаналізовані шляхи підвищення рівномірності розподілу дуття по колу горна доменної печі та розроблені оригінальні пристрої для контролю та регулювання витрати дуття по фурмам на теплових трубках, що забезпечило цим пристроям підвищену стійкість і надійність роботи.

З метою збільшення продуктивності печі доменного цеху №1 АМКР і зниження витрати коксу за рахунок розширення можливостей управління розподілом шихтових матеріалів за радіусом колошника доменної печі двохконусним завантажувальним пристроєм з пелюстковим розподільником шихти (ПРШ) або калібратором Тарасова (КТ) були розроблені конструкції колошника печі з відбійними решітками, що дозволяють організувати в центрі колошника коксову «віддушину».

Серед параметрів, які дозволяють найкращим чином узгоджувати заходи впливу на хід печі «зверху» і «знизу», авторка роботи називає рудне навантаження на кокс за радіусом колошника доменної печі і повну механічну енергію горнового газу. Знайдені експериментально оптимальні характеристики цих двох параметрів можуть в процесі подальшої експлуатації взаємно корегуватися при зміні умов роботи доменної печі. Реалізується запропонована методика шляхом визначення оптимальних значень повної механічної енергії горнового газу і радіусу осьової «віддушини» для конкретних умов роботи доменної печі з високою продуктивністю і низькою витратою коксу. Далі, у разі потреби, здійснюється взаємне регулювання радіусу осьової «віддушини» і величини повної енергії горнового газу. Така методика корегувань пройшла перевірку на доменній печі корисним об'ємом 5000 м³ ПАТ «АМКР».

У шостому розділі виконано теоретичне обґрунтування особливостей ведення доменної плавки при вдуванні в піч ПВП, для чого спочатку були проаналізовані досвід впровадження та проблеми освоєння технології вдування ПВП на печі №9 ПАТ «АМКР» об'ємом 5000 м³. В дисертаційній роботі була розроблена методика визначення повної енергії потоку горнового газу з урахуванням вдування пиловугільного палива.

У ході подальших досліджень з метою підвищення ефективності використання ПВП в доменній плавці була розроблена методика визначення зміни

траєкторії газового потоку в нижній зоні печі при переході з вдування природного газу на вдування ПВП. З використанням розробленої методики встановлено, що при переході з вдування природного газу на ПВП відбувається зміна траєкторії потоку газу в нижній частині доменної печі, яка супроводжується посиленням периферійного ходу газового потоку. Усувати причини сильно розвиненого периферійного ходу газового потоку при використанні технології з вдуванням ПВП, за ствердженнями авторки дисертації, необхідно шляхом узгодженого управління газодинамікою доменної плавки заходами впливу не тільки «зверху», а й «знизу».

У сьомому розділі виконано порівняння ефективності використання технології вдування ПВП та завантаження в доменну піч кускового антрациту на доменній печі №9 об'ємом 5000 м³ ПАТ «АМКР».

Встановлено, що технологія заміщення коксу кусковим антрацитом у поєднанні з вдуванням невеликої кількості природного газу дозволяє досягти зменшеної витрати коксу без використання ПВП. Переваги технології вдування ПВП у порівнянні з технологією завантаження кускового антрациту можуть бути реалізовані при збільшенні витрати ПВП до 200-250 кг/т чавуну і скороченні витрати коксу до 300-350 кг/т чавуну. Виконані наукові узагальнення дозволили зробити висновок, що на доменних печах, де ще не використовується технологія вдування ПВП і де умовами її освоєння повинні бути забезпечення печей коксом і залізородною сировиною високої якості, а також підготовка самої печі і всіх її систем до впровадження ПВП, технологія завантаження в доменні печі кускового антрациту може забезпечити значне зниження витрати коксу і собівартості чавуну.

6. Повнота відображення у опублікованих роботах основних наукових та практичних результатів дисертації

Основні результати дисертації достатньо повно представлені автором у 127 роботах, у тому числі: у 9 монографіях, у 21 статті в спеціалізованих наукових виданнях, затверджених Державною атестаційною комісією МОН України, у 31 статті в іноземних виданнях, у 41 доповіді на наукових конференціях, у 10 патентах України, у 15 статтях, що увійшли до науково-метричної бази Scopus. Ступінь апробації результатів дисертаційної роботи можна вважати достатнім.

Опубліковані наукові роботи, в цілому, відповідають темі дисертації, розкривають основні положення і в достатній мірі представляють отримані автором результати. Кількість і склад публікацій відповідає вимогам Державної атестаційної комісії МОН України, що пред'являються до дисертаційних робіт.

7. Основні зауваження по дисертаційній роботі

1. В першій главі в розділі 1.4. виконаний аналіз впливу неоднорідності дуттьового режиму доменної плавки на роботу доменної печі. Потребує додаткових пояснень, що містить показник «неоднорідності» дуттьового режиму (розд. 1.4, с. 56), а також обґрунтування коректності використання терміну.

2. Яку методику застосовано у дослідженні при визначенні техніко-економічної доцільності введення металізованих окатишів в шихту для виробництва локальних спеків (висновки до розділу 3, с. 102)? Яка ступінь техніко-економічної обґрунтованості такого рішення?

3. Чим пояснюється коливання впливу показників якості коксу в залежності від «величини самого показника». Наприклад, у висновках до третього розділу

автор зазначає: «збільшення M_{25} в діапазоні 87-90 % на кожен 1% дає зниження приведеної витрати коксу на 3,9 кг/т чавуну» (с. 145). Який характер впливу даного показника при відхиленні від наведеного діапазону, наприклад у бік його зменшення?

4. Авторкою у четвертому розділі дисертації доведено існування «граничних значень повної енергії потоку комбінованого дуття в фурмі і повної енергії потоку горнового газу», відхилення від яких призводить до порушень нормального ходу плавки (розд. 4, стор. 167). З врахуванням цих даних декларується необхідність визначення раціонального діаметра та кількості фурм для «конкретних умов доменної плавки» (розд. 4, с. 177). Чи запропоновані за результатами досліджень вирази для проведення таких розрахунків?

5. В п'ятому розділі авторкою встановлено «значну нерівномірність витрати дуття по фурмам доменних печей» (розд. 5, с. 193). Було б доцільно приділити окрему увагу встановленню кількісного показника та науковому обґрунтуванню виникнення причин такої нерівномірності.

6. Як відомо, робота низу доменної печі багато в чому залежить від умов формування коксової насадки в горні і заплечиках. В тексті роботи не пояснюється яким чином нерівномірність розподілу коксу, заподіяна запропонованими конструкціями колошника (розд. 5, с. 210, рис. 5.10 і 5.11), впливатиме на формування коксової насадки, адже по вертикалі опускання коксового дрібняку під відбійними плитами утворюватися додаткові «коксшлакові гнізда».

7. Потребує додаткових пояснень твердження авторки про те, що безконусний засипний апарат (БЗА) поліпшує розподіл шихти по окружності доменної печі (розд. 5, с. 219). Як відомо, за допомогою БЗА ефективно регулюється лише радіальний розподіл шихти, а специфіка видачі матеріалів з бункерів і специфіка роботи обертового лотка накладають обмеження в досяганні рівномірного розподілу матеріалів по окружності колошника.

8. Порівняння показників роботи доменної печі об'ємом 5000 м^3 у 2005, 2016 та 2017 років не можна вважати у повній мірі коректним (розд. 7, табл. 7.3) оскільки надмірний тиск колошникового газу в періоди 2005 та 2016 років складав 121-129 кПа, а у 2017 – тільки 54 кПа. Тобто, якщо в перших двох періодах порівняння питань не викликає, то стосовно 2017 року період відрізняється різкою відмінністю газодуттєвого режиму, характерною для часів відпрацювання технології ведення печей на підвищеному тиску. У зв'язку з цим, висновок авторки про погіршення показників плавки внаслідок вдування ПВП (с. 268) складно віднести до категорії достатньо обґрунтованих.

9. При вивченні досвіду впровадження та проблем освоєння технології вдування пиловугільного палива на доменній печі об'ємом 5000 м^3 ПАТ «АМКР», на жаль, недостатня увага приділена властивостям і характеристикам самого пиловугільного палива та обладнання для його вдування в піч, які досить суттєво впливають на ефективність реалізації такої технології.

10. Робота тільки б виграла у разі виконання авторкою не тільки порівняльної оцінки технологій ПВП та використання кускового антрациту (розд. 7, с. 260), а і наукового обґрунтування переваг запропонованого способу завантаження у піч та використання антрациту у доменній плавці.

Вказані зауваження не знижують у цілому наукової та практичної цінності

роботи, виконаної на належному науково-технічному рівні, з використанням сучасних методів досліджень та обробки експериментальних даних.

8. Висновок про відповідність дисертації вимогам п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567

Представлена дисертація Кассім Дарії Олександрівни є закінченою науковою працею, в якій отримані нові наукові та експериментально обґрунтовані результати, за допомогою яких вирішена проблема вдосконалення доменної плавки в цілому за рахунок підвищення ступеня використання теплової та хімічної енергії газового потоку шляхом його раціонального розподілу по поперечному перерізу доменної печі як «зверху», так і «знизу».

Наукова новизна та практичні результати, які винесені на захист, відповідають темі та меті дисертаційної роботи, а сама дисертація виконана на достатньо високому науково-технічному рівні. Текст дисертації викладений з використанням сучасної науково-технічної термінології.

Результати досліджень в достатній мірі проілюстровані та доповнені таблицями. Загальні висновки відповідають результатам досліджень. Основні і найбільш важливі положення дисертаційної роботи у повній мірі представлені в публікаціях автора.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.16.02 – «Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів».

Дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, є закінченою кваліфікаційною науковою роботою, а її авторка, Кассім Дар'я Олександрівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – «Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів».

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри металургії
чорних металів ім. професора В.І. Логінова
Дніпровського державного технічного університету,
доктор техн. наук, професор

 Є.М. Сігарьов

Підпис Є.М. Сігарьова засвідчую:
Начальник відділу кадрів ДДТУ

 І.І. Лесова

