

ВУ № 440  
11. 10. 193

## **ВІДГУК**

офіційного опонента д-ра техн. наук **В.В.Перемітька**  
на дисертаційну роботу **НЕТЯГИ Антона Володимировича**  
**«Зміцнення деталей машин і механізмів гірничо-металургійного**  
**обладнання електрошлаковим наплавленням у струмопідвідному**  
**кристалізаторі»,**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.03.06 – «Зварювання та споріднені процеси і технології»

### **1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Устаткування гірничо-металургійного комплексу має значні розміри та вагу, а умови його експлуатації спричиняють обмежений термін роботи до моменту реновації або заміни. Зазначене визначає актуальність проведення досліджень, спрямованих на збільшення опірності контактних поверхонь деталей такої техніки до різних видів інтенсивного зносу та подовження міжремонтних періодів функціонування. Беручи до уваги габарити та металомісткість гірничого та металургійного обладнання, застосування електрошлакових технологій з метою відновлення зношених та початкового зміцнення нових деталей виглядає доцільним та перспективним.

Виходячи з цього, дослідження особливостей зміцнення деталей і механізмів гірничо-металургійного обладнання електрошлаковим наплавленням у струмопідвідному кристалізаторі є актуальною науково-технічною задачею.

Актуальність теми підтверджується також виконаним комплексом науково-дослідних робіт в ІЕЗ ім. Є.О. Патона в рамках державної науково-технічної програми «Дослідження впливу мікролегування та модифікування на формування структури високолегованого наплавленого металу, стійкого проти зношувань та циклічних термосилових навантажень (№ ДР 0121U108387, 2021-2023 рр.); в межах договорів № 561 від 09.09.2020 р. «Проведення технологічних робіт, а саме визначення оптимальних матеріалів, способів наплавлення та розроблення технології і техніки



наплавлення для відновлювального наплавлення робочих плит шокової дробарки»» (код ДКПП ДК 016:2010 72.19) та № 656 від 03.01.2021 р. «Проведення технологічних робіт, пов'язаних з відпрацюванням техніки й технології електрошлакового наплавлення високо хромистого чавуну на дослідні зразки з низьковуглецевої сталі різної товщини (КВЕД 72.19).

При реалізації зазначених науково-дослідних робіт автор дисертації був співвиконавцем.

## **2. Наукова новизна одержаних результатів**

В якості нових наукових результатів можна визначити наступне:

- встановлений експериментально ефект зміни структури (менша кількість евтектичної складової) та розміру зерна (у 2...4 рази) високохромистого чавуну, що наплавляється електрошлаковим процесом, при заміні звичайного кристалізатора на струмопідвідний;
- факт залежності структуроутворення при електрошлаковому наплавленні у струмопідвідний кристалізатор від виду наплавного матеріалу (неструмоведаючою заготовкою, рідкою присадкою, струмоведаючим електродом, дробом);
- закономірності впливу положення струмопідводу відносно технологічного розрізу в струмопідвідній секції на інтенсивність обертання шлакової та металевої ванн, а також вплив обертання шлакової ванни на подрібнення структурних складових високовуглецевого металу, що наплавляється електрошлаковим процесом;
- встановлений факт впливу способу виготовлення електроду (катаний або литий) на дисперсність структури напавленої високовуглецевої сталі.

## **3. Практична цінність роботи**

За результатами досліджень, виконаних дисертантом, при електрошлаковому наплавленні високохромистого чавуну запропоновано



використовувати двохсекційний струмопідвідний кристалізатор, розроблено та випробувано у виробничих умовах струмопідвідний кристалізатор квадратного перерізу;

складено рекомендації щодо наплавлення в струмопідвідному кристалізаторі виробів, що експлуатуються в умовах інтенсивного абразивного та ударно-абразивного зношування;

виконано дослідно-промислову перевірку та отримано підтвердження ефективності початкового наплавлення бічних футеровок шокової дробарки та відновного наплавлення передньої стінки ковша навантажувача.

#### **4. Обґрунтованість наукових положень у дисертації та їх достовірність**

Ступінь обґрунтованості наукових положень, які сформульовані у дисертаційній роботі, а також висновків та практичних рекомендацій є високим, мету і задачі досліджень поставлено чітко. Достовірність одержаних результатів не викликає сумніву. Вірогідність викладених наукових положень та практичних рекомендацій підтверджено сучасними методиками, які автор використовував у своїх дослідженнях.

Основні наукові положення та результати досліджень доповідалися на трьох міжнародних та одній всеукраїнській науково-технічних конференціях. Це свідчить про достатню ступінь апробації роботи.

Основний зміст дисертації та найважливіші висновки викладені у восьми статтях, опублікованих у фахових журналах, що входять до переліку рекомендованих МОН України видань для публікації праць здобувачів наукового ступеня.

#### **5. Структура та зміст дисертації**

Дисертація та автореферат містять усі необхідні структурні розділи, написані українською мовою й оформлені відповідно до вимог ДАК України.



Дисертаційну роботу виконано в Інституті електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України. Вона складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи – 171 сторінка, включаючи 74 рисунки, 19 таблиць та список використаних джерел із 189 найменування на 20 сторінках.

Представлено автореферат дисертації, який містить 19 сторінок друкованого тексту, в тому числі список з 12 праць, опублікованих автором за темою дисертації.

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи; подано мету та основні напрямки досліджень, а також наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію основних наукових положень та наукові публікації.

У **першому розділі** наведено результати аналізу умов експлуатації деталей машин та механізмів гірничо-металургійного устаткування. Підкреслено, що електрошлакове наплавлення є альтернативою дуговим технологіям з огляду на необхідність наносити при виготовленні або відновленні значні маси металу. Детально розглянуто існуючий досвід електрошлакового наплавлення типових деталей гірничо-видобувної, металургійної та будівельної галузей. Враховуючи умови експлуатації зазначених об'єктів, зроблено акцент на доцільності використання при наплавленні матеріалів, що забезпечують нанесення зносостійкого високохромистого чавуну. Відзначено, що додаткові можливості електрошлаковому процесу досягаються у разі застосування струмопідвідного кристалізатора.

Сформульовано мету дисертаційної роботи, намічено завдання для її досягнення.



У **другому розділі** описано математичну модель струмопідвідного кристалізатора для процесу електрошлакового наплавлення на горизонтальну поверхню. Представлено розподіли густини струму у верхній струмопідвідній секції та електромагнітних сил у горизонтальному перерізі шлакової ванни в залежності від кута між клемою живлення та верхньою струмопідвідною секцією. Визначено лінійний характер спадання електромагнітної дії при збільшенні вище згаданого кута. Досліджено також вплив положення нижнього струмовідводу на електромагнітні процеси у струмопідвідному кристалізаторі. Підкреслено, що розташування нижнього струмовідводу впливає на значення окружної складової електромагнітних сил у шлаковій ванні, проте її вплив на швидкість обертання шлакової ванни менш помітний.

**Третій розділ** присвячений обґрунтуванню видів наплавних матеріалів, способів їх виготовлення, а також робочого флюсу. Наведено методику проведення експерименту, підібрано технологічне устаткування та прилади, необхідні для експериментальних та металографічних досліджень, що забезпечили об'єктивну оцінку наплавлених зразків.

У **четвертому розділі** наведені результати дослідження впливу виду наплавного матеріалу та технологічних параметрів електрошлакового наплавлення на формування структури металу, що кристалізується. Визначено, що у разі наплавлення литим електродом із високохромистого чавуну у звичайному кристалізаторі розміри евтектичних колоній у 2...4 рази більші, ніж у випадку використання струмопідвідного кристалізатора, спостерігається велика відмінність у розподілі як евтектики, так і карбідів.

Визначено, що при електрично замкненій струмопідвідній секції та відсутності обертання шлакової ванни відбувається огрублення структури



наплавленого металу. Макротвердість останнього знижується, а розмір евтектичних колоній росте.

Зафіксовано позитивний вплив електромагнітного обертання шлакової ванни на подрібнення структури наплавленого металу. При застосуванні литої безструмової заготовки кількість евтектики в металі формується у 2,5...3,0 рази менше, додатково виявляються карбіди ланцетоподібної форми.

Вперше з використанням швидкорізальної сталі в якості дискретної присадки встановлено дієвість електромагнітного обертання шлакової ванни на дисперсність структури високолегованого чавуну.

Доречним виглядає застосування програмного комплексу MIPAR для підтвердження подрібнення структури наплавленого металу під дією електромагнітного впливу.

Автором визначено, що застосування в якості наплавного матеріалу при ЕШН у СПК дробу з високохромистого чавуну дозволяє отримувати дрібнозернисту структуру з відносно рівномірним розподілом структурних складових та підвищеною мікротвердістю.

На прикладі ведення ЕШН електродами зі сталі X12МФ доведено, що на формування структури наплавленого металу впливає спосіб виготовлення наплавного матеріалу: при використанні литого електроду вміст трооститу зростає у 4, 5 рази, а у разі застосування катаного електроду досягається найдискретніша структура.

У п'ятому розділі наведені результати практичного використання розроблених електрошлакових технологій відновлення та початкового зміцнення.

Наведено результати дослідження з вибору оптимального способу виготовлення двохсекційного струмопідвідного кристалізатора та



технологічної схеми наплавлення. Проаналізовано працездатність секцій у залежності від матеріалу їх виготовлення.

На підставі проведених досліджень доведені технологічна доцільність та економічна ефективність застосування електрошлакового наплавлення для отримання біметалевих елементів. З цією метою автором розроблено оптимальний алгоритм погодження електричних параметрів режиму ЕШН та масової швидкості подавання дробу.

Наведено результати промислових випробувань виробів, наплавлених за запропонованими технологіями виготовлення бокових футерівок шокової дробарки та відновлення передньої стінки ковша кар'єрного навантажувача.

**Висновки дисертації** повністю відображають найважливіші наукові та практичні результати дисертації. Вони сформульовані конкретно та логічно, відповідно до змісту дисертації.

**Зміст дисертації та автореферату ідентичний.** Автореферат дисертації достатньо повно висвітлює результати, наведені в самій дисертації.

#### **6. Апробація положень та результатів дисертації та повнота їх викладення в опублікованих роботах**

Основні результати дисертації опубліковані в 12 наукових працях, які включають 8 статей у наукових фахових виданнях, з яких 2 у виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus; 3 – у збірниках тез міжнародних науково-практичних конференцій. Наукові публікації охоплюють всі розділи дисертаційної роботи. Отримано два патенти України на винахід.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.



## 7. Зауваження по дисертаційній роботі

1. Пункт 4 наукової новизни частково повторює повідомлений у пункті 3 вплив на кристалізацію наплавленого металу обертання шлакової ванни, а дієвість інокуляції не визначається взагалі.
2. Не зовсім зрозумілим виглядає зроблений автором у літературному огляді акцент на розвитку технологій електрошлакового наплавлення окремих конкретних деталей (наприклад, бил молоткових дробарок, стор.36-38 та прокатних валків, стор.40-42), які у подальшому викладенні дисертації не використовуються та не згадуються.
3. Твердження, що «високохромисті чавуни практично взагалі не підлягають дуговому наплавленню» (стор. 49-50) не є цілком істинним, бо на практиці досить поширеними є порошкові дроти та стрічки, які такий склад дозволяють наносити (наприклад, стрічкою План-SWS-63 ТМ Велтек).
4. У розділі 1 бракує інформації щодо особливостей структуроутворення під час кристалізації металу, наплавленого електрошлаковим процесом.
5. На стор.57 наведено результати власних досліджень залежності обертання шлакової ванни від електричної потужності та струму наплавлення (рис.2.1) без зазначення умов проведення експерименту та отримання зазначених даних.
6. При постановці задачі для математичного моделювання електромагнітних процесів у струмопідвідному кристалізаторі автором передбачається зміна величини стиснення пари мідь-графіт (сполучення СПК – футерівка) без пояснення визначених меж  $1 \dots 7$  МПа/см<sup>2</sup> та способів їх забезпечення.
7. Залишилося не зрозумілим, чим був зумовлений вибір глибини шлакової ванни у 15 мм при вивченні розподілу струму у верхній струмопідвідній секції та у 20 мм – при розгляді розподілу густини струму.



8. У першому висновку до розділу 2 повідомляється, що похибка у значеннях електромагнітних характеристик між результатами математичного моделювання та даними експерименту не перевищує 15%, проте по тексту розділу відповідна інформація відсутня.
9. У розділ 3 дисертації, який присвячено методиці виконання експериментів та досліджень, автор не помістив даних щодо режимів наплавлення.
10. У дисертації бракує пояснення щодо рекомендованих меж зміни швидкості обертання шлакової ванни (40...60 об/хв.).
11. У роботі зустрічаються окремі граматичні помилки за текстом (наприклад, стор.14, 16, 71, 79, 126, 129, 130) та неточності використання понять («наплавкові матеріали» на стор.26, «наплавні» на стор.27 та «наплавочні» на стор.36; «наплавкове» обладнання на стор.79 замість «наплавлювальне» тощо).

#### **Загальний висновок**

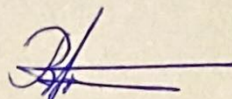
Відмічені недоліки та зауваження, зроблені до окремих положень дисертації, не стосуються кваліфікаційних ознак роботи і не знижують її загального наукового рівня.

У цілому дисертаційна робота Нетяги Антона Володимировича «Зміцнення деталей машин і механізмів гірничо-металургійного обладнання електрошлаковим наплавленням у струмопідвідному кристалізаторі», є завершеним науковим дослідженням в області електрошлакового наплавлення зносостійких високохромистих чавунів у струмопідвідному кристалізаторі, яке за обсягом виконаних досліджень, їх новизною, науковою та практичною значимістю одержаних результатів та їх рівнем повністю відповідає вимогам до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, зокрема, пунктам 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567.



Автор дисертаційної роботи – Нетяга Антон Володимирович – заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – Зварювання та спорідненні процеси і технології.

Офіційний опонент,  
декан металургійного факультету  
Дніпровського державного технічного  
університету (ДДТУ), професор кафедри  
технології та устаткування зварювання,  
д-р техн. наук, професор



В.В.Перемітько

Підпис Перемітька Валерія Вікторовича засвідчую:

Учений секретар ДДТУ,  
канд. соціолог. наук, доцент



Л.М.Сорокіна