Спеціалізованій вченій раді Д 12.052.01
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
МОН України

ВІДГУК
офіційного опонента
д.т.н., професора, головного конструктора ДП «ДКТБ ІЕЗ ім. Є.О.Патона» НАН України **Лебедєва Володимира Олександровича** на дисертаційну роботу **Агєєвої Марини Володимирівни** «РОЗВИТОК НАУКОВИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСНОВ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ І ЗВАРЮВАННЯ З ДІЄЮ КЕРУЮЧИХ МАГНІТНИХ ПОЛІВ»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.03.06 - Зварювання та споріднені процеси і технології

Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 291 найменувань. Загальний обсяг дисертації складає 343 сторінки машинописного тексту, включаючи 121 рисунок, 12 таблиць та 3 додатки.

Актуальність теми дисертації. Електродугове наплавлення та зварювання займають важливе місце при відновленні конструкцій і підвищення строку служби у галузі машинобудування і металургійному та прокатному виробництві. Ефективність застосування дугового наплавлення та зварювання під флюсом залежить від продуктивності процесу розплавлення електродного дроту, можливістю керуванням глибиною і формою зони проплавлення основного металу, подрібненням металу наплавлених валиків і зварних швів. Керування цими процесами доцільно виконувати з застосуванням зовнішніх керуючих поздовжнього і поперечного магнітних полів. В порівнянні з іншими способами керування такий спосіб має переваги, оскільки він здійснюється без безпосереднього контакту пристроїв з зоною наплавлення і зварювання, а його застосування не вимагає суттєвих змін стандартного устаткування. Огляд літературних даних показав, що застосування магнітних полів при електродуговому наплавленні і зварюванні дозволяє значно підвищити продуктивність цих процесів, якість наплавленого шару за рахунок ефективного перемішування рідкого металу в зварювальній ванні з економією електроенергії. Але не вирішений цілий комплекс проблем у вказаному напрямку. Тому розробка науково обґрунтованих технологій дугового наплавлення та зварювання дротом під флюсом з дією керуючих зовнішніх магнітних полів є **актуальною** задачею.

Ступінь обґрунтованості й достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі Агєєвої М.В., достатньо обґрунтовані, оскільки вони базуються на виконаних експериментальних і розрахункових даних, виконаних з застосуванням сучасного експериментального обладнання, та розроблених і вдосконалених методик та методів досліджень:

15.03.2021
200-67/25

Для обґрунтування встановлених закономірностей автором виконані чисельні теоретичні та експериментальні дослідження. Обґрунтовані розроблені розрахункові методики для визначення мінімального рівня компоненти індукції поперечного магнітного поля, що видаляє краплі з торця електродного дроту; а також для визначення рівня індукції і частоти знакозмінних поздовжнього і поперечного магнітних полів, що забезпечують ефективне перемішування рідкого металу ванни при дугового наплавленні і зварюванні дротом під флюсом. Для дослідження мікроструктури зварних швів застосовували мікроскоп МІМ-8, методи скануючої електронної мікроскопії і мікрорентгеноспектрального аналізу з використанням мікроскопу JSM-35CF і енергодисперсіонного спектрометру INCAEnergy-350. Випробування на зношування і стійкості проти термічної втоми наплавлених шарів при підвищених температурах, механічні випробування проводили на атестованому обладнанні із застосуванням стандартизованих методик. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в роботі підтверджується порівняльним аналізом результатів розрахункових і експериментальних досліджень, а також з літературними даними других авторів у вказаному напрямку досліджень.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень і розроблених технологічних рекомендацій підтверджені впровадженням на підприємствах України

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в розвитку методології розрахунку оптимальних параметрів знакозмінних поздовжнього і поперечного магнітних полів; розширенні уявлень про механізм подрібнення металу валиків, наплавлених з дією магнітних полів; розробці технологій дугового наплавлення та зварювання електродним дротом під флюсом з дією зовнішніх магнітних полів.

На основі теорії векторного магнітного потенціалу в стаціонарних плоскомеридіанних магнітних полях визначено вплив магнітних властивостей виробу, дроту та осердя пристрою введення магнітного поля на характер розподілу і значення індукції магнітного поля при дуговому наплавленні з дією поздовжнього магнітного поля. Показано, що саме магнітні властивості електродного дроту справляють найбільший вплив на вказані параметри.

Подальший розвиток отримало уявлення, що на основі аналогії між магнітостатичним і електростатичним полем можливо визначити розподіл індукції магнітного поля в зоні краплі під торцем феромагнітного електроду і зварювальної ванни, якщо виріб з немагнітного або з феромагнітного матеріалу. Це дозволило встановити, що в зоні електродної краплі на відстані 4…7 мм від осі електрода значення компоненти індукції зменшується в 3…6 разів, а поперечна компонента індукції досягає половини значень поздовжньої компоненти індукції цього поля. Ці дані важливі для пояснення механізму перенесення крапель при дії керуючого подовжнього магнітного поля і підвищення продуктивності процесу розплавлення електродного дроту при дуговому наплавленні і зварюванні.

Вперше встановлено, що при дуговому наплавленні під флюсом з дією знакозмінного поперечного магнітного поля при його частоті в межах 5…10 Гц в діапазоні струмів 400…1000 А для дротів діаметрами 3, 4, 5 мм мінімальний рівень індукції, що видаляє краплю з торця електродного дроту, складає 50…100 мТл. Це дозволило встановити оптимальні параметри магнітного поля для підвищення продуктивності розплавлення електродних дротів при дуговому наплавленні і зварюванні з дією такого магнітного поля.

Вперше встановлено, що стосовно дугового наплавлення і зварювання дротом під флюсом при індукції постійного поперечного магнітного поля в межах 30…35 мТл коефіцієнт розплавлення дротів суцільного перерізу і порошкових дротів з феромагнітних і не феромагнітних матеріалів збільшується на 23…30 %. При збільшенні частоти знакозмінного поперечного магнітного поля до 20 Гц і індукції 25…30 мТл ефект підвищення коефіцієнту розплавлення електродів знижується від 30 % до нульових значень, що обумовлено недостатнім рівнем індукції магнітного поля. Ці дані дозволили визначити і рекомендувати оптимальні параметри магнітного поля для підвищення продуктивності розплавлення електродні дроті при дуговому наплавленні і зварюванні.

Встановлено, що при зварюванні стикових з'єднань пластин зі сталі 12Х18Н10Т товщиною 4 мм з дією знакозмінного поперечного магнітного поляі індукцією 25...30 мТл та частотою 5 Гц міцність металу шва має максимальну міцність і підвищується на 11,5%, а при дії знакозмінного поздовжнього магнітного поля– на 11,0%. Це обумовлено подрібненням зерен металу зварних швів практично в 2 рази за рахунок перемішуванням рідкого металу в ванні при зварюванні з дією магнітних полів.

Вперше встановлено, що ефективне перемішування рідкого металу в ванні при дуговому наплавленні під флюсом забезпечується при рівні індукції знакозмінного поздовжнього магнітного поля 25…30мТлі частоті цього поля в межах 2...4 Гц, а також при дії знакозмінного поперечного магнітного поля – при рівні індукції 25…100 мТл і частоті поля в діапазоні 1...3 Гц.

Показано, що відновлення дуговим наплавленням під флюсом зношених поверхонь деталей металургійного обладнання, доцільно виконувати шарами зі сталей 30ХГСА, 15Х4МФС, 12Х13 з дією керуючого знакозмінного поздовжнього магнітного поля. При цьому підвищується стійкість наплавлених шарів проти термічної втоми в 2 рази, а зносостійкість при температурі 600 ºС – на 20…25 %.

Практичне значення одержаних результатів. При виконанні роботи отримані результати, що мають практичне значення:

Визначені оптимальні значення індукції знакозмінного поперечного магнітного поля, при яких видаляється крапля з торця електродного дроту при заданій частоті цього поля,були використані при розробці технологій дугового наплавлення та зварювання дротом під флюсом з дією такого магнітного поля ряда деталей і конструкцій.

Визначені в роботі оптимальні значення частоти і індукцій знакозмінних поздовжнього і поперечного магнітних полів, при яких забезпечується ефекти-

вне перемішування рідкого металу в зварювальній ванні, подрібнення структурних складових наплавлених валиків та зварних швів і підвищення їх працездатності, використані при розробці технологій дугового наплавлення і зварювання

Вдосконалені конструктивні розміри пристрою введення для електродугового наплавлення і зварювання та розроблена технологія дугового зварювання плавким електродом стикових з'єднань пластин із феромагнітних і немагнітних сталей, що дозволило підвищити продуктивність процесів дугового наплавлення і зварювання.

Розроблені практичні рекомендації для впровадження у виробництво при відновленні зношених поверхонь деталей металургійного виробництва, електродугового наплавлення шарів зі сталей 30ХГСА, 15Х4МФС, 12Х13 електродними дротами під флюсом з застосуванням знакозмінного поздовжнього магнітного поля.

Розроблені практичні рекомендації щодо вдосконалення технології дугового наплавлення і зварювання виробів із застосуванням керуючих поздовжнього і поперечного магнітних полів дозволили підвищити продуктивність і енергозбереження процесів, а також працездатність наплавлених і зварних конструкцій у виробництво.

Впровадження результатів. На основі отриманих дисертантом результатів теоретичних та експериментальних досліджень реалізовані технології дугового наплавлення та зварювання дротом під флюсом з дією керуючих магнітних полів деталей металургійного та прокатного виробництва на підприємствах України.

В умовах ПрАТ «Краматорський феросплавний завод» при відновленні зношених плит, що дроблять феросплави, впроваджено технологію дугового наплавлення з використанням поздовжнього магнітного поля з економічним ефектом 478400,5 грн. В умовах ТОВ «НВО Маріленд» (м. Маріуполь) була впроваджена у виробництво технологія електродугового зварювання з дією поперечного магнітного поля фланців сталевих типу Ду-500 зі сталі ВМСт3сп з нагнітальним трубопроводом з економічним ефектом в розмірі 530,1 тис. грн. та технології електродугового наплавлення валів редуктору з дією поздовжнього магнітного поля з економічним ефектом в розмірі 720,3 тис. грн. Загальний економічний ефект від впровадження у виробництво результатів дисертаційної роботи склав 1 728,8 тис. грн.

Ряд розробок впроваджено в навчальний процес в рамках викладання навчальних дисциплін «Технологія та устаткування зварювання плавленням», «Напилення та наплавлення», «Спецкурс за напрямком магістерської роботи» кафедри «Обладнання і технологій зварювального виробництва» ДДМА (м. Краматорськ).

Повнота викладу основних результатів дисертації в фахових виданнях.

Основні положення і результати дисертації опубліковано у 49 роботах у тому числі у 1 монографії, 22 статтях у спеціалізованих фахових виданнях, з них 6 статей, що входять до НБД Scopus, з яких 5 статей Q3; 5 статтях у спеціа-

лізованих виданнях, 3 патентах України, 18 тезах доповідей на конференціях та 2 сертифікатах учасника Міжнародних конференцій.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук. Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації і достатньо повно відображає основні положення дослідження.

Аналіз змісту дисертації.

Відповідно до змісту дисертація має вступ; розділ 1 «Проблема підвищення ефективності процесів електродугового наплавлення і зварювання»; розділ 2 «Визначення параметрів керуючих магнітних полів в зоні електродної краплі і зварювальної ванни при електродуговому наплавленні і зварюванні»; розділ 3 «Вплив магнітних полів на продуктивність розплавлення електродного металу при електродуговому наплавленні та зварюванні»; розділ 4 «Вплив магнітних полів на проплавлення основного металу при дуговому наплавленні і зварюванні»; розділ 5 «Вплив магнітних полів на перемішування металу у зварювальній ванні і структуру наплавленого металу валиків і швів при дуговому наплавленні й зварюванні»; розділ 6 «Розробка рекомендацій для використання керуючих магнітних полів при дуговому наплавленні і зварюванні в промислових умовах»; загальні висновки; список використаних джерел; додатки.

У вступі автор роботи обґрунтувала актуальність теми дисертації, сформулювала мету і задачі досліджень, наукову новизну й практичне значення отриманих результатів, навела відомості про їх апробацію, особистий внесок автора та представила перелік публікацій по темі дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено аналіз способів керування розмірами валика і шва при дуговому наплавленні і зварюванні плавким електродом, огляд взаємодії зовнішніх магнітних полів зі зварювальною дугою, краплею на торці електрода і рідким металом зварювальної ванни. Показано, що дія магнітних полів при дуговому наплавленні та зварюванні призводить до підвищення продуктивності розплавлення електродного дроту. а форма, розміри шва в перерізі і якість формування швів визначаються характером руху рідкого металу в зварювальній ванні під дією керуючих магнітних полів.

Показано, що існуючі розрахункові методики визначення поздовжньої величини індукції для поздовжнього магнітного поля і поперечної – для поперечного магнітного поля складні у використанні. Відсутні розрахункові методики для визначення оптимальних параметрів магнітних полів для практичного використання при дуговому наплавленні і зварюванні. Показано, що не встановлені оптимальні параметри магнітних полів для подрібнення структури швів при дуговому наплавленні та зварюванні.

У розділі 2 наведені розробленні розрахункові методики визначення індукції керуючих поздовжнього і поперечного магнітних полів в зоні краплі і зварювальної ванни для електродугового наплавлення і зварювання дротом під флюсом. На основі використання методу векторного магнітного потенціалу в стаціонарних плоскомеридіанних магнітних полях встановлено вплив феромагнітних дроту, осердя соленоїду і виробу на значення і характер розподілу поздовжньої компоненти індукції поздовжнього магнітного поля. При дуговому

наплавленні та зварюванні основний вплив на величину індукції поля надають феромагнітні властивості електродного дроту. Ця розрахункова методика дозволила визначити чисельні значення компонент індукції поперечного магнітного поля в зоні під торцями стрижнів пристрою введення цього поля.

У **розділі 3** на основі аналогії між магнітостатичним і електростатичним полями розроблена розрахункова методика визначення радіальної компоненти індукції поздовжнього магнітного поля в зоні електродної краплі, якщо виріб немагнітний, що дозволило оцінити поведінку краплі на торці електрода і зварювальної дуги при дуговому наплавленні з дією цього магнітного поля. Показано, що в зоні електродної краплі на відстані 4…7 мм від осі електрода значення компоненти індукції зменшується в 3…6 разів, а поперечна компонента індукції досягає половини величини поздовжньої компоненти індукції і цей висновок підтверджується експериментальними даними. При феромагнітних електроді і виробі в розрахунковій методиці застосували метод відображень, тобто під поверхнею виробу-пластини розмістили фіктивні заряди, що рівні тим, які були розміщені на поверхні електрода.

Проведені експериментальні дослідження по встановленню дії поперечного магнітного поля на коефіцієнт розплавлення електродних дротів діаметрами 3...5 мм при дуговому наплавленні під флюсом. Встановлено підвищення коефіцієнту розплавлення електродних дротів з феромагнітних і немагнітних матеріалів суцільного перерізу і порошкових дротів 23…30 % при дуговому наплавленні з дією постійного поперечного магнітного поля. Показано, що при дії знакозмінного поперечного магнітного поля частотою 10...20 Гц ефект підвищення коефіцієнта розплавлення дротів знижується до нульових значень. Для пояснення впливу частоти знакозмінного поперечного магнітного поля на коефіцієнт розплавлення електродних дротів розроблена розрахункова методика визначення мінімального значення поперечної компоненти індукції поля, що видаляє краплю з торця електродного дроту при даній частоті цього поля. Розрахунки, виконані по цій методиці,дозволили рекомендувати оптимальні параметри такого поля для дугового наплавлення і зварювання і підвищити продуктивність розплавлення електроді

У **розділі 4** наведені експериментальні дослідження впливу поздовжнього і поперечного магнітних полів на проплавлення основного металу при дуговому наплавленні та зварюванні дротом під флюсом. Встановлено, що при зварюванні стикових з'єднань металу товщиною 4 мм і менше доцільно використовувати знакозмінні магнітні поля частотою 3...10 Гц при рівні індукцій таких полів в межах 25…30 мТл. Показано, що при дуговому наплавленні під флюсом з використанням дроту і пластини з немагнітних матеріалів дія знакозмінного поперечного магнітного поля частотою від 3 до 10 Гц дозволила зменшити глибину проплавлення основного металу на 15…20 % при незначній зміні ширини наплавлених валиків.

У розділі 5 досліджено вплив поздовжнього і поперечного магнітних полів на структуру металу валиків і швів при дуговому наплавленні та зварюванні. В розділі містяться літературі дані про сучасне представлення про механізм кристалізації металу шва.

Виконані дослідження з метою вирішення питання: на якій стадії процесу кристалізації відбувається подрібнення структури валиків або швів. Для цього використали сплав на основі заліза, який не зазнав поліморфних перетворень при кристалізації при дуговому наплавленні показано. Встановлено, що ефект подрібнення структури металу, наплавленого з дією поздовжнього магнітного поля, відбувається при первинній кристалізації. Показано, що електромагнітне перемішування рідкого металу в зварювальній ванні під дією знакозмінного поздовжнього магнітного поля частотою 6...24 Гц призводило до зменшення довжини і ширини кристалітів в 1,3 та 1,3...1,5 рази відповідно, що позитивно вплило на механічні та експлуатаційні властивості наплавленого металу.

Експериментально встановлено, що міцність зварних швів при зварюванні стикових з'єднань пластин зі сталі 12Х18Н10Т товщиною 4 мм з дією знакозмінного поперечного магнітного підвищується максимально на 11,5 %, а при дії знакозмінного поздовжнього магнітного поля– на 11,0 %. При цьому спостерігалось подрібнення зерен металу зварних швів практично в 2 рази, що обумовлено перемішуванням рідкого металу в ванні при зварюванні з дією магнітних полів.

Показано, що при використані дротів діаметрами 3, 4, 5 мм і струмів наплавлення від 400 до 1000 А при швидкості наплавлення 5...40 м/год для ефективного перемішування рідкого металу в зварювальній ванні оптимальні параметри магнітних полів і склали: при дії поздовжнього магнітного поля – рівень індукції 25…30 мТл і частота поля 2…4 Гц, при дії поперечного магнітного поля – рівень індукції 25…100 мТл і частота поля 1…3 Гц.

У розділі 6 розроблені технологічні рекомендації для дугового наплавлення дротом під флюсом з діє знакозмінного поздовжнього магнітного поля зношених поверхонь деталей металургійного виробництва (наприклад, роликів машин безперервного лиття заготовок) в умовах ПрАТ МК «Азовсталь». Показано, що для зміцнення зношених поверхонь валків і роликів доцільно використання сталей типу 30ХГСА,15Х4МФС і 12Х13. Виконані випробування на зношуванню при роботі при значних контактних напруженнях і на стійкість проти термічної втоми при роботі в умовах нагріву до 600 ºС. Встановлено, що при дії керуючого знакозмінного поздовжнього магнітного поля з індукцією в межах 25…30 мТл і частотою поля в межах 3…6 Гц стійкість наплавлених шарів металу зі сталей вказаного типу проти термічної втоми підвищується в 2 рази, а зносостійкість при температурі 600 ºС – на 20…25 %.

Вдосконалені конструктивні розміри пристрою введення поперечного магнітного поля і розроблені технології дугового наплавлення і зварювання стикових з’єднань пластин із феромагнітних і немагнітних сталей з дією поперечного магнітного поля, що підвищило продуктивність цих процесів.

Впровадження у виробництво розроблені технології дугового наплавлення і зварювання дротом під флюсом з дією керуючих поздовжнього та поперечного магнітних полів деталей металургійного і прокатного виробництва та машинобудування. на ряді підприємств України. В умовах ПрАТ «Краматорський феросплавний завод» при відновленні зношених плит, що дроблять феросплави, впроваджено технологію дугового наплавлення з використанням поздо-

вжнього магнітного поля з економічним ефектом 478400,5 грн. В умовах ТОВ «НВО Маріленд» (м. Маріуполь) була впроваджена у виробництво технологія електродугового зварювання з дією поперечного магнітного поля фланців сталевих типу Ду-500 зі сталі ВМСт3сп з нагнітальним трубопроводом з економічним ефектом в розмірі 530,1 тис. грн. та технології електродугового наплавлення валів редуктору з дією поздовжнього магнітного поля з економічним ефектом в розмірі 720,3 тис. грн. Загальний економічний ефект від впровадження у виробництво результатів дисертаційної роботи склав близько 1 728,8 тис. грн.

Загальні висновки дисертації відповідають її змісту, конкретно і стисло висвітлюють основні наукові результати. Загалом можна зазначити , що дисертація є закінченою науковою роботою, в якій отримані нові наукові результати, що мають теоретичну та практичну цінність.

Зауваження та коментарі до дисертації:

Слід відзначити, що до дисертації треба б було залучити більш робіт у даному напрямку, які виконані за кордоном, зокрема в США, Японії, Кореї КитаЇ (Wu H., Chang Y., Lu L., et al. Review on magnetically controlled arc welding process // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2017. Vol.91(9-12). P. 4263-427). та інші, де застосування автоматичного зварювання дуже поширено і конкретних досліджень по цій проблемі достатньо.

В дослідженнях для порівняння доцільно було використати більш широкий спектр сталей різного складу, з різними властивостями, зокрема магнітними.

На ряді рисунків, що ілюструють результати досліджень та обчислень, не показано до яких матеріалів це відноситься, зокрема рис. 4.17, та інші

Було б доцільно додати більше фото реальних систем, які застосовані автором для отримання необхідних результатів, зокрема джерел живлення, систем керування, тощо.

Потребує уточнення деякі посилання, що цитуються в роботі, наприклад 192 та інше.

Автор допускає неточності в формулюванні деяких виразів, наприклад “ Повне придушення дендритів спостерігали при частоті коливань 4 Гц. ”Треба було б записати “Повне зупинення росту дендритів спостерігали при частоті коливань 4 Гц.” Також фраза “спостерігається шарувата будову при кристалізації швів” і таке інше.

Слід більше уваги звернути уваги на перехідні процеси при кристалізації металу шва з огляду на власні уявлення автора.

Автор в різних містах дослідження по різному розглядає швидкість росту кристалів - від постійної (по М.В. Шаманіну) до такої, що змінюється. Потрібно пояснення.

Спірним є ствердження автора щодо більшої перспективності, універсальності і технологічності безконтактного способу електромагнітного впливу на процес кристалізації металу шва в порівняння, наприклад, з способами імпульсного подавання, поперечного коливання електродного дроту (роботи Миколаївського університету кораблебудування ім. адмірала Макарова та ДП ДКТБ ім. Є.О. Патона НАН України.).

Треба було більше уваги приділити практичному застосуванні результатів дослідження і при цьому відокремити їх перспективність для промисловості, можливість виготовлення систем керуючих магнітних полів

Однак відзначені недоліки та зауваження не знижують загального високого рівня роботи та цінності отриманих результатів.

Дисертація відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України. Назва та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.03.06 – Зварювання та споріднені процеси і технології, як за формулою спеціальності, так і за напрямками досліджень.

Загальний висновок по дисертаційній роботі.

У цілому докторська дисертація **Агєєвої Марини Володимирівни** є завершеною науково-дослідною роботою, яка узагальнює теоретичні і експериментальні дослідження та вирішує важливу наукову прикладну проблему дугового наплавлення та зварювання дротом під флюсом з дією керуючих магнітних полів. Особистий внесок здобувача визначено як в дисертації, так і в авторефераті для робіт, опублікованих у співавторстві.

Оформлення дисертації і автореферату в цілому, з урахуванням зазначених вище зауважень, відповідає діючим нормативним документам.

За обсягом виконаних досліджень, їх новизною, науковою та практичною значимістю одержаних результатів та їх рівнем, представлена робота відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо докторських дисертацій, а її автор Агєєва Марина Володимирівна заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – Зварювання та спорідненні процеси і технології.

Офіційний опонент, доктор технічних наук, професор, головний конструктор ДП «ДКТБ ІЕЗ ім.Є.О. Патона» НАН України

Лебедєв В.О.

Підпис В.О. Лебедєва засвідчую

Директор ДП «ДКТБ ІЕЗ ім. Є.О. Патона» НАН України

Г.В. Жук