

ВІДГУК**офіційного опонента**

на дисертаційну роботу Нетяги Антона Володимировича

«Зміцнення деталей машин і механізмів гірничо-металургійного обладнання електрошлаковим наплавленням у струмопідвідному кристалізаторі», подану на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – «Зварювання та споріднені процеси і технології»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Специфіка роботи обладнання гірничо-металургійного комплексу пов'язана з необхідністю досить частого проведення ремонтів по заміні деталей, що виходять з ладу в результаті інтенсивного абразивного зношування. В деяких випадках, термін експлуатації деталей складає всього декілька змін. Зупинка обладнання для заміни зношених деталей суттєво збільшує промислові витрати.

Одним із шляхів рішення даної проблеми є активна розробка та впровадження інноваційних наплавочних технологій, які дозволяють відновлювати зношені деталі або ж виробляти їх біметалічними з використанням високозносостійких наплавочних матеріалів.

Тому тема дисертаційної роботи «Зміцнення деталей машин і механізмів гірничо-металургійного обладнання електрошлаковим наплавленням у струмопідвідному кристалізаторі» є актуальною і економічно доцільно.

Отримані в дисертаційній роботі основні наукові положення, результати, висновки і рекомендації, їх новизна, ступінь обґрунтованості

У першому розділі дисертаційної роботи наведено відомості про умови експлуатації, термін служби та причини виходу з ладу досить широкої номенклатури та великої кількості деталей обладнання гірничо-металургійного комплексу.

Аналізуючи наведену інформацію, автор дисертації обґрунтовує необхідність та доцільність збільшення терміну експлуатації розглянутих деталей шляхом їх зміцнення. Для цієї мети дуже ефективним є застосування дугових способів наплавлення сучасними високо зносостійкими матеріалами, що випускаються як в Україні, так і за кордоном. Однак, дугові способи реалізують в тих випадках, коли товщина наплавленого шару складає порядку 3 – 6 мм та не перевищує 12 – 15 мм.

Для зміцнення деталей машин зносостійким шаром великої товщини (наприклад, зуби ковшів екскаваторів, валки прокатних станів, біла молоткових дробарок, ковальські бойки та інш.) автор роботи посиляється на доцільність застосування електрошлакового наплавлення. Однак, у випадку використання при електрошлаковому наплавленні таких матеріалів, як високохромистий чавун або високовуглецеві хромисті сталі, не завжди вдається отримати позитивний результат. Це обумовлено передусім великою вірогідністю утворення тріщин, а також формуванням дещо «грубої» литої структури. Дисертант вважає, що виключити вище зазначені труднощі можливо методом електрошлакового наплавлення в струмопідвідному кристалізаторі. Тому, логічним завершенням першого розділу стала постановка конкретної мети та задач дисертаційної роботи по дослідженню можливості зміцнення деталей машин електрошлаковим наплавленням в струмопідвідному кристалізаторі (ЕШН у СПК).

Другий розділ присвячено математичному моделюванню електромагнітних процесів під час ЕШН у СПК з кільцевою формою

формуючої частини. Моделювання дало теоретичне обґрунтування виникнення електромагнітних сил, які обертають рідку шлакову ванну. Також, моделюванням визначили найбільш оптимальне розташування верхнього та нижнього струмопідводів. Це забезпечує необхідну щільність струму по усьому перерізу шлакової ванни. Модель дає можливість оцінювати теплові та електричні процеси з урахуванням контактного опору мідь – графіт, графіт – рідкий шлак та графіт – шлаковий гарнісаж. Дослідження електромагнітних процесів за допомогою створеної моделі дозволяє якісно та кількісно оцінювати технологічні особливості процесу ЕШН в СПК.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячено вибору методології проведення експериментів, вибору обладнання, методик дослідження та оцінювання властивостей наплавленого за різними технологічними варіантами металу в СПК. Запропоновано виконати дослідження на шістьох матеріалах, які по структурі відносяться до ледебуритного класу, але відрізняються станом. Тобто, витратний електрод (витратний матеріал) литий, кований, дріб, рідка присадка, порошок. Це дозволить в подальшому застосовувати такий стан витратного матеріалу, який є найбільш доцільним при зміцненні конкретної деталі за конкретною технологічною схемою ЕШН у СПК. Дослідження процесів ЕШН у СПК виконували з використанням стандартного обладнання (А-550, ТШС-1000) та спеціально розробленого та виготовленого (СПК, дозатори, неплавкі мідні водоохолоджувані стартові електроди). Все обладнання за своїми технічними характеристикам дозволяє в повному обсязі виконати експериментальну частину роботи згідно розробленого плану. Для металографічних досліджень та порівняльного оцінювання наплавлених зразків металу був використаний комплексний підхід. Порівнювали структуру, фазовий склад, морфологію карбідів, дендритний параметр, твердість та мікротвердість. Застосування сучасного металографічного обладнання та методик забезпечило високу достовірність отриманих результатів.

У четвертому розділі дисертаційної роботи розглянуто вплив виду наплавочного матеріалу та технологічних параметрів ЕШН у СПК наплавки на формування мікроструктури і твердості наплавленого металу. Враховуючи, що досліджуваний наплавочний матеріал має підвищену твердість (до 56 одиниць HRC) та вважається відносно крихким матеріалом, виготовлення із нього зразків для механічних випробувань та випробувань на ударно-абразивне зношування є достатньо важкою задачею. Дисертант скористувався непрямою оцінкою міцнісних характеристик, наплавлених за різними технологічними варіантами матеріалів, шляхом дослідження та порівняння їх мікроструктур і твердості. Дисертант оцінював структуру наплавленого металу, виходячи із отриманих результатів, що дало можливість пропонувати найбільш раціональні технології ЕШН у СПК для зміцнення конкретних деталей обладнання.

За базовий варіант для порівняння структур була обрана наплавка з високохромистого чавуну, отримана у звичайному мідному водоохолоджувальному кристалізаторі по однофазній одноелектродній схемі з використанням ливарного електроду (C=3,3 %; Si=2,1%; Mn=0,3%; Cr=17 %).

Мікроструктуру досліджували по наступним характеристикам – по розподіленню, розмірам, формі карбідів, кількості карбідної складової. Також визначали твердість та мікротвердість.

У варіантах технології ЕШН у СПК (п.4.1.2 – 4.1.6), були використані ті ж матеріали по хімічному складу, але які відрізнялися видом та способом отримання.

Однаковий хімічний склад використаних матеріалів (високохромистий чавун) сформував однотипні структури (ледебуритні) досліджуваних наплавок, котрі незначно відрізнялися між собою кількістю карбідної фази, її розподіленням по перерізу наплавок та морфологією карбідів.

Найбільш суттєвий вплив на підвищення дисперсності структур відливок спричинило обертання шлакової ванни, що повністю узгоджується з основними науковими положеннями теорії електрошлакового процесу.

У порівнянні з базовим варіантом, структури наплавок ЕШН у СПК характеризуються більш високою дисперсністю, збільшенням на 10-15% кількості карбідів віялоподібної форми та більш високою (на 2-3 одиниці HRC) твердістю. Такі структурні відмінності забезпечують підвищення зносостійкості металу ЕШН у СПК є метою даної дисертаційної роботи.

У п'ятому розділі досліджені основні технологічні схеми ЕШН в СПК та удосконалена конструкція струмопідвідних елементів з метою поліпшення їх довговічності та зменшення впливу на них електричної ерозії. Дослідження виконували на кристалізаторах діаметром 72, 85, 152 та 180 мм. Встановлено можливість наплавлення зносостійких шарів необхідної товщини при мінімальному проплавленні основного металу. Отримані результати дали можливість промислового тестування розробленої технології та матеріалів, що наплавляються.

Зміцнення бокових футеровок дробарок СМД-111 методом ЕШН у СПК локальним наплавленням зносостійких «шайб» з високохромистого чавуну підвищило термін експлуатації футеровок з чотирьох до десяти місяців роботи при подрібненні базальту.

Для зміцнення внутрішньої стінки та бічних поверхонь ковша екскаватору «Caterpillar» ємністю 15 метрів кубічних застосували футерувальні біметалеві плитки. Товщина зносостійкого шару на плитці складала 20 ± 2 мм. Експлуатаційне тестування футерованого ковша в умовах Інгулецького ГЗК довели доцільність застосування високохромистого чавуну та технології ЕШН у СПК для зміцнення ковша екскаватора, який працює в умовах ударно-абразивного зношування.

Результати промислового тестування підтверджені відповідними актами.

Наукова новизна

1. Вперше досліджено комплекс технологічних варіантів ЕШН у СПК високохромистого чавуну, сталей Х12МФ, 10Р6М5 та структурний стан отриманих наплавок.
2. Значно розширені наукові уявлення про вплив обертання шлакової ванни при ЕШН у СПК на структуру отриманих наплавок.
3. Розроблена математична модель електромагнітних процесів при ЕШН у СПК, повністю відповідає вимогам «наукової новизни».
4. Вперше застосовано методичний підхід непрямой оцінки міцнісних характеристик наплавленого у СПК високохромистого чавуну шляхом вивчення його мікроструктур, що відповідають металу, отриманому за тією чи іншою технологією.

Практична цінність отриманих результатів

1. Дослідження дев'ятох технологічних варіантів процесу ЕШП у СПК для з використанням різного виду матеріалів, що наплавляються, дають можливість застосовувати процес ЕШН у СПК для відновлення широкої номенклатури зношених деталей гірничо-металургійного обладнання.
2. Застосована технологія ЕШН у СПК не потребує додаткової термічної підготовки деталей, які наплавляють. Це дає значну перевагу перед іншими технологіями наплавлення високовуглецевих та високолегованих матеріалів.
3. Застосований для ЕШН у СПК високохромистий чавун значно дешевше більшості матеріалів, що наплавляють для роботи в умовах ударно-абразивного зношування. Це забезпечує суттєву практичну перевагу в застосуванні наплавочних процесів зміцнення деталей обладнання.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях

Основні результати роботи знайшли відображення в 12 наукових працях, в тому числі: 8 статей у фахових науково-технічних журналах (2 входять в базу «Scopus») та 4 у збірниках тез доповідей міжнародних науково-технічних конференцій.

Оцінка оформлення та ідентичність змісту дисертації і автореферату

Дисертаційна робота викладена на 171 сторінці і складається зі вступу, п'яти розділів, висновків за розділами та загальних висновків, переліку використаних літературних джерел. Обсяг основного тексту складає 144 сторінки тексту, містить 74 рисунки, 19 таблиць, список використаних джерел зі 189 найменувань на 20 сторінках та двох додатків.

Дисертаційна робота і автореферат оформлені відповідно до рекомендацій Міністерства освіти і науки України. Дисертаційна робота написана логічно, грамотно, добре ілюстрована. Текст викладений зрозумілою технічною і літературною мовою. Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертаційної роботи.

Зауваження по роботі

1. На мій погляд, перший розділ дуже перевантажений інформацією (37 сторінок тексту, 162 посилання), яку можна було б довести значно лаконічніше.

2. В п.1.2.3. «Вибір оптимальних наплавних матеріалів» не доведено, які ж матеріали оптимальні для роботи в умовах ударно-абразивного зношування. Йдеться тільки про порівняння сталі 110Г13 з високохромистим чавуном.

3. Розроблена математична модель не дає відповіді, як можна плавно регулювати швидкість обертання шлакової ванни з метою отримання якісного біметалу при електрошлаковому наплавленні в струмопідвідному кристалізаторі.

4. Було б доречно досліджувати електродинамічні процеси у струмопідвідному кристалізаторі з використанням так званої «холодної моделі».

5. Узагальнюючим показником якості наплавленого металу, який відрізняється за хімічним складом, в дисертаційній роботі запропоновано дендритний параметр. Але в подальшому цей параметр не застосовується для порівняння та оцінювання дисперсності структур металу наплавленого у струмопідвідному кристалізаторі.

6. В дисертаційній роботі нажалі не наведені техніко-економічні характеристики процесу ЕШН в СПК такі як, витрати електроенергії, швидкість наплавленні (продуктивність), витрати флюсу.

7. На мій погляд, було б незайвим розглянути застосування термообробки для формування метастабільного стану у наплавленому високохромистому чавуні. Така термообробка суттєво підвищує (2-6 разів) зносостійкість хромистого чавуну який працює в умовах ударно-абразивного зношування.

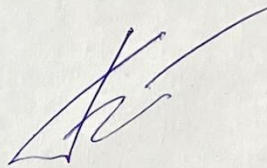
Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

1. В цілому слід зазначити, що виконаний у даній роботі комплекс досліджень становить цінність як для теорії, так і для практики процесів наплавлення при використанні струмопідвідного кристалізатору. На підставі теоретичного аналізу стану проблеми, та експериментальних досліджень, вирішені актуальні наукові та практичні завдання по зміцненню деталей машин і механізмів гірничо-металургійного комплексу електрошлаковим наплавленням у струмопідвідний кристалізатор.

2. Вважаю, що дисертаційна робота за своєю актуальністю, науковою новизною, теоретичним рівнем і практичною цінністю повністю відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, а її автор Нетяга Антон Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – «Зварювання та споріднені процеси і технології».

Доцент кафедри «Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій»

Національного університету «Запорізька політехніка»,
кандидат технічних наук, доцент



Ігор БІЛОНИК

Підпис І. Білоника засвідчую
Вчений секретар Національного університету «Запорізька політехніка»
кандидат соціологічних наук, доцент



Віктор КУЗЬМІН