

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Кассім Дар'ї 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 теми дисертації

Нині підвищення ефективності доменного виробництва здійснюється за рахунок удосконалення підготовки шихтових матеріалів; використання домішок, що містять вуглець, у вигляді комбінованого дуття (природний газ, пиловугільне паливо, мазут та ін.) та матеріалів, які заміщують кокс (антрацит, вугілля, вугільно-коксіві брикети, відходи графітового виробництва та ін.); оптимізації розподілу шихтових матеріалів на колошнику у взаємозв'язку з управлінням подачею дуття та пиловугільного палива у фурми з метою досягнення максимально можливого ступеня використання газового потоку. Взаємозв'язок цих факторів обумовлює необхідність їх спільної розробки та розвитку.

Одним з напрямків удосконалення доменної плавки є використання огрудкованої залізовмісної сировини, яка поєднує кращі властивості агломерату та окатишів. Удосконалення відомих гібридних технологій отримання огрудкованих матеріалів, які об'єднують в собі, у різному ступеню, процеси агломерації, виробництва окатишів та металізації, а також розробка нової технології отримання огрудкованої залізородної сировини з підвищеним вмістом заліза та залишковим вуглецем для доменної плавки, що виконано у дисертаційній роботі, є актуальною задачею.

Особливу актуальність набуває у сучасних умовах розвиток теоретичних основ управління газодинамічним режимом плавки за рахунок удосконалення узгодження розподілу шихти по радіусу та окружності печі з управлінням подачі дуття та пиловугільного палива у фурми.

У зв'язку з цим, розвиток теоретичних уявлень про особливості ведення доменної плавки в залежності від паливно-сировинних та газодинамічних параметрів роботи печі актуально та направлено на комплексне рішення проблеми підвищення ефективності виплавки чавуну у доменних печах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. 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. Основні наукові положення, результати, висновки та рекомендації, їх новизна, ступінь обґрунтованості та достовірності

Отримані у дисертації результати характеризуються достатньо повною аргументацією наукових положень, використанням сучасних методів дослідження, підтверджуються аналізом науково-технічної літератури. Цьому сприяло використання широкого методологічного інструментарію та літературної бази. Дисертантом, як зазначається у рукописі дисертації, використано 300 джерел, у яких відображено різні аспекти проблематики дисертації. Теоретичні дослідження виконані при коректному застосуванні методів математичного моделювання, статистичного і технологічного аналізу. Достовірність експериментальних даних забезпечується використанням сучасних засобів і методик досліджень. Отримані результати і висновки базуються на фундаментальних положеннях теорії металургійних процесів, у тому числі теорії огрудкування залізородних матеріалів, а також газодинаміки доменної плавки.

В дисертаційній роботі виконано комплекс теоретичних та експериментальних досліджень, направлених на підвищення ефективності доменної плавки в сучасних паливно-сировинних і технологічних умовах за рахунок покращення газодинамічних умов роботи доменної печі і якості шихтових матеріалів. Отримані результати відкривають нову можливість для розробки нових способів управління доменною плавкою шляхом узгодженого регулювання розподілу шихтових матеріалів з газодинамічною роботою низу печі.

Основними найбільш вагомими науковими результатами є:

1. Уперше визначений кількісний і якісний вплив нестабільності якості коксу на величину коксового еквіваленту при вдуванні в доменну піч пиловугільного палива, що дозволяє підвищити точність технологічного аналізу параметрів роботи доменної печі.

2. Уперше встановлений кількісний вплив коливань комплексних параметрів дуттьового режиму, таких як витрата дуття по фурмам, повна енергія потоку комбінованого дуття на зрізі фурми, теоретична температура горіння коксу, вихід горнового газу і повна енергія потоку горнового газу, на продуктивність доменної печі і питому витрату коксу.

3. Уперше встановлений 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 обов'язковим узгодженим коригуванням параметрів завантаження і дуття, зокрема коригуванням радіусу осьової “віддушини” в залежності від значень повної механічної енергії горнового газу.

4. 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, які дозволили пояснити причини розвитку периферійного ходу доменної печі при вдуванні ПВП.

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 в цих умовах здійснювати достовірний контроль розмірів зон горіння перед фурмами печі і розподілу газового потоку уздовж радіусу горна.

6. Отримали подальший розвиток дослідження технологічних особливостей 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.

3. Значення отриманих у дисертації наукових та прикладних результатів для науки та практики

Практичне значення мають наступні результати дисертаційної роботи:

- вдосконалені методи управління технологією доменної плавки при змінах складу і якості залізорудної сировини і коксу;
- 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”;
- визначення на основі постійного контролю зміни повних механічних енергій комбінованого дуття і горнового газу з подальшим порівнянням їх з показниками, отриманими у кращі періоди роботи доменних печей, необхідних корегувань дуттьового режиму;
- методика визначення траєкторії газового потоку в нижній зоні доменної печі при переході з вдування природного газу на вдування пиловугільного палива;
- методика визначення і контролю комплексних показників комбінованого дуття і горнового газу при реалізації технології вдування в піч пиловугільного палива;
- технологія доменної плавки при завантаженні на колошник доменних печей кускового антрациту.

Результати дисертаційної роботи випробувані та впроваджені на доменних печах ПАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг”.

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 проце-

сів виплавки чавуну” та при виконанні випускних кваліфікаційних робіт бакалаврів та магістрів спеціальності 136 “Металургія”.

4. Загальна характеристика змісту дисертації.

Дисертація складається із вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу особливостей сучасного етапу розвитку доменної плавки, одним з найважливіших напрямків удосконалення якої є забезпечення доменних печей високоякісними залізорудними матеріалами та коксом. Виконаний аналіз показав актуальність розробки нового виду огрудкованої залізорудної сировини, що поєднує кращі властивості агломерату та окатишів. Показано, що вдування у доменні печі ПВП та використання кускового антрациту потребує поліпшення якісних характеристик коксу.

Автором показано, що в умовах вдування у доменну піч ПВП, при наявності нерівномірності розподілу параметрів дуттьового потоку по фурмах, важливо прогнозувати зміну розмірів зон горіння і глибину проникнення газового потоку до центру горна.

В результаті виконаного аналізу технічної інформації підтверджена актуальність досліджень 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 розробки технологій виробництва нових видів залізорудного матеріалу – офлюсованих локальних спеків та офлюсованого огрудкованого матеріалу із залишковим вуглецем, що мають комплекс кращих металургійних характеристик, притаманних агломерату та окатишам. Встановлено, що за рахунок часткового відновлення від газифікації закатаного твердого палива ступінь відновлення офлюсованого огрудкованого матеріалу із залишковим вуглецем дещо вище, ніж у раніше розроблених офлюсованих локальних спеків без залишкового вуглецю. Це дозволило забезпечити вищий вміст заліза в залізовмісній частині в отриманих офлюсованих спеках із залишковим вуглецем, ніж у промисловому агломераті, і приблизно на тому ж рівні, що в промислових окатишах.

Представлені результати розробки нової технології отримання офлюсованих локальних спеків з підвищеним вмістом заліза і залишковим вуглецем. Очікувана ефективність доменної плавки при використанні локальних спеків з підвищеним вмістом заліза та залишковим вуглецем досліджена автором для умов роботи доменної печі ПАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг” №9 об’ємом 5000 м³. Встановлено, що використання замість традиційних видів залізорудної сировини локальних спеків у доменній плавці дозволить зменшити питому витрату коксу та підвищити продуктивність доменної печі за рахунок підвищення вмісту заліза у всій шихті, зменшення вмісту дріб’язку (-5 мм) в шихті, виведення із шихти вапняку та додаткового

надходження залишкового вуглецю з локальними спеками. Показано, що при вдуванні ПВП та використанні локальних спеків продуктивність доменної печі та питома витрата коксу можуть досягти своїх проектних показників, особливо якщо при цьому забезпечується висока якість коксу.

У розділі 3 представлені результати досліджень напрямків підвищення ефективності використання твердого палива з метою покращення показників доменної плавки, зокрема обґрунтовані підходи до комплексної оцінки якості коксу не тільки з точки зору величини абсолютних показників, але і відхилення від них, тобто з урахуванням стабільності якості доменного коксу.

Виконаний розрахунковий аналіз залежності ефективності роботи доменних печей від коливання параметрів якості коксу. Встановлено, що нестабільність якості коксу виражається в значних коливаннях показників міцності коксу M_{25} і стираності M_{10} . На підставі виконаного аналізу представницької вибірки статистичних даних роботи доменної печі №9 корисним об'ємом 5000 м^3 АМКР знайдені рівняння, що описують кількісний зв'язок показників якості коксу (M_{25} , M_{10} і вмісту фракції $+80 \text{ мм}$) з приведеною його витратою.

Автором вперше виконані розрахунки обліку впливу коефіцієнтів варіації показників якості коксу при їх зміні на 1 % на коксовий еквівалент при вдуванні в доменну піч ПВП. Встановлені чисельні значення впливу зменшення на 1 % кожного з коефіцієнтів варіації на питому витрату коксового еквіваленту.

Виконано аналіз технологічних особливостей і обов'язкових умов ведення доменної плавки при завантаженні на колошник кускового антрациту, до яких відносяться: переведення доменних печей з циклічної змішаної системи завантаження залізорудних матеріалів і коксу на роздільну зі значним збільшенням маси подачі; завантаження антрациту спільно з залізородною частиною шихти, що виключає "засмічення" коксових шарів дріб'язком при руйнуванні вугілля і забезпечує практично повну газифікацію дріб'язку киснем шихти; раціональний розподіл антрациту по радіусу печі – завантаження антрациту в периферійну або проміжну зони колошника печі, де гарантована інтенсивна газифікація вуглецю антрациту киснем шихти та діоксином вуглецю газової фази.

Автором розроблений і перевірений в промислових умовах спосіб доменної плавки, який передбачає циклічну зміну питомої витрати антрациту, причому період роботи доменної печі при питомій витраті антрациту $60\text{-}70 \text{ кг/т}$ чавуну дорівнює $15\text{-}30$ діб, а період роботи печі при питомій витраті антрациту $80\text{-}90 \text{ кг/т}$ – $7\text{-}12$ діб.

У розділі 4 дисертаційної роботи виконана оцінка впливу якості агломерату і коксу на техніко-економічні показники роботи доменної печі з урахуванням комплексних показників газодинамічного режиму плавки.

Автором виконані дослідження роботи доменних печей об'ємом 2700 і 2000 м^3 , за результатами яких встановлено, що при зміні якості агломерату та окатишів у поєднанні зі зміною параметрів дуттьового режиму плавки

необхідно збільшувати повні механічні енергії комбінованого дуття і горнового газу, що відповідають за довжину зони горіння і глибину проникнення газового потоку до центру горна доменної печі, особливо при підвищенні газопроникності шихти за рахунок поліпшення якості сировини. Показано, 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 – кокс лежить перед фурмами, центр печі погано обробляється газами, температури в центрі горна падають, рівність ходу печі порушується; а вище яких порушується нормальна робота периферії, найбільшого за площею і рудним навантаженням перетину печі, з надмірно інтенсивним газовим потоком в центрі.

Показано позитивний ефект від чергування фурм різного діаметру, що в поєднанні з поліпшенням якісних характеристик шихтових матеріалів додатково сприяє посиленню позитивного ефекту за рахунок розширення зон горіння в горні печі.

У п'ятому розділі представлені результати досліджень впливу нерівномірності витрати дуття та комплексних параметрів дуттьового режиму по фурмах на продуктивність печі і питому витрату коксу в доменній плавці.

Автором, за допомогою методу відновлення одновимірних залежностей, визначено вплив нерівномірності витрати дуття по фурмам, повної енергії потоку комбінованого дуття на зрізі фурми, а також теоретичної температури горіння коксу, виходу горнового газу і повної енергії потоку горнового газу перед кожною фурмою на продуктивність і питому витрату коксу для доменної печі. За результатами аналізу впливу нерівномірності автором отримані залежності продуктивності печі і питомої витрати коксу від наведених вище вхідних параметрів, за допомогою яких встановлено, що 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 виходу горнового газу на 1 % призводить до підвищення продуктивності печі на 0,89 % та зниження питомої витрати коксу на 0,73 %; зниження коефіцієнта варіації повної механічної енергії потоку горнового газу на 1 % призводить до підвищення продуктивності печі на 0,72 % та зниження питомої витрати коксу на 0,65 %; зниження коефіцієнта варіації теоретичної температури на 1 % призводить до підвищення продуктивності печі на 0,79 % та зниження питомої витрати коксу на 0,46 %.

Автором обґрунтовано перспективність реалізації системи контролю та регулювання витрати дуття по фурмах, яка спрямована на підвищення рівномірності розподілу дуття по колу горна доменної печі. З метою підвищення стійкості і надійності роботи сопла в системі вимірювання витрати дуття по фурмах доменної печі розроблений пристрій на теплових трубках,

які за рахунок інтенсивного відводу теплоти захищають сопло від термічної деформації при забезпеченні сталості встановленого значення коефіцієнту опору сопла. Це технічне рішення сприяє надійній роботі системи контролю та регулювання витрати дуття по фурмах доменної печі, яка дозволяє ліквідувати окружну нерівномірність газорозподілу в доменній печі, стабілізувати тепловий та газодинамічний режими доменної плавки з відповідним зростанням продуктивності печі, істотним зниженням питомої витрати коксу і зносу футерівки доменної печі

З метою розширення можливостей управління розподілом шихтових матеріалів по радіусу колошника доменної печі двохконусним завантажувальним пристроєм з пелюстковим розподільником шихти (ПРШ) або калібратором В.П.Тарасова (КТ) автором розроблена конструкція колошника печі з відбійними решітками.

Виконані автором дослідження, які дозволили експериментально встановити залежність осьової віддушини від повної механічної енергії горнового газу, є значним кроком по узгодженню заходів регулювання доменною плавкою “зверху” і “знизу” та відкривають великі перспективи подальшої розробки способів управління процесом.

У шостому розділі виконані теоретичне дослідження особливостей ведення доменної плавки при вдуванні в піч ПВП.

Представлені результати виконаних досліджень особливостей впровадження та освоєння технології вдування пиловугільного палива на доменній печі об’ємом 5000 м³.

Автором вперше розроблені оригінальні методики визначення повної енергії потоку горнового газу з урахуванням вдування пиловугільного палива та траєкторії потоку горнового газу, які дозволили дати наукове пояснення причин посилення периферійного потоку газу при заміні природного газу (ПГ) на ПВП. Дослідження повних механічних енергій комбінованого дуття і горнового газу при вдуванні ПГ та ПВП, вказали на значне зменшення довжини зони горіння і глибини проникнення горнового газу до центру горна при переході з вдування природного газу на вдування пиловугільного палива. Це підтверджується і змінами траєкторії потоку газу в нижній частині доменної печі.

Автором розроблена методика визначення і контролю комплексних показників повітряного і комбінованого дуття і горнового газу для технології вдування в доменну піч пиловугільного палива, за допомогою якої встановлено, що без вдування природного газу при підвищенні витрати ПВП з газового вугілля на кожні 10 г/м³ дуття теоретична температура горіння знижується на 19,4 °С.

Показано, що нерівномірні витрати дуття і ПВП по фурмам доменної печі призводять до значної нерівномірності повних енергій потоків горнового газу і відповідно глибини проникнення газового потоку до центру горна, що негативно відображається на ході доменної печі.

У цьому розділі представлені результати порівняння ефективності використання технології вдування ПВП та завантаження в доменну піч кускового антрациту на доменній печі №9 об'ємом 5000 м³ АМКР.

Показано, що заміщення коксу кусковим антрацитом у поєднанні з вдуванням невеликої кількості природного газу дозволяє досягати достатньо низької витрати коксу без використання технології ПВП, яка до того ж пов'язана з високими капітальними витратами. Автор стверджує, що 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 автором дослідження дозволили зробити висновок, що використання кускового антрациту може забезпечити значне зниження витрати коксу і собівартості чавуну. На відміну від вдування ПВП, використання антрациту у доменній печі не потребує її забезпечення коксом і залізорудною сировиною високої якості, а також виключає капітальні затрати на впровадження спеціального обладнання. Особливо ця технологія ефективна при обмеженнях продуктивності печей через проблеми з реалізацією готової продукції, коли печі переводять в низькоінтенсивний режим роботи і коли на перший план виходить вирішення проблем економіки цеху та підприємства.

5. Конкретні напрями використання одержаних наукових і прикладних результатів роботи

Результати роботи можуть бути використані при дослідженнях, які спрямовані на удосконалення існуючих технологій отримання залізорудної сировини для доменної печі або створення нових видів залізорудних матеріалів, при розробці нових способів автоматизованого управління доменною плавкою шляхом узгодженого регулювання ходом доменної печі розподілом шихтових матеріалів та розподілом дуття по фурмах, а також можуть бути реалізовані в навчальному процесі Національної металургійної академії України та інших вузів, які здійснюють підготовку спеціалістів для чорної металургії.

6. Повнота викладення в опублікованих роботах основних наукових і прикладних результатів дисертаційної роботи

Основні результати, отримані у дисертації, опубліковані у 127 роботах, у тому числі: 9 монографіях, 21 статті в спеціалізованих наукових виданнях, затверджених ДАК України, 31 статті в іноземних виданнях, 15 статтях, які увійшли до Scopus. Отримано 10 патентів України. Основні положення роботи викладені у формі доповідей, які зроблені на 41 науковій конференції. В цілому, публікації за темою дисертації у повному обсязі розкривають зміст роботи.

7. Основні недоліки роботи, яка захищається.

Оцінка в цілому змісту роботи, її завершеності, головні недоліки в частині оформлення

1. Автор оперує кутом укусу матеріалів, як одною з основних його переваг. Але, кут укусу не може бути його перевагою, тому що не є технологічною властивістю, яка може бути використана для управління доменною плавкою.

2. З роботи незрозуміло, які з приведених технологій виробництва огрудкованої залізорудної сировини розроблені безпосередньо автором, а які удосконалені.

3. Викликає сумнів економічна доцільність використання металізованих окатишів у готовому продукті.

4. Незрозуміло, як обґрунтована кількість остаточного вуглецю у складі спеків?

5. У дисертаційній роботі відсутні дослідження поведінки нових видів сировини у зонах первинного шлакоутворення. Відомо, що існує обмеження змісту FeO у первинному шлаку (його кількість у пристінкової зоні) з точки зору збереження футерівки та створення гарнісажу.

6. У роботі показано, що використання у складі спеків залишкового вуглецю дозволить зменшити витрати коксу. Чи узгоджена кількість залишкового вуглецю, ПВП та витрати коксу з мінімально допустимою товщиною коксових вікон у пластичній зоні?

7. Не ясно, навіщо описувати послідовно підбір ступеня поліному, яким описуються зв'язки показників якості коксу з його витратою? Коефіцієнти кореляції свідчать про слабкий зв'язок параметрів.

8. Як можуть бути використані статистичні залежності витрати коксу від показників його якості? Аналогічне питання стосується і залежностей коефіцієнтів варіації показників якості коксу. Висновки з вивчення опиту роботи стосуються конкретно ДП №9. З якою метою автором виконано аналіз того, що було?

9. Вплив якості шихтових матеріалів на техніко-економічні показники плавки відомий – чим краще шихта, тим вище показники. Що нового встановив автор?

10. Ряд висновків по розділу 3 закінчуються тим, що отримані результати відповідають теорії доменної плавки. Що нового отримано в результаті досліджень?

11. Не достає елементів узагальнення до досліджень 4 розділу, він надто описовий. Сформульований 1-ший висновок тривіальний. Варто було б підкреслити той факт, що вперше за допомогою показників повної механічної енергії з урахуванням якості шихтових матеріалів може бути обґрунтовано вибір раціональної кількості фурм та їх діаметр для конкретної доменної печі. Під цей висновок варто було би побудувати текст розділу.

12. Автору слід враховувати, що недолік БЗП П. Вюрта, який пов'язаний з незамкнутістю кілець, компенсується за допомогою розробленого у Ін-

ституті чорної металургії режиму роботи лоткового розподільника - „попарне переступання”.

13. Не зрозуміло суть твердження про те, що при «рудному навантаженні на кокс більше 3,5 т/т ступінь використання газу перестає рости і не відображає можливого перевантаження рудними матеріалами окремих кільцевих зон колошника”.

14. Не зрозуміло, навіщо автор детально описує математичну модель розрахунку розподілу шихти на колошнику, яка розроблена в НМетАУ?

15. Автор стверджує, що «Розроблена в НМетАУ математична модель завантаження печі лотковим завантажувальним пристроєм дозволяє отримувати кількісні характеристики розподілу компонентів шихти по перетину печі”. Таке трактування того, що модель дозволяє отримувати характеристики розподілу компонентів шихти не точна, тому що вона не враховує формування змішаних порцій (за участі різних домішок) та особливості їх вивантаження зі скіпів.

16. На мою думку, у якості „заключного акорду” дисертації слід було би привести відомості про те, що було реалізовано на підприємстві (поліпшення якості сировини та газодинамічних умов плавки). Зіставлення ефективності використання ПВП та антрациту не зовсім вдало завершує цикл досліджень.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. В цілому робота є завершеною науковою працею, характеризується наявністю елементів наукової і технічної новизни одержаних результатів. Дисертація написана технічно грамотно. Зміст дисертації відповідає спеціальності, за якою автор захищається.

8. Ідентичність автореферату щодо змісту дисертації

Автореферат повністю відповідає змісту дисертації і розкриває основні наукові та практичні результати.

9. Загальні висновки

Дисертаційна робота Кассім Дарії Олександрівни за рівнем теоретичних і експериментальних досліджень є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності дозволяють вирішити важливу проблему – підвищення ефективності виплавки чавуну у доменних печах за рахунок покращення якості шихтових матеріалів і газодинамічних умов роботи доменної печі.

За напрямком проведених досліджень дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.16.02 – “Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів”.

Дисертація за науковим рівнем, практичним значенням отриманих результатів, об’ємом, змістом, оформленням відповідає вимогам пункту 8

«Положення про порядок присудження наукових ступенів», а її автор Кассім Дар'я Олександрівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – “Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів”.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, завідувач відділом

технологічного обладнання та систем управління

Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова

НАН України, старший науковий співробітник *А.Г. Муравйова* А.Г. Муравйова

Підпис Муравйової І.Г. засвідчую:

Вчений секретар Інституту чорної металургії, к.т.н.



Г.А. Кононенко