

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Ду Юншен
**«Розробка та дослідження технології виробництва рафінованих сплавів
марганцю в конвертері з донною продувкою»**,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.16.02 – «Металургія чорних та кольорових металів та
спеціальних сплавів»

1. Актуальність теми дисертації

Марганцева сировина Нікопольського родовища України має високий вміст фосфору (0,18-0,24 %), що не дозволяє отримувати якісні феросплави для сталеплавильного виробництва. На сьогодні для виплавки низькофосфористих сплавів феромарганцю і силікомарганцю використовується спеціально виплавлений малофосфористий марганцевий шлак (0,012-0,018 % P), що ускладнює схему отримання стандартних по фосфору середньовуглецевих й низьковуглецевих марганцевих феросплавів, супроводжується додатковими втратами марганцю і підвищенням витрати електроенергії.

Для вирішення зазначених проблем в даний час актуальним є проведення в нових напрямках теоретичних та експериментальних досліджень технології виробництва рафінованих сплавів марганцю і на їх основі – створення й впровадження у виробництво принципово нових технологічних схем і процесів, які забезпечують більш ефективне використання сировинних ресурсів нашої країни.

У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи Ду Юншен є актуальною з позиції існуючих наукових проблем, а також можливостей широкого застосування в рафінуванні сплавів марганцю киснево-конвертерних процесів, зокрема з донною продувкою.

Виконання дисертаційної роботи пов'язане з тематичним планом наукових досліджень Національної металургійної академії України. Задачі та питання, що поставлені в дисертаційній роботі, відповідають Національній програмі розвитку і реформування гірничо-металургійного комплексу України і Державній програмі енергозбереження.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дисертаційна робота Ду Юншен містить результати, які мають наукову новизну і практичне значення. Їх достовірність забезпечена вибором і застосуванням надійних і обґрунтованих методик термодинамічного й високотемпературного моделювання запропонованого способу одержання середньовуглецевого феромарганцю дуплекс-процесом «дугова електроді-

газокисневий конвертер з донною продувкою».

За результатами досліджень поглиблені відомі та отримані нові наукові знання щодо фізико-хімічних закономірностей та особливостей організації окислювального рафінування високовуглецевих марганцевих розплавів шляхом донної продувки киснем в конвертерах.

За рахунок проведених експериментальних та теоретичних досліджень здійснено комплексне обґрунтування нової технології виробництва металевого марганцю в конвертері з донною продувкою.

Представлення й обговорення матеріалів дисертаційної роботи на наукових семінарах та науково-практичних Всеукраїнських та Міжнародних конференціях, а також їх апробація за рахунок публікування у журналах, що входять до міжнародних науково-метричних баз та переліку ДАК України, а також використанні наукові підходи дозволяють встановити достатню обґрунтованість положень та основних висновків дисертаційної роботи.

Пріоритет автора в основних положеннях наукової новизни і висновках по роботі підтверджується аналізом його публікацій за темою роботи.

3. Достовірність отриманих у роботі результатів

Достовірність отриманих у роботі наукових й практичних положень, а також висновків не викликає сумніву, так як проведення експериментів з високотемпературного моделювання здійснювалось з дотриманням положень теорії подібності, що дозволяє з мінімальною похибкою відтворити промисловий технологічний процес у лабораторних умовах.

Теоретичне обґрунтування здійснювалось у відповідності з сучасними підходами для оцінювання термодинаміки, кінетики та механізму розвитку фізико-хімічних процесів під час донної продувки марганцевих розплавів в конвертері. Отримана задовільна збіжність результатів теоретичного аналізу та моделювання з позитивними результатами експериментальних досліджень й промислового випробування запропонованих технологій.

Одержані в ході виконаних досліджень результати не суперечать загальноприйнятим положенням та уявленням у галузі конвертерного виробництва сталі.

4. Наукова новизна роботи, практична цінність висновків і рекомендацій

Нові наукові положення і результати, одержані автором, полягають в наступному.

Уперше на підставі аналізу фізико-хімічних особливостей відомих способів і механізму дефосфорації марганцевих сплавів і умов досягнення необхідних ступенів переводу фосфору в шлакову фазу обґрунтована теоретично і експериментально підтверджена доцільність проведення процесу дефосфорації сплаву в одну стадію з використанням брикетованої суміші, яка включає залізну окалину, вапно, боксит та ортосилікат натрію,

що дозволило підвищити коефіцієнт наскрізного вилучення марганцю з вихідної сировини.

Термодинамічним аналізом реакцій і фазових перетворень вихідних речовин, які приймають участь в хімічних реакціях відновлення закису марганцю кремнієм, розчиненим в марганці, в присутності оксиду кальцію, встановлено суттєву різницю в значеннях ентальпії реакцій в початковий період плавки, яка має екзотермічний характер, а при зниженні концентрації кремнію в марганці переходить в ендотермічний, що обумовлює необхідність застосування додаткових енергоносіїв.

Уперше проведено комплексне дослідження технології виробництва рафінованих сплавів марганцю в конвертері з донною продувкою та показано, що наявність в розплаві кремнію та його висока спорідненість до кисню приводить до переважного окислення кремнію та блокування окислення марганцю.

Розвинуті уявлення про закономірності масообмінних та теплових процесів при силікотермічному відновленні оксидів марганцю з шлакового розплаву в конвертері з донним дуттям. Для збалансованого теплового режиму обробки, забезпечення стійкості футеровки конвертера та інтенсифікації масообміну між шлаком та металом застосовано періодичність подачі кисню та аргону, що забезпечує підвищення корисного вилучення марганцю.

Ступінь відновлення марганцю залежить від вмісту відновника - кремнію в сплаві. Зменшення відновлення марганцю відзначено при вмісті кремнію понад 50%, що можливо пов'язано зі зростанням в'язкості утвореного кислого шлаку, що зменшує швидкість масообмінних процесів на межі розподілу шлак-метал. Оптимальний вміст кремнію в сплаві для відновлення марганцю становить 20-22,5%, що відповідає товарному силікомарганцю.

Визначенням залежності активності MnO в шлаку від вмісту CaO показано, що активність MnO збільшується при додаванні оксиду кальцію, кількість якого впливає позитивно до 20% по масі, а потім в силу розведення шлакового розплаву і зменшення в ньому концентрації оксиду марганцю зменшується відновлення марганцю.

Основною практичною цінністю дисертаційної роботи є розроблена нова інноваційна технологія одержання середньовуглецевого феромарганцю дуплекс-процесом «дугова електропіч - газокисневий конвертер з донної подачею енергоносіїв», що забезпечує підвищення корисного вилучення марганцю з вихідних матеріалів від 83% до 86%. В умовах заводу компанії "Shanxi Yida Special Steel Group Co.Ltd" м. Тайюнань, КНР на промислових плавках в 15т конверторі з продувкою киснем і аргонем при рафінуванні марганцевих сплавів для одержання заданого по хімічному складу середньо вуглецевого феромарганцю і металевого марганцю, отримані дослідні партії рафінованих сплавів марганцю, склади яких відповідають стандартним значенням (акт впровадження від 3 березня 2017 р.).

5. Значення отриманих в дисертаційній роботі наукових та практичних результатів

Представлені в роботі результати досліджень, а також сформовані на їх підставі наукові положення дозволяють сформулювати уявлення, щодо особливостей гідрогазодинамічних та тепломасообмінних процесів у порожнині конвертера при донній продувці високовуглецевих марганцевих розплавів паливно-кисневими та нейтральними газовими струменями, у тому числі з добавками порошкоподібного вапна, що дає змогу сформулювати рекомендації для визначення оптимальних умов ведення плавки.

Практичне значення висновків і рекомендацій дисертанта полягає в розробці дуттьового й шлакового режимів плавки при рафінуванні високовуглецевих марганцевих розплавів в конвертерах донної продувки, що дозволило розробити інноваційні технології виробництва середньо вуглецевого і металевого марганцю.

6. Загальна характеристика змісту дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку літературних джерел і додатків. Робота містить 163 сторінки основного тексту, зокрема, 37 таблиць, 26 рис. Перелік посилань включає 162 літературних джерел.

У першому розділі «Сучасний стан процесів одержання високо вуглецевого феромарганцю та рафінування від вуглецю та фосфору» виконано критичний аналіз переваг і недоліків сучасних технологій виробництва високовуглецевого феромарганцю в електропечах та їх вибір в залежності від якості марганцевої сировини. Приведено відомості про способи одержання середньовуглецевого феромарганцю, їх аналіз та можливості застосування в умовах сировинної бази України. Розглянуто фізико-хімічні умови інтенсифікації процесів рафінування та характеристика електропечей для їх виплавки. Показана перспективність застосування конвертерів з донним дуттям киснем для рафінування високовуглецевого феромарганцю.

Виконаний аналіз дозволив автору обґрунтувати напрямок й завдання теоретичних та експериментальних досліджень технології отримання середньовуглецевого феромарганцю шляхом зневуглецювання високо вуглецевих марганцевих розплавів в умовах донної продувки киснем в конвертері та обробки шлаковими розплавами певного складу.

У другому розділі «Фізико-хімічні основи рафінування високо вуглецевих марганцевих розплавів при застосуванні реагентів у різному фазовому стані» виконано критичний аналіз існуючих підходів до переробки високовуглецевого феромарганцю в середньовуглецевий.

Встановлено, що для отримання середньовуглецевого феромарганцю з регламентованим стандартним низьким (0,1 % P) і зниженим (<0,4 % P) вмістом фосфору необхідно застосовувати високовуглецевий феромарганець, який виплавлено з використанням низько фосфористої марганцевої імпортової

руди або мало фосфористого марганцевого переробного шлаку, що істотно підвищує вартість переробного феромарганцю і, як наслідок, середньовуглецевого феромарганцю.

На підставі вивчення фізико-хімічних особливостей відомих способів і механізму дефосфорації марганцевих сплавів і аналізу умов досягнення високих ступенів переводу фосфору в шлакову фазу обґрунтована теоретично і експериментально підтверджена доцільність проведення процесу дефосфорації попутного високовуглецевого феромарганцю НФЗ з підвищеним вмістом фосфору в одну стадію з використанням брикетованої суміші, яка включає залізну окалину, вапно, боксит та ортосилікат натрію при їх наступному співвідношенню, ваг.%: залізна окалина - 52,0...57,4; вапно - 6,2...8,6; боксит - 4,5...6,2; ортосилікат натрію - 30,5...30,4. Досягнута степінь дефосфорації супутнього марганцевого сплаву становить біля 70%, вміст марганцю в сплаві - 64,6%. Реалізація дефосфорації за розробленим способом дозволила підвищити коефіцієнт наскрізного вилучення марганцю з вихідної сировини.

З числа інших вимог до вихідного високовуглецевого феромарганцю, першочерговим є низький вміст у ньому кремнію. Розрахунками показано, що теплоти реакцій недостатньо для проведення позапічного силікотермічного процесу одержання середньовуглецевого феромарганцю, що потребує додаткових енергоносіїв. Тому запропоновано силікотермічний спосіб одержання середньовуглецевого феромарганцю «дугова електропідгазокисневий конвертер».

У третьому розділі «Прогнозування властивостей феросплавних шлаків та зниження втрат марганцю при виплавці феросилікомарганцю» розглянуто вплив складу шлаку на показники вяз'кості та оцінку залежності вяз'кості від структурних одиниць, які утворюються в умовах виплавки та кристалізації шлаку.

Актуальність прогнозування в'язкості шлаків марганцевого виробництва визначається рішенням завдання підвищення наскрізного вилучення марганцю в сплав і зниження втрат марганцю з відвальними шлаками у вигляді силікатів марганцю і відновленого сплаву у вигляді корольків, які заплуталися у в'язкому шлаку. Проаналізовано закономірності та методи визначення в'язкості шлакових розплавів на основі теорії спрямованого хімічного зв'язку по моделі електронної структури розплаву оксидних шлакових систем, розробленої Е.В. Приходько. На основі визначення інтегральних характеристик хімічного і структурного стану розплавів в широкому діапазоні хімічних складів одержано регресійне рівняння для опису в'язкості.

Були отримані прогнозні моделі, що дозволяють прогнозувати з достатнім ступенем точності, в'язкість шлакових розплавів в діапазоні складів феросплавних шлаків для різних температур. Встановлено вид узагальнюючої прогнозної моделі залежності в'язкості марганцевих шлакових розплавів у всьому діапазоні температур і складів.

Дослідження впливу температури в інтервалі 1100-1450 °С і основності показало, що збільшення основності при постійній кількості оксиду марганцю призводить до зниження кількості з'єднань $2\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$ і $\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$, і до збільшення вільного оксиду MnO , що має полегшити відновлення марганцю. Підвищення вмісту MgO в шлаку вище 7% призводить до розкладання з'єднань MgO з SiO_2 , що в свою чергу призводить до підвищення вільного оксиду SiO_2 , це повинно поліпшити відновлення кремнію, тому для шлаків виробництва силікомарганцю можливе підвищення MgO вище 7%.

Фізико-хімічна сутність пропонованої схеми рафінування високофосфористого марганцевого сплаву полягає в створенні умов для окислення здебільшого марганцю, вуглецю і кремнію сплаву.

У четвертому розділі «Дослідження відновлення оксидів марганцю з окисних марганцевих концентратів феросилікомарганцем та технологія одержання середньовуглецевого феромарганцю» розглянуто вимоги до складу рафінованого середньовуглецевого феромарганцю та особливості одержання його в конвертері з продувкою киснем.

Як відомо, середньовуглецевий феромарганець виплавляється в Україні силікотермічним способом в дугових електропечах з застосуванням в якості марганецьвмісного компонента шихти попередньо знефосфорованого електрометалургійним способом переробного малофосфористого шлаку і низькофосфористого переробного силікомарганцю. Встановлено, що при відновленні марганцю з марганцевосилікатних розплавів при присадці силікомарганцю в кислий шлак в початковий період плавки реакція має екзотермічний характер. При зниженні вмісту кремнію і MnO в шлаковій фазі реакція приймає ендотермічний характер. Введення в розплав системи $\text{MnO}\text{-SiO}_2$ оксиду кальцію підвищує термодинамічні умови більш повного відновлення марганцю і зниження активності кремнезему в шлаку. Через зниження активності MnO в шлаку і кремнію в металі сповільнюється швидкість процесу отримання феромарганцю з регламентованим вмістом кремнію (не більше 3 %), що призводить до зниження продуктивності дугової електропечі для виплавки середньовуглецевого феромарганцю.

З метою інтенсифікації процесу виплавки феромарганцю зі стандартним містом кремнію розроблена технологія й проведено освоєння силікотермічного способу лабораторного виробництва середньовуглецевого феромарганцю дуплекс-процесом «1,5 т дугова електропіч - 1.0 т газокисневий конвертер». Процес силікотермічного відновлення марганцю відбувається з попередньо утвореного марганцевосилікатного розплаву, потребує додаткових витрат енергоносіїв та підвищення швидкості масообмінних процесів за рахунок застосування продувки киснем та аргоном. Можливості управління окислювальним періодом процесу, за рахунок регулювання окисного потенціалу підведеної газової суміші, і також інтенсифікація відновлювальних взаємодій шляхом енергійного перемішування компонентів конвертерної ванни нейтральним газом,

визначають перспективність застосування конвертерних процесів з донною подачею дуття для отримання рафінованих сортів феросплавів і сплавів.

У п'ятому розділі «Дослідно-промислові дослідження технології виробництва металевого марганцю в конвертері з донною продувкою» автором запропоновано нові технологічні схеми отримання рафінованих сортів феромарганцю і металевого марганцю в конвертері з донним дуттям.

Дослідні плавки проводилися в конвертері газокисневого рафінування ємністю 1 т з трьома донними фурмами типу «труба в трубі», виготовленими з мідних і нержавіючих труб. Діаметр центральних каналів фурм становив 4,0 мм, а щілину периферійного каналу фурм - 0,25-0,30 мм. Ванна конвертера була футерована періклазохромістими вогнетривами. Для вдування пилоподібних матеріалів в конвертерну ванну було встановлено живильник та один донний дуттьовий пристрій з внутрішнім діаметром центрального сопла 9 мм.

Розплавлення і нагрів застосовуваних для рафінування матеріалів здійснювали в футерованих хромомagneзитових дугових електропечах ДСП-1,5 з трансформатором потужністю 1000 кВА і в ДСП-0,5 з трансформатором потужністю 400 кВА.

Попередніми дослідженнями встановлено, що пряме застосування конвертерів з донною продувкою для інтенсифікації процесів отримання рафінованих сплавів марганцю силікотермічним методом при використанні в якості сировини малофосфористого шлаку недостатньо ефективно. Так, в кінці конвертерної плавки в шлаку знаходиться велика кількість незасвоєних шлаком шматочків вапна, а відновлення оксидів марганцю кремнієм з силікатних з'єднань ($MnO-SiO_2$) практично не відбувається. В якості альтернативи малофосфористому шлаку була взята імпортна австралійська руда марки КК49НЖ.

Приблизно за одну годину до отримання рідкого напівпродукту на печі ДСП-1,5 в розігрітий конвертер до температур 1100-1200°C присаджувалась марганцева руда в кількості 800 кг і свіжо обпалене вапно в кількості 400 кг. Протягом години присаджені матеріали розігрівалися через донні дуттьові пристрої і переносним газовим пальником, який розміщували у горловині конвертеру. Після розплавлення 800-820 кг MnC26 і нагрівання його до температур 1640-1650°C він заливався в конвертер без шлаку за допомогою передавального ковша. Слід зазначити, що за період плавлення і переливів згорає близько 2% кремнію силікомарганцю, який дали в піч.

Під час заливки силікомарганцю на донні дуттьові пристрої подавали кисень у кількості 1,3-1,35 м³/хв протягом 5 хвилин. За цей період температура металеві ванни піднімалася до значень рівних 1680-1700°C і утворювався досить гетерогенний шлак. Угар кремнію за час кисневої продувки становив 1,0-1,2%.

Після нагріву конвертерної ванни переходили на продувку аргоном з інтенсивністю 0,58-0,62 м³/хв. Тривалість продувки нейтральним газом становила 15 хвилин. В цей період відбувалося зниження температури

металу до значень рівних 1340-1350°C. Потім знову переходили на продувку розплавку киснем з витратою 1,05-1,28 м³/хв. Одночасно в конвертерну ванну давали до 600 кг марганцевої руди і 150 кг вапна. Після 10 хвилинної продувки киснем і досягнення температур металеві ванни рівних 1650-1680°C знову переходили на продувку нейтральним газом з інтенсивністю 0,57-0,60 м³/хв. Як правило, продування аргоном тривало протягом 10 хвилин і закінчувалося при досягненні металеві ванною температури, яка дорівнювала 1350°C.

Перед випуском останньої плавки в конвертерну ванну давали 10 кг/т вторинного алюмінію (85% Al).

В результаті розроблено інноваційну технологію одержання середньовуглецевого феромарганцю і металеві марганцю дуплекс-процесом «дугова електропіч - газокисневий конвертер з донною подачею дуття», в якій подача кисню здійснюється в перший період плавки, а в заключному періоді плавки подається аргон, що забезпечує підвищення корисного вилучення марганцю з вихідних матеріалів до 86%.

Проведено дослідно-промислові плавки одержання середньовуглецевого феромарганцю і металеві марганцю в 15 т конвертері. Введення порошкоподібного вапна до 20 кг/хв. забезпечило одержання рідко рухливого шлаку, досягнення вмісту марганцю у шлаку за рахунок підвищених швидкостей масообмінних реакцій до 10%. Металевий магранець містив до 96% марганцю та 0,08% вуглецю.

7. Повнота викладу результатів у опублікованих працях

Результати представлених в дисертаційній роботі досліджень опубліковані: 1 монографія; 8 – статей у наукових фахових виданнях, затверджених МОН України; 1 стаття – зарубіжна публікація в колективній монографії; 1 стаття – у виданні, яке входить в міжнародну науково метричну базу Index Corpnicus та 4 тез доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях.

8. Основні зауваження до дисертації

До роботи є наступні зауваження:

1. Розділ 1 дисертації, де відображено сучасний стан процесів одержання високовуглецевого феромарганцю бажано було би скорити за рахунок зменшення інформації, відображеної в підрозділах 1.1 і 1.2.

2. Висновки по розділам 1,2,4,5 дисертації не містять повний об'єм інформації, яка відображена в матеріалах проведених досліджень.

3. В підрозділі 5.1 (с. 129-131) наведено результат розрахунку теплового ефекту реакції металотермічного сумісного відновлення марганцю з Mn₂O₃ і заліза з Fe₂O₃ алюмінієм і кремнієм за участю CaO. Ця реакція супроводжується підвищенням питомої теплоти процесу до 2874 Дж/грам шихти, що відповідає умові самовільного процесу відновлення Mn₂O₃ і Fe₂O₃ при оцінці ймовірності за правилом С.Ф. Жемчужного. Бажано було б зробити і розрахунок для реакції

сумісного відновлення марганцю з Mn_2O_3 і заліза з Fe_2O_3 тільки кремнієм за участю CaO , щоб оцінити ефективність використання кремнію у якості відновника.

4. Проведення лабораторних дослідів виплавки металевого марганцю (підрозділи 5.2 і 5.3) було реалізовано з використанням обладнання Національної металургійної академії України, зокрема 1-т конвертера газокисневого рафінування (ГКР) з можливістю донної продувки розплаву через три фурми типу «труба в трубі» киснем в кільцевій оболонці природного газу і аргоном. Для вдування порошкоподібного вапна в конвертерну ванну встановлено живильник та один донний дуттьовий пристрій. Розплавлення і нагрів застосовуваних для рафінування матеріалів здійснювали в футерованих хромомагnezітом дугових електропечах ДСП-1,5 з трансформатором потужністю 1000 кВА і в ДСП-0,5 з трансформатором потужністю 400 кВА. У зв'язку з цим необхідно було помістити опис обладнання і основну методику проведення дослідних плавок в окремий підрозділ, щоб уникнути повторення суті технології виплавки металевого марганцю електропічним силікотермічним методом (с.131, с. 147), характеристики лабораторного обладнання (с.133, с.150) та сировинних матеріалів.

5. В матеріалах дисертації (підрозділи 5.2, 5.3) відсутня інформація відносно дуттьового режиму плавки металевого марганцю з використанням донних фурм типу «труба в трубі». Це стосується розігрівання в конвертері марганцевої руди і вапна, а також продувки ванни. Невідомо співвідношення природного газу і кисню, аргону і кисню, одного аргону, які вдуваються через центральні сопла і кільцеві зазори донних фурм. Відсутні дані про стійкість донних фурм і футерівки конвертера, інтенсивності заметалювання горловини агрегату. Однаковий хімічний склад металевого марганцю наведено в таблицях 5.2 (с.136) і 5.8 (с.153).

6. Викликає сумнів з точки зору вибухонебезпечності і подальшого спокійного ходу продувки технологічна рекомендація присадки в конвертер марганцевої руди і вапна, розігрівання їх з допомогою донних паливно-кисневих фурм і переносного газового пальника, подальшого заливання в конвертер перегрітого до температури $1650\text{ }^{\circ}\text{C}$ середньовуглецевого сілікомарганцю (табл. 5.9).

7. Використання в лабораторних дослідних плавках верхнього газового пальника свідчить на користь подальшої модернізації конвертерів ГКР з переведенням їх на комбіновану продувку паливно-кисневими і нейтральними газовими струменями через днище та зверху, щоб підвищити технологічну і техніко-економічну ефективність виробництва рафінованих сплавів марганцю.

Наведені зауваження не ставлять під сумнів достовірність одержаних матеріалів дисертації, її основних наукових та практичних положень і висновків та не знижують цінність роботи.

9. Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Представлена дисертаційна робота Ду Юньшен є закінченою науковою роботою, в якій вирішена актуальна науково-технічна проблема в області теорії і технології рафінування сплавів марганцю в конвертерах з донним дуттям з метою отримання середньовуглецевого феромарганцю і металевого марганцю шляхом застосування технології силікотермічного відновлення оксидів марганцю з шлаку.

Автореферат у повній мірі відповідає змісту та тексту дисертаційної роботи, а представлені наукова новизна, практичне значення отриманих результатів та висновки повністю співпадають.

Багатоплановість і значний обсяг виконаних досліджень, наукова новизна і практична цінність результатів дозволяють вважати, що дисертаційна робота на тему «Розробка та дослідження технології виробництва рафінованих сплавів марганцю в конвертері з донною продувкою» відповідає вимогам ДАК МОН України до кандидатських дисертацій, а її автор, Ду Юньшен, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.02 – «Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів».

Офіційний опонент:

Головний науковий співробітник
відділу фізико-технічних проблем
металургії сталі Інституту чорної
металургії НАН України, доктор
технічних наук, професор

А.Г. Чернятевич

Підпис А.Г. Чернятевича засвідчую:

Вчений секретар ІЧМ НАНУ, к.т.н.



Г.А. Кононенко