

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Мяновської Яни Валеріївни «Наукові та технологічні засади залучення
у металургійне виробництво техногенних матеріалів для розширення
сировинної бази металургії», 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

Початок третього тисячоріччя для більшості розвинених країн світу став завершальним періодом перед переходом до так званого «шостого технологічного укладу», відмови від викопних та переходу до відновлюваних джерел енергії – т.зв. нових «чистих технологій», інтенсифікації боротьби з накопиченим забрудненням довкілля та катастрофічними за прогнозами змінами клімату. Зокрема, на європейському континенті, ці фактори в кінці 2019 року привели до зміни політики ЄС шляхом підписання «Європейської зеленої угоди» (*The Green Deal*), до якої планує приєднатися Україна відповідно до співпраці з ЄС в рамках діючої Угоди про асоціацію.

Україна, на жаль, з її значним промисловим потенціалом займає одне з останніх місць у питанні переробки відходів виробництва: щорічно в нашій країні утворюється близько 2 млрд. тон різноманітних промислових відходів, складування яких потребує 7 тис. га землі; вже накопичено приблизно 25 млрд. тон відходів, які можуть розглядатися як техногенні джерела сировинних ресурсів.

«Лідером» у цьому питанні є гірничо-металургійний комплекс, де при значних обсягах виробництва металургійної продукції щорічні втрати видобутого заліза складають близько 35 млн. тон. Майже половина цієї кількості – це відходи збагачення залізних і марганцевих руд (т.зв. «хвости» збагачення), розкриті породи, складна для переробки гематитова сировина. У великих обсягах утворюються пил та шлами гірничорудного та металургійного виробництва, металургійні та зварювальні шлаки, ливарні відходи тощо. Місця складування відходів отримали статус техногенних родовищ, розробка яких є однією з актуальних задач державного значення.

У цьому плані актуальність теми дисертаційної роботи Мяновської Я.В., спрямованої на вирішення питання розробки наукових та технологічних засад повернення у металургійне виробництво різних видів техногенних матеріалів - не викликає жодного сумніву.

Дисертантка сконцентрувала свої дослідження на таких видах вторинної сировини, як шлами збагачення марганцевих руд на провідному підприємстві галузі – Покровському ГЗК, та відходів видобутку залізних руд на гірничорудних та гірничозбагачувальних підприємствах Кривбасу, відходів металургійних та феросплавних підприємств. Складний для подальшого використання хіміко-мінералогічний та фракційний склад цих матеріалів потребував додатково розробити технологію попередньої підготовки їх до плавки. Одержані наукові і практичні результати дисертаційної роботи орієнтовані на покращення стану навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів сировини та палива.

2. Наукова новизна отриманих результатів.

В дисертаційній роботі виконано комплекс теоретичних та експериментальних досліджень, в яких здійснено наукове обґрунтування та представлені раціональні технологічні рішення використання дрібнодисперсних техногенних відходів у виробництві металів та сплавів. Отримані наукові результати є основою для розуміння процесів, що відбуваються при залученні матеріалів техногенних родовищ у традиційні металургійні технології. Результати роботи є теоретичним узагальненням нових наукових підходів до раціонального використання природних ресурсів сировини та палива шляхом теоретичного аналізу та експериментальної перевірки та подальшого застосування у виробничих умовах.

Про наукову новизну технологічних розробок свідчить їх захищеність 4 патентами, тобто можна зазначити, що новим був власне й предмет дослідження.

На основі проведених досліджень в роботі отримані наступні наукові результати:

- науково обґрунтовано і вперше експериментально доведено можливість збільшення кількості низько кондиційних дрібних марганцевих концентратів при виробництві марганцевого агломерату при використанні нового для цього процесу реагенту - торфу гідрооксидного (РТГ). Це сприяло підвищенню міцності гранул огрудкованої шихти вдвічі, за рахунок зв'язуванням при озерненні крупних і мілких частинок шихти гуматом натрію зі складу РТГ;

- уперше встановлено можливість збільшення міцності готового агломерату за рахунок звуження зони горіння та підвищення температури в ній шляхом укладки на поверхню агломераційного шихти двокомпонентного теплоізолюючого шару з температурою запалювання 250-300°C. Цей технологічний прийом підвищує швидкість загоряння аглошихти та кількість твердого розчину $\text{CaO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$ у аглоспеці із зменшенням кількості склоподібної фази;

- уперше шляхом термодинамічного моделювання рівноваги у багатокомпонентній системі метал–шлак–газ науково обґрунтовано вплив

температури в інтервалі 900-1300°C на процес одержання стабільних фаз марганцевого агломерату. Передбачені розрахунком за отриманою моделлю мінеральні утворення виявлені в структурі дослідного агломерату; встановлено залежності фазового складу кінцевих марганцевих мінералів від вмісту відновника у вихідній шихті. Одержані дані розвивають уявлення про процеси формування раціонального складу марганцевого агломерату з використанням техногенних матеріалів;

- в роботі уперше визначена термодинамічна можливість відновлення гематиту важко збагачуваних окислених кварцитів до магнетиту шляхом електролізу у водних розчинах з катодом із низьковуглецевої сталі для забезпечення подальшого вилучення магнітної фракції;

- теоретично доведені показники впливу підвищення температури до 1350°C при основності агломерату 0,45-0,48 на збільшення активності оксиду MnO. В свою чергу це сприяє утворенню силікату кальцію $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ й зменшує вірогідність фазового переходу $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ у γ -модифікацію – відомої причини розсіпання агломерату. Встановлений факт підтверджено підвищенням міцності зразків дослідного марганцевого агломерату за рекомендованими параметрами технології спікання;

- вперше, при аналізі фізико-хімічних особливостей відомих способів і механізму дефосфорації марганцевих сплавів і умов досягнення необхідних ступенів переведення фосфору в шлакову фазу, обґрунтована теоретично і експериментально підтверджена доцільність проведення процесу дефосфорації сплаву в одну стадію з використанням суміші, яка містить залізну окалину, вапно, боксит та ортосилікат натрію. Це дозволило не тільки отримати низько фосфористу сировину, а й підвищити коефіцієнт наскрізного вилучення марганцю з вихідної сировини.

3. Практичне значення результатів роботи.

Отримані в роботі данні про особливості перебігу фізико-хімічних та масообмінних процесів при спіканні марганцевої дрібнодисперсної сировини техногенного походження, результати досліджень процесів формування структури марганцевого агломерату та дефосфорації високо фосфористих лігатур, наукове обґрунтування способів використання продуктів збагачення заліззовмісної сировини стали основою для розробки інноваційних технологічних рішень та рекомендацій щодо залучення у металургійне виробництво сировини з техногенних родовищ, а саме:

- розроблені та впроваджені на АТ «Нікопольський завод феросплавів» технологічні рекомендації щодо залучення дрібного концентрату марганцевого окисно-зернистого 2 сорту у суміші з реагентом торфогідроксидним (для огрудкування концентрату у мікрогранули), в процес отримання марганцевого агломерату АМНВ-2Г. При цьому якість дослідного агломерату відповідає вимогам Технологічної інструкції та Стандарту

підприємства по міцності і хімічному складу при задовільній продуктивності агломераційної машини;

- обґрунтована та визначена раціональна технологічна схема виробництва матеріалів металургійного призначення з сумішей, у складі яких присутні СаО- та FeO-вмісні техногенні відходи (порошкоподібне вапно та залізна окалина) та вуглецевмісні матеріали рослинного походження, використання яких рекомендовано для застосування у процесах позапічної обробки та безперервного розливання сталі на МБЛЗ;

- науково обґрунтовано, експериментально перевірено умови організації процесу дефосфорації металу з високим вмістом фосфору, що утворюється супутньо при електрометалургійній дефосфорації марганцевої руди при одержанні малофосфористого шлаку, шляхом окислювальної обробки з застосуванням суміші, що містить прокатну окалину, вапно та глинозем;

- розроблені перспективні технічні рішення та запропоновано спосіб використання вологих залізовмісних шлаків ПАО «Металургійний комбінат «Азовсталь», які полягають у змішуванні з торфом активованим; при цьому підвищується транспортабельність суміші і досягається необхідний для відновлення компонентів суміші вміст вуглецю при введенні у вологі шлами оптимальну кількість торфу активованого;

- теоретичні положення щодо особливостей відновлення компонентів оксидних сумішей, результати експериментальних досліджень, нові технологічні рішення щодо залучення у металургійне виробництво матеріалів техногенного походження, що розроблено в дисертаційній роботі, впроваджено в лекційних курсах та використовуються при виконанні випускних кваліфікаційних робіт бакалаврів та магістрів ОПП 136 Металургія Національної металургійної академії України.

4. Достовірність наукових положень дисертаційної роботи

Проведений опонентом аналіз дисертації та автореферату М'яновської Я.В. засвідчив, що наукові положення, висновки і рекомендації, що викладені в роботі, цілком обґрунтовані, базуються на глибокому вивченні здобувачем іноземних і вітчизняних літературних джерел, патентної літератури, результатів власних теоретичних і експериментальних досліджень, побудованих математичних моделях та розрахунках. Статистична обробка експериментальних даних виконувалася з використанням прикладних комп'ютерних програм.

Багатократне дублювання експериментів та добре відтворення отриманих показників додатково свідчать про їх високу надійність. Порівняльний аналіз теоретичних і експериментальних результатів також свідчить про їх узгодженість. Отримані результати та висновки узгоджуються також з даними, які відомі з літературних джерел, апробовані на авторитетних міжнародних і українських наукових конференціях, семінарах, опубліковані у фахових виданнях.

Сукупність викладених у роботі експериментальних і теоретичних результатів дозволили здобувачеві розробити наукові основи нових технологічних рішень щодо залучення у металургійне виробництво матеріалів техногенного походження. Це дає підстави опоненту зазначити, що отримані у дисертаційній роботі результати, висновки та рекомендації характеризуються достатньо повною аргументацією наукових положень, використанням сучасних методів досліджень, обґрунтованістю інтерпретації результатів масиву експериментальних даних. Теоретичні дослідження побудовані на фундаментальних положеннях фізичної хімії, теорії металургійних процесів, законів масо- і теплообміну, та пройшли експериментальну перевірку, а практичні розробки в свою чергу мають добре теоретичне обґрунтування.

Вище наведене свідчить про те, що обґрунтованість результатів, положень, висновків, пропозицій і рекомендацій, отриманих в дисертаційній роботі, не викликає сумніву.

5. Повнота викладення результатів досліджень у публікаціях

За темою дисертації опубліковано 39 наукових робіт, у тому числі 9 публікацій, що входять до міжнародної науково-метричної бази, 6 статей у закордонних колективних монографіях, 11 статей у наукових фахових виданнях, рекомендованих МОН України, 9 робіт опублікована у збірниках наукових праць та матеріалах конференцій. Новизна технічних рішень захищена 4 патентами.

Основні положення і результати дисертації доповідалися на 12 науково-практичних конференціях з міжнародною участю та отримали позитивну оцінку наукової спільноти.

Аналіз публікацій дає підставу вважати, що наукові положення, висновки та рекомендації, які отримані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені в наукових працях та виступах.

Автореферат дисертаційної роботи ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації й достатньо повно відображає основні наукові результати, отримані здобувачем.

6. Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеності

Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 391 найменувань. Дисертація має загальний обсяг 410 сторінок, містить 4 додатки, 81 ілюстрацію, 91 таблицю.

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

результатів дисертаційної роботи, публікації, що відображають зміст роботи. Зазначено внесок здобувача у розробку проблеми.

У **першому розділі** представлена загальна характеристика проблеми утворення та причини недостатньої переробки відходів гірничовидобувної та металургійної промисловості. Акцентовано увагу, що однією з актуальних задач, яка підлягає вирішенню, є зменшення залежності України від імпорту мінеральних ресурсів, збільшення експортного потенціалу країни за рахунок власного видобутку та комплексного використання корисних копалин. Це передбачає наукове супроводження інноваційної розробки та впровадження новітніх екологічно чистих і безпечних технологій у процеси використання корисних копалин. Такий підхід до поводження з техногенними матеріалами зменшить вплив техногенних родовищ на навколишнє середовище шляхом збільшення кількості і видів відходів, що переробляються в металургійних агрегатах.

Наведена характеристика марганцевих родовищ України та задачі збагачення і використання вторинних продуктів переробки марганцевої руди. Зокрема показано, що у шламосховищах Покровського гірничозбагачувального комбінату знаходяться шлами з середнім вмістом марганцю 10-12%. Складний речовинний склад марганцевих руд Україні, не дозволяють в повному обсязі отримати марганець з руди в товарний концентрат, близько 25% марганцю залишається в шламах промивання і в «хвостах» збагачення.

Виконано аналіз утворення залізовмісних відходів підприємств Кривбасу та способів їх переробки зокрема розглянуто способи застосування залізистих кварцитів та повернення їх в металургійне виробництво, розглянуто способи утворення та застосування вуглецевмісних відходів рослинного походження в якості заміників викопного вугілля для інтенсифікації металургійних технологій.

У **другому розділі** представлено результати визначення фізико-хімічних властивостей окисно-зернистого марганцевого концентрату 2 сорту фракції 0-1мм (ОЗМК) гравітаційного збагачення вихідної руди для застосування в процесах спікання марганцевого агломерату. Встановлено, що основна частина дослідженого окисно-зернистого концентрату 2-го сорту фракції 0-1 мм представлена дрібною фракцією 0-1 мм та має низький вміст марганцю. Вивчено мікроструктуру зразків марганцевих концентратів рентгенструктурним методом.

Встановлено перспективність застосування, для підвищення ступеня використання дрібнодисперсних концентратів у складі аглошихти, в'язучої речовини «Реагент торфгідроксидний» (РТГ). При використанні РТГ в якості в'язучого при підготовці до спікання дрібних концентратів 2-го сорту, які одержують при збагаченні марганцевої руди, гумінові кислоти активованого торфу забезпечують утворення малорозчинних органоагрегатів, які виконують структуруючу і вологоутримуючу функції.

У **третьому розділі**, який на думку опонента є найбільш цікавим з точки зору наукової новизни, розглянуто особливості попередньої підготовки

аглошихти з залученням дрібного окисно-зернистого марганцевого концентрату 2 сорту, приведено результати фізико-хімічного аналізу взаємодії компонентів при спіканні марганцевого агломерату та визначені раціональні параметри агломераційного процесу.

Виконано комп'ютерне моделювання термодинамічної рівноваги фаз складних окисно-силікатних систем $\text{FeO-MnO-CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$. Згідно розрахунків на розподілення компонентів між фазами та характер відновлювальних реакцій впливають температура, кількість вуглецю та вміст CaO .

В умовах АТ «НЗФ» проведено відпрацювання параметрів виробництва агломерату АМНВ-2Г з дрібного концентрату марганцевого окисно-зернистого 2 сорту з використанням реагенту торфу гідроксидного РТГ. Отриманий дослідний агломерат задовольняє технологічним вимогам. Для підвищення міцності агломерату в роботі розглянута позитивний вплив створення теплоізолюючого шару на поверхні шихти, в якому міститься зворот та паливо, що забезпечує уповільнення охолодження верхнього шару агломерату.

Розглянуто результати кінетичних досліджень перетворення мінеральних складових марганцевих концентратів при формуванні агломерату, звернуто увагу на важливість вибору зразків речовини для досліджень, що обумовлено впливом на швидкість реакції фізико-хімічних властивостей самої відновлюваної речовини, її мінералогічного складу, структури, стану поверхні.

Приведено дані щодо залучення вторинних марганецьвмісних матеріалів феросплавного виробництва при одержанні марганцевого агломерату, як ресурс економії марганцевої сировини. Проведено теоретичний аналіз формування фаз при виплавці силікомарганцю з застосуванням одержаного дослідного агломерату АМНВ-2Г. Автором застосовано термодинамічне моделювання розподілу фаз в системі метал-шлак-газ, виконана розрахункова оцінка ступеню завершеності тепло- і масообмінних процесів реагуючих фаз при формуванні марганцевих сплавів. Окремо приділена увага розгляду термодинаміки твердо фазних реакцій між компонентами шихти в зонах горіння твердого палива та встановлена термодинамічна вірогідність утворення сполук при спіканні агломерату.

У **четвертому розділі** приведені дані рафінування марганцевих розплавів з високим вмістом фосфору при застосуванні реагентів у різному фазовому стані. Виконано критичний аналіз існуючих технологічних рішень рафінування від фосфору сплавів на основі марганцю та виділені групи існуючих способів, виходячи з їх фізико-хімічної суті, технологічних особливостей і типу одержуваних продуктів. На основі розрахункового визначення коефіцієнтів активності фосфору в системах на основі марганцю отримано рівняння загальної залежності коефіцієнта активності фосфору для багатокомпонентної системи Fe-Mn-P-C .

Для рафінування сплаву від фосфору та кремнію в одну стадію використовували шлакоутворюючу суміш, яка містила в якості окислювача прокатну окалину ($\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$), в якості компонентів, призначених для створення умов для переведення домішок сплаву в шлакову фазу - матеріали на основі CaO , Al_2O_3 та ортосилікат натрію Na_4SiO_4 .

Для умов виробництва малофосфористого шлаку з одержанням високофосфористого супутнього сплаву найбільш прийнятною уявляється друга схема обробки з попереднім підгрівом ківшу з регламентованою кількістю суміші у вигляді брикетів, що забезпечить незначні загальні витрати та достатньо високу ступінь видалення фосфору.

У **п'ятому розділі** розглянуто фізико-хімічні основи і можливості раціонального використання хвостів збагачення, покривних порід (окремо або в комплексі), з метою підвищення вилучення заліза та одержання огрудкованого продукту.

Для виплавки феросиліцію в якості основного кремнійвмісного компонента були обрані хвости збагачення залізистих кварцитів Ново-Криворізького ГЗК. Зроблено термодинамічний аналіз системи Si-O-C як основи для отримання низькокремністого феросиліцію, визначено умови утворення окремих фаз в обраних температурних інтервалах. Показана доцільність використання розкривних порід і «хвостів» збагачення залізних руд в якості заміників кварциту і залізної стружки при отриманні низькокремністого феросиліцію.

У лабораторних умовах проведені експерименти по відновленні гематиту до магнетиту в процесі електролізу води, показана термодинамічна можливість й реалізація процесів відновлення та досліджені процеси відновлення окислених руд у водних розчинах електролітів при низьких температурах із здобуттям магнітної фази. Встановлено, що оборотна вода є електролітом і має достатній потенціал для проведення процесу відновлення гематиту при електрохімічній дії без додавання електроліто-утворюючих компонентів.

Дослідження показали можливість застосування процесу електролізу для проведення магнетизації окислених залізних руд, що є актуальним для зменшення викидів CO_2 та застосування вуглецю як відновника

У **шостому розділі** виконано аналіз властивостей та перспектив використання вуглецевмісних матеріалів рослинного походження у металургійних технологіях. При розробці способів підготовки та теплової обробки вихідних шихт на основі дисперсних матеріалів рослинного походження параметри процесу визначаються хімічним складом, властивостями та функціональним призначенням кінцевого продукту. При спільній (сумісній) тепловій обробці сумішей, у складі яких CaO -, FeO - і C -вмісні матеріали з визначеними умовами проведення обпалу, одержують заданий склад і властивості кінцевого продукту.

При розробці захисних шлакоутворюючих сумішей для кристалізатора МБЛЗ на основі техногенних відходів використовували в якості CaO -містячих

компонентів дисперсний матеріал з циклонів газоочисних споруд виробництва вапна, а в якості SiO_2 -містячих компонентів - дисперсні відходи виробництва карбіду кремнію і шлам нейтралізації карбіду кремнію; в якості Al_2O_3 -містячих компонентів - дисперсний вторинний матеріал виробництва електрокорунду і шлам нейтралізації електрокорунду. В якості F- і R_2O -містячих відходів використовували шлам кріолітового виробництва; в якості замітника аморфного графіту - лігнін з відвалів Запорізького гідролізного заводу, попередньо підданого обробці перегрітою парою, що дозволило відновити його вихідні властивості.

Загальні висновки по дисертації та автореферату базуються на викладених результатах власних досліджень і літературних джерелах, та дають необхідне уявлення щодо змісту роботи та виконання поставлених в ній завдань.

Списки використаних літературних джерел (надані окремо для кожного розділу) оформлені відповідно до прийнятих стандартів.

До дисертації додано **акти впровадження матеріалів дисертаційної роботи.**

Дисертація в цілому добре оформлена, написана грамотною технічною мовою, характеризується цілісністю за змістом, достатньо високим науковим рівнем; деякі зауваження по її оформленню наведено нижче.

Назва і оформлення дисертації відповідає вимогам МОН України. За своїм змістом і рівню досліджень, по своїй завершеності і практичним результатам дана робота відповідає вимогам, що пред'являються до докторських дисертацій.

7. Загальні зауваження до дисертаційної роботи

Даючи роботі в цілому позитивну оцінку, опонент висловлює наступні зауваження (у порядку за текстом):

1. У розділі 1 на с.54-57 наведена детальна інформація відносно основних мінералів марганцю; проте серед силікатних мінералів двічі (!) названо родоніт, але відсутня така відома сполука системи MnO-SiO_2 , як тефроїт (див. рис.2.8), який у подальших розділах, починаючи зі с.106, багаторазово фіксувався у дослідженнях дисертантки.

2. У цьому ж розділі, на погляд опонента, не розкрито повністю порівняльна ефективність, «плюси» та «мінуси» описаних технологічних схем збагачення рудної сировини. Не зрозуміло відношення здобувача до приведених в літературі способів підвищення вилучення основного компонента та можливості промислової реалізації тих чи інших технологічних схем в промислових умовах.

3. У розд.2 на с.94 і далі автор стверджує, що складний полімінеральний склад марганцевих руд впливає на їх поведінку в шарі матеріалу, що спікається. Без відповідних додаткових пояснень фраза лише констатує

загальновідомий факт, тобто не є інформативною; відсутні систематичні дослідження кінетики та термодинаміки при тепловій обробці мінералів та їх вкладу у показники процесу агломерації.

4. У розд.3 на с.150 автор вказує на позитивну роль підвищення оксиду магнію MgO у шлаках виробництва силікомарганцю - вище 7%. Проте відомо, що ця сполука суттєво впливає на підвищення електропровідності шлакових розплавів; для збереження електротехнологічних параметрів у ванні промислових печей буде необхідно зменшувати частку вуглецевого відновника у шихті, а це дасть зворотній результат з позиції відновлення кремнію та марганця.

5. У підрозділі 3.4.2., с.164-167, автором вивчався вплив додаткового тепла ізолюючого шару на поверхні шихти, що спікається, на показники агломерації в лабораторній аглочаші з площею спікання 0,005 м². Проте автор не пояснює, чим обумовлюється теплова сторона процесу при наявності додаткового ізолюючого шару; відсутні рекомендації щодо розвитку цього цікавого технологічного прийому у промислових умовах.

6. На с.211, інтерпретуючи результати термодинамічного моделювання складу фаз, утворення яких можливе в системі Mn-Mg-Ca-Si-O-C (рис.3.19), автор вказує на спостереження термічної дисоціації карбонатів при низьких температурах. Проте з дослідницької практики, у тому числі опонента, відомо, що для більшості карбонатних мінералів процеси термічної дисоціації вимагають помірних, а повністю завершуються в діапазоні значних температур – навіть до 1000°C. Чи не свідчить низькотемпературна дисоціація карбонатів про можливу помилку застосованої схеми моделювання?

7. У розділі 4 у табл.4.1 (с.238) автор приводить інформацію щодо існуючих способів дефосфорації марганцевих сплавів, але не наводить інформацію про можливості та ефективність використання розглянутих способів у промислових масштабах. Наведені у цьому ж розділі рівняння 4.6-4.9 (с.244-245) для визначення коефіцієнтів активності фосфору в залежності від складу сплаву і температури мають можливість визначати тільки активність фосфору. Цю інформацію, на думку опонента, слід доповнити розрахунком величин коефіцієнтів розподілу фосфору між шлаком та металом.

8. Підрозділ 5.2 присвячений дослідженням показників відновлення гематиту до магнетиту в умовах електролізу води, що само по собі є достатньо новим цікавим фактом. Ця технологія у разі її розвитку цілком відповідає напрямам вище згаданої європейської програми «The Green Deal» з точки зору зменшення викидів CO₂ та переходу на «водневу економіку». Проте автор не аналізує витрати на електроенергію при реалізації електролітичного відновлення, не планує перенесення даного процесу на випробування в більш широкому масштабі.

9. Розділ 6 цілком присвячений комплексному використанню багатьох видів відходів рослинного походження для отримання теплоізолюючих сумішей. Проте з наведених у дисертації матеріалів не зовсім зрозуміло - як

організувати процес попереднього обпалу пропонованих видів вихідної сировини для досягнення запланованого вмісту вуглецю та оксиду заліза в кінцевих продуктах. Відсутнє пояснення, яким чином регулювати задану вологу для застосованого у сумішах вуглецевмісного матеріалу?

10. Дисертація в цілому добре викладена, проте дивує незрозуміла кількість повторів за текстом, інколи – дослівних. Так, зі с.109 на с.153 повністю «перейшли» абзаци відносно негативного впливу дрібних фракцій у шихті на показники роботи потужних герметичних та закритих феросплавних печей. На с.111 на с.144 викладено ідентичний текст щодо зміни фазового складу продуктів відновлення оксидів марганцю в залежності від кількості вуглецевого відновника. Декілька разів (на с.108 та с.117) критикується зернисто-піщана структура дрібних концентратів 2 сорту Покровського ГЗК, яка не забезпечує потрібну комкуємість аглошихти тощо.

11. Завершуючи викладення зауважень, опонент вважає за необхідне висловити загальне враження щодо дисертаційної роботи, яка є предметом розгляду. Матеріал, приведений в основних розділах дисертаційної роботи містить значну кількість інформації з літературних джерел, що дещо ускладнює сприйняття результатів досліджень, виконаних здобувачем.

Відомо, що інколи будь-які недоліки є зворотною стороною відповідного позитиву. У цьому сенсі різноплановість проведених досліджень по залученню у виробництво матеріалів техногенного походження, кількість проведених теоретичних та експериментальних досліджень відпрацювання технологічних рішень у промислових умовах не дозволили автору сконцентруватися на найбільш принципових питаннях і довести їх до глибоких теоретичних висновків. Зрозуміла також позиція автора здійснити так би мовити «широким фронтом» пошук технологічних рішень для залучення у виробництво техногенних матеріалів різного походження; в цьому випадку широта пошуку теж має доцільність.

Наведені зауваження не знижують загальної оцінки дисертаційної роботи, яка виконана на достатньо високому науковому рівні, а їх кількість пов'язана саме з багатоплановістю проведених дисертанткою досліджень.

8. Висновок про відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань...»

Дисертаційна робота М'яновської Я.В. 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 - фізико-хімічне обґрунтування, розробка і впровадження в металургійне виробництво комплексу раціональних технологічних схем і рішень з залучення матеріалів техногенного походження. Використання корисних властивостей техногенної сировини в процесах одержання металів та сплавів сприяє зменшенню імпорту сировини, скороченню наскрізної втрати провідних компонентів, зменшенню

витрат викопних видів сировини та палива та покращення екологічно стану промислово розвинутих регіонів України.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.16.02 Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів та пп. 9,10, 12, 13, 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння наукового звання старшого наукового співробітника».

Автор дисертаційної роботи М'яновська Яна Валеріївна заслуговує присудження наукового ступеню доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.02 Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів.

Офіційний опонент -

Генеральний директор Центру управління проектами в галузі видобутку та переробки металургійної сировини ЦУП «Трансрудмет», доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державних премій України

Грищенко С.Г.

10 квітня 2021 р.

