

ВІДГУК

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

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Основними показниками, що характеризують ефективність доменної плавки і обумовлюють конкурентоспроможність готової продукції доменного виробництва є продуктивність печі і витрата коксу. При цьому задача скорочення витрати коксу з метою зменшення собівартості чавуну завжди залишається актуальною. Найбільш ефективними заходами, що дозволяють істотно поліпшити техніко-економічні показники роботи доменних печей є підвищення якості коксу і залізорудної частини шихти, скорочення потреби доменної плавки в теплоті за рахунок оптимізації підготовки шихти і поліпшення організації технології. Крім того, значні резерви в зниженні питомої витрати коксу криються в організації оптимального розподілу шихти і газу по поперечному перетину доменної печі.

Тому тему дисертаційної роботи Кассім Д.О., яка спрямована на вирішення важливої науково-технічної проблеми – вдосконалення технології доменної плавки і підвищення її ефективності за рахунок покращення якості шихтових матеріалів і методів управління газодинамікою плавки, слід вважати актуальною.

Напрямок дисертації відповідає вимогам керівних документів МОН України про присудження вчених ступенів.

2. Наукова новизна отриманих результатів

В дисертаційній роботі виконано комплекс теоретичних розробок та експериментальних досліджень, направлених на підвищення ефективності до-

менної плавки в сучасних паливно-сировинних і технологічних умовах за рахунок покращення газодинамічних умов роботи доменної печі і якості шихтових матеріалів. Отримані наукові результати використані для досягнення високих показників доменної плавки шляхом узгодженого управління роботою печі “зверху” та “знизу”. Результати роботи є теоретичним узагальненням нових наукових підходів до контролю та управління технологією плавки в залежності від впливу абсолютних значень та коливань показників паливно-сировинних умов та параметрів дуттьового режиму плавки на показники роботи доменних печей.

На основі проведених досліджень в роботі отримані наступні **наукові результати:**

- 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, оскільки раніше враховувалися лише абсолютні показники якості коксу без урахування їх коливань;

- 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.

- уперше встановлено зв'язок радіусу осьової “віддушину” 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 “віддушину” в залежності від значень повної механічної енергії горнового газу, раціональне значення якої визначається за показниками плавки для конкретних умов роботи доменної печі. Ефективна реалізація запропонованого способу забезпечується за рахунок розроблених конструкцій колошника, які розширюють можливості керування розподілом шихтових

матеріалів по радіусу колошника печей, що обладнані найбільш розповсюдженими двохконусними завантажувальними пристроями;

- отримали подальший розвиток теоретичні уявлення про зміни газорозподілу в нижній частині доменної печі в залежності від палива, що вдувається через 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. Отримані результати дають теоретичну оцінку причини розвитку периферійного ходу доменної печі при вдуванні ПВП, що викликано зменшенням енергетичного потенціалу горнового газу.

- 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;

- 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. Практична цінність дисертаційної роботи

Випробувані та впроваджені на доменних печах ПАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг” наступні результати дисертаційної роботи (відповідний Акт додається):

– вдосконалені методи управління технологією доменної плавки при змінах складу і якості залізорудної сировини і коксу;

– методи 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”;

– 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;

– методика визначення траєкторії газового потоку в нижній зоні доменної печі при переході з вдування природного газу на використання 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.

На основі розробки і реалізації нових методів контролю і управління доменною плавкою вирішена важлива проблема підвищення ефективності виплавки чавуну на металургійних підприємствах України, що має народногосподарське значення.

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”.

4. Обговореність та достовірність наукових положень і висновків дисертаційної роботи

Сформульовані в роботі висновки, наукові положення та рекомендації ґрунтуються на детальному вивченні літератури за темою дисертації та на результатах теоретичних і експериментальних досліджень, виконаних з вико-

ристанням комплексу сучасних методів досліджень.

Достовірність отриманих результатів забезпечується відповідністю між теоретичними висновками та практичними результатами.

В роботі використані сучасні методи досліджень, у тому числі математичне моделювання, методи математичної статистики, у тому числі спеціально розроблений для оптимізації технології доменної плавки метод відновлення одновимірних залежностей. Статистична обробка експериментальних даних виконувалася з використанням прикладних комп'ютерних програм.

5. Повнота викладення результатів досліджень у публікаціях

За темою дисертації опубліковано 127 робіт, у тому числі: 9 монографій, 21 стаття в спеціалізованих наукових виданнях, затверджених ДАК України, 31 стаття в іноземних виданнях, 41 доповідь на наукових конференціях, 10 патентів України, 15 статей увійшли до Scopus.

6. Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеності

Дисертаційна робота Д.О. Кассім 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.

У вступі відображена актуальність теми, мета дослідження, визначені задачі, об'єкт і предмет досліджень, сформульована наукова новизна отриманих результатів та їх практична цінність.

У першому розділі, на підставі літературних даних, виконаний аналіз особливостей сучасного етапу розвитку доменного виробництва.

На підставі виконаного аналізу обґрунтовані сучасні вимоги до оцінки якості залізородних матеріалів та коксу для доменної плавки. Враховуючи переваги і недоліки металургійних властивостей агломерату і окатишів, визначена актуальність розвитку доменної технології в напрямку використання однорідного офлюсованого і окускованого залізозмісного матеріалу, який би поєд-

нував найкращі властивості агломерату і окатишів, мав у складі залишковий вуглець та підвищений вміст заліза. Автором узагальнені сучасні вимоги до якості і металургійних властивостей коксу доменного, як основного палива в процесах виплавки чавуну, та визначені основні напрямки поліпшення його якісних характеристик.

З метою вдосконалення доменної технології за рахунок покращення газо-динамічних умов роботи доменної печі виконаний аналіз впливу параметрів дуттьового режиму на техніко-економічні показники доменної плавки та впливу неоднорідності дуттьового режиму доменної плавки на роботу доменної печі.

Вивчення досвіду роботи доменних печей підтвердило наявність нерівномірності розподілу дуття по фурмам. Це призводить до суттєвої нерівномірності роботи печі по колу і зниження техніко-економічних показників доменної плавки. Визначено, що задача контролю і регулювання параметрів дуттьового режиму плавки є першочерговою, без вирішення якої неможливо розраховувати на оптимізацію процесу плавки, особливо на печах великої одиничної потужності.

Виконана оцінка основних напрямків зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів доменної плавки. На думку автора, в сучасних умовах роботи доменних цехів України, особливої актуальності набувають дослідження доменної плавки при реалізації альтернативних напрямків зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів, які не потребують значних капітальних вкладень, як технологія пиловугільного палива, завантаження кускового антрациту на колошник доменних печей.

На підставі виконаного аналізу сформульовані завдання дисертаційного дослідження.

Зауваження до першого розділу : у огляді відомих досліджень технології вдування ПВП у доменну піч відсутні дані про її випробовування у доменному виробництві МК «Запоріжсталь» у минулому столітті під керівництвом Ю.М. Потебні.

Другий розділ присвячений дослідженням технології виробництва офлюсованого огрудкованого залізорудного матеріалу, який поєднує в собі найкращі характеристики агломерату та окатишів. Спільною особливістю розроблених технологій є необхідність попередньої підготовки двох шихт для отримання низько- та високотемпературних окатишів. Високотемпературні окатиші є каркасом готового продукту, а низькотемпературні окатиші, розплавляючись при обпалюванні, є зв'язкою цього каркаса після охолодження. Обпалення здійснюється при максимальній температурі вище (на 50-100 °С) ніж температура плавлення низькотемпературних окатишів, але нижче (на 100-150 °С) ніж високотемпературних.

Виконані дослідження з введенням в якості твердого палива у шихту для виробництва локальних спеків антрациту фракції 0-10 мм, як найменш реакційного з природних палив, який запропоновано обробляти лігносульфонатом натрію для надання гідрофобній поверхні антрациту гідрофільної здібності. Виконаний розрахунок очікуваної економічної ефективності роботи доменної печі об'ємом 5000 м³ при використанні локальних спеків з підвищеним вмістом заліза та залишковим вуглецем показав, що при використанні замість традиційних видів залізорудної сировини розроблених локальних спеків у доменній плавці дозволить зменшити питому витрату коксу та підвищити продуктивність доменної печі за рахунок підвищення вмісту заліза у всій шихті (до 60,0 %), зменшення вмісту дріб'язку (-5 мм) в шихті (до 3,0 %), виведення із шихти вапняку та додаткового надходження залишкового вуглецю з локальними спеками.

Зауваження до другого розділу : у другому розділі недостатня увага приділена необхідності реконструкції обпалювальної машини, що необхідна для переведення її на роботу з виробництва спеків;

відсутній порівняльний розрахунок економічних показників окремого виробництва агломерату та окатишів з собівартістю комплексного продукту, що не дозволяє оцінити цінність запропонованих пропозицій.

Третій розділ направлений на підвищення ефективності використання твер-

дого палива з метою покращення показників доменної плавки. Зокрема виконані дослідження залежності питомої витрати коксу від показників його якості на доменній печі №9 корисним об'ємом 5000 м³ ПАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг” дозволили встановити, що збільшення M_{25} в діапазоні 87-90 % на кожен 1 % дасть 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 % змінить приведену витрату коксу на 2,5 кг/т чавуну.

Виконані дослідження впливу якості коксу на ефективність доменної плавки в печах різного корисного об'єму показали, що ефективність підвищення міцності коксу залежить не тільки від абсолютного рівня показника його міцності, але і від всіх інших умов доменної плавки, починаючи, в першу чергу, з об'єму печі, властивостей шихти, умов завантаження і технології самої плавки. Тому нормувати вплив підвищення міцності необхідно для кожної конкретної доменної печі, або певної групи печей, з урахуванням всіх наведених умов. Виконані дослідження показали, що якість коксу, яка оцінюється показниками міцності M_{25} , стираності M_{10} і вмістом фракції 80 мм, в товарній масі коксу, зі збільшенням об'єму печей, значно більше впливає на продуктивність ніж на пов'язану з нею питому витрату коксу, забезпечуючи при цьому відповідний рівень економічної ефективності роботи доменних печей. На думку автора, причина такого алогізму може полягати в більшій точності контролю продуктивності печей, ніж кількості споживаного коксу, одержуваного, в чималій частини, від зовнішніх постачальників.

В роботі також виконана оцінка впливу стабільності якості коксу на його питому витрату при різних умовах доменної плавки. Зокрема встановлено що зменшення на 1 % кожного з коефіцієнтів варіації скорочує питому витрату коксового еквіваленту, а саме $V_{\sigma}(S)$ – на 1,37 кг/т чавуну, $V_{\sigma}(A)$ – на 1,50 кг/т чавуну, $V_{\sigma}(M_{25})$ – на 4,23 кг/т чавуну, $V_{\sigma}(M_{10})$ – на 1,38 кг/т чавуну, а $V_{\sigma}(CSR)$ – на 5,33 кг/т чавуну.

З метою підвищення ефективності плавки в умовах коливання цін на кокс і

природний газ, а також для підприємств, де ще не реалізована технологія вдування ПВП, виконаний аналіз технологічних особливостей і обов'язкових умов ведення доменної плавки при завантаженні на колошник кускового антрациту, що на думку автора досить перспективно.

Зауваження до третього розділу : з тексту третього розділу не зрозуміло, у чому полягає причина відмінності отриманих результатів впливу показників якості коксу на роботу доменної печі від нормативів Міністерства чорної металургії;

відсутні результати дослідження впливу використання антрациту у доменній печі на якісні показники чавуну.

У четвертому розділі автором виконана оцінка впливу якості агломерату і коксу на техніко-економічні показники роботи доменної печі з урахуванням комплексних показників газодинамічного режиму плавки. З метою обґрунтування необхідності одночасного покращення якості шихтових матеріалів і газодинамічних умов роботи доменної печі виконані дослідження доменної плавки на фурмах різного діаметру при завантаженні в піч високоякісного агломерату та коксу та дослідження роботи доменних печей на неоптимальних повних енергіях потоків комбінованого дуття і горнового газу. За результатами досліджень та виконаного технологічного аналізу результатів роботи доменних печей різного об'єму ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" при зміні якості агломерату та окатишів у поєднанні зі зміною параметрів дуттьового режиму плавки встановлена доцільність збільшення повних механічних енергій 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. Встановлено, що зміна параметрів фурмених пристроїв, разом з поліпшенням якісних характеристик шихтових матеріалів, забезпечує позитивний ефект тільки за умови 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 ви-

сокоякісної сировини стає максимальним.

Автором доведено, 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. На підставі цього 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, для недопущення істотного їх зниження.

Зауваження до четвертого розділу : розглядаючи властивості агломерату і коксу і показники, які їх характеризують, автору слід було б конкретніше визначити їх чисельні значення, що відповідають високоякісним матеріалам; відсутній прикладний алгоритм керування доменним процесом «знизу» і «зверху».

П'ятий розділ присвячений вдосконаленню методів підвищення рівномірності розподілу параметрів доменної плавки по колу доменної печі. З цією метою виконані дослідження впливу нерівномірності витрати дуття та комплексних параметрів дуттьового режиму по фурмам на продуктивність доменної печі і питому витрату коксу в доменній плавці, а також запропоновані напрямки підвищення рівномірності розподілу дуття по колу горна доменної печі. Дослідженнями встановлена значна нерівномірність витрати дуття по фурмам доменних печей, яку не вдалося усунути ні установкою безконусного засипного апарату, який поліпшує розподіл шихти по колу доменної печі, ні збільшенням кількості повітряних фурм, які підвищили рівномірність розподілу дуття по колу печі, ні навіть установкою фурм меншого діаметру з боку, протилежного місцю приєднання повітропроводу.

Отримані високі значення коефіцієнтів кореляції підтвердили сильний прямо пропорційний взаємозв'язок витрати коксу з нерівномірністю параметрів дуттьового режиму. Причому, при високій нерівномірності витрати дуття по фурмам неможливо знизити нерівномірність теоретичної температури, виходу горнового газу і двох повних енергій при будь-яких варіантах зміни витрат природного газу, кисню і пари, зміни температури природного газу і температури пари, шляхом подачі їх безпосередньо в кожную фурму.

З метою узгодженого управління розподілом шихтових матеріалів на колошнику і газового потоку в горні доменної печі автором розроблені конструкції колошнику доменної печі, які оснащують відбійними решітками (стаціонарними чи рухливими) з отворами, установленими під кутом до горизонту, рівним або більшим ніж критичний кут тертя коксу об матеріал відбійної решітки. Такі конструкції доменної печі при їх впровадженні на печах доменного цеху №1 АМКР розширюють можливості керування розподілом шихтових матеріалів по радіусу колошника печі двохконусним завантажувальним пристроєм з пелюстковим розподільником шихти або "калібратором" В.П. Тарасова, підвищуючи продуктивність доменної печі при зниженні питомої витрати коксу.

Зауваження до п'ятого розділу : твердження автора про те, що менший (в зрівнянні з коксом та агломератом) кут природного укусу окатишів порушує необхідний розподіл матеріалів на колошнику доменної печі є не достатньо аргументованим та необґрунтованим. На працюючій печі формування поверхні засипу шихти визначається не тільки кутом природного укусу, але і параметрами газового потоку.

У шостому розділі, на підставі вивчення досвіду впровадження та проблем освоєння технології вдування пиловугільного палива на доменній печі об'ємом 5000 м³, теоретично обґрунтовані особливості ведення доменної плавки при вдуванні в піч пиловугільного палива. Визначені причини частих випадків деформації і горіння повітряних фурм і холодильників, до яких відносяться значна нерівномірність протяжності зон горіння перед фурмами по

колу горна і нераціональна зміна розподілу газового потоку по радіусу доменної печі. З метою теоретичного пояснення таких змін розроблені методики визначення повної енергії горнового газу та траєкторії потоку газу при вдуванні у доменну піч пиловугільного палива. 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. Усувати причини сильно розвиненого периферійного ходу газового потоку при використанні технології вдування ПВП необхідно шляхом узгодженого управління газодинаміки доменної плавки заходами впливу “зверху” і “знизу”.

Зауваження до шостого розділу : З висновків не зрозуміло як розроблена методика визначення зміни траєкторії газового потоку в нижній зоні доменної печі при переході з вдування ПГ на вдування ПВП дозволяє практично здійснювати регулювання розмірів зон горіння перед фурмами печі і газорозподілу по радіусу нижньої зони печі

У сьомому розділі виконаний порівняльний аналіз ефективності технологій доменної плавки з вдуванням ПВП та з завантаженням кускового антрациту на доменній печі об'ємом 5000 м³ ПАТ АМКР та на доменній печі об'ємом 1719 м³ Алчевського металургійного комбінату. Виконані узагальнення дозволили зробити висновок, що на доменних печах, де не використовується технологія вдування ПВП і де умовами її освоєння необхідне забезпечення печей коксом і залізорудною 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. Особливо ця технологія ефективна при обмеженнях продуктивності печей через проблеми з реалізацією готової продукції, коли печі переводять в низько інтенсивний режим роботи і коли на перший план виходить вирішення проблем економіки цеху та підприємства.

Зауваження до сьомого розділу : не зрозуміло на чому базується необхідність доведення витрати термоантрациту саме до 100-140 кг/т чавуну, про яку автор пише у сьомому розділі.

В цілому дисертація відрізняється логічним викладенням наукових матеріалів дослідження і оформлена відповідно до існуючих норм. Автореферат дисертації та опубліковані праці повністю відображають основний зміст роботи.

7. Загальні зауваження до дисертаційної роботи

1. Виклад основних розділів дисертаційної роботи містить багато загальних положень, що ускладнює сприйняття результатів досліджень, виконаних здобувачем.

2. Згідно з назвою дисертаційної роботи дослідження спрямовані на вдосконалення доменної технології. При цьому ні в одному з розділів не розглядається питання забезпечення за допомогою запропонованих автором технічних рішень і нових наукових положень отримання чавуну необхідної якості.

3. Надмірна насиченість різноманітним матеріалом та великий обсяг приведених даних не дозволяють автору сконцентруватися на принципових питаннях і довести їх рішення до логічного завершення з конкретними практичними результатами.

4. Частина матеріалу (дані про реконструкцію заслінок, сопел і т.п.) можливо винести у додатки без зниження наукової цінності роботи.

Наведені зауваження не знижують загальної оцінки дисертаційної роботи, яка виконана на достатньо високому науковому рівні.

8. Висновок про відповідність дисертації вимогам

“Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань...”

Дисертаційна робота Кассім Д.О. за рівнем теоретичних і експериментальних досліджень є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності дозволя-

ють вирішити важливу проблему 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. Отримані наукові знання застосовані для досягнення високих показників доменної плавки шляхом узгодженого управління роботою печі “зверху” та “знизу”. Результати роботи є теоретичним узагальненням нових наукових підходів до контролю та управління технологією плавки в залежності від впливу абсолютних значень та коливань показників паливно-сировинних умов та параметрів дуттьового режиму плавки на показники роботи доменних печей.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.16.02 – “Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів” та пп. 9, 10, 12 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння наукового звання старшого наукового співробітника”.

Автор дисертаційної роботи 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,
доктор технічних наук,
завідувач кафедри автоматизованого
управління технологічними процесами,
«Інженерного інституту ЗНУ»



М.Ю. Пазюк

Підпис М.Ю. Пазюка засвідчує

