

ВІДГУК

офіційного опонента д-ра техн. наук **В.В.Перемітька**
на дисертацію **ІВАНОВА Віталія Петровича**
«Теоретичні і технологічні основи підвищення ефективності
процесу електродугового наплавлення на основі моделювання
формування зварювальної ванни»,
що подана до спеціалізованої вченої ради Д 12.052.01 на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю
05.03.06 – Зварювання та споріднені процеси і технології

Дисертаційну роботу виконано в Приазовському державному технічному університеті МОН України. Вона складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, переліку посилань, додатків і має обсяг 360 сторінок, у тому числі 104 рисунки, 14 таблиць, перелік посилань з 319 найменувань.

Представлено автореферат дисертації, який містить 40 сторінок машинописного тексту, в тому числі список з 65 робіт, опублікованих автором за темою дисертації.

1. Актуальність теми дисертації і її зв'язок з планами відповідної галузі науки

Функціонування матеріального виробництва визначає ресурсозбереження одним з важливих умов його розвитку, вдосконалення. У цьому сенсі збільшення ресурсу деталей машин та механізмів за рахунок початкового та відновного зміцнення контактних поверхонь наплавленням є прикладом ефективною реалізації принципу ресурсозбереження за допомогою зварювання та споріднених процесів. У представленій на розгляд дисертації розроблені математичних моделей процесів електродугового наплавлення, які адаптовані до технологічного використання. Враховуючи, що згадані моделі створені для забезпечення гарантованої якості та прогнозування властивостей наплавлених шарів, розширення технологічних можливостей обладнання, а також підвищення рівня автоматизації технологічної підготовки виробництва, дисертацію присвячено вирішенню актуальної науково-технічної проблеми.

ДВНЗ "ПАТУ"

ДАТА НАДХОДЖЕННЯ

№ 25. 11. 2019

921-67/85

Важливість та запитаність обраної теми досліджень також підтверджується виконаним на базі галузевої науково-дослідної лабораторії наплавлення ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» комплексом науково-дослідних робіт, в яких автор брав участь як виконавець (номери державної реєстрації: 01880083224, 0103U001483, 0106U001396, 0109U001372, 0100Y002583, 01910029523).

Результати наукових досліджень отримані автором також при виконанні держбюджетних науково-дослідних робіт № 0113U006280 «Управління процесами плавлення металу при зварюванні та споріднених процесах (наплавлення, газотермічне напилення)»; № 0114U004908 «Дослідження процесів плавлення при зварюванні та напавленні з метою підвищення якості зварних з'єднань та покриттів»; № 0115U004948 «Дослідження та розробка обладнання та матеріалів для зварювання та споріднених технологій», № 0116U008769 «Дослідження процесів плавлення металевих складових при зварюванні та споріднених технологіях»; №0117U007314 «Дослідження процесів взаємодії газових та шлакових складових з металевою фазою при зварюванні та споріднених технологіях».

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

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, підтверджуються застосуванням сучасних методів математичного дослідження та моделювання формоутворення зварювальної ванни, експериментальних досліджень та обробки результатів, а також точністю вимірювань. Зокрема, дослідження шарів наплавленого металу відбувалося із застосуванням хімічного та спектрального аналізу, механічних випробувань, оптичної мікроскопії; вивчення перебігу процесу наплавлення проводилося за допомогою автоматизованого науково-дослідного комплексу на основі плати збору даних.

Верифікація розроблених моделей проводилася шляхом експериментального наплавлення дротяними та стрічковими електродами під шаром флюсу, та дротяним електродом в середовищі захисних газів.

Отримані дані добре узгоджуються з практичними і теоретичними результатами вітчизняних та зарубіжних авторів. У зв'язку з цим достовірність основних положень і висновків, сформульованих в роботі, не викликає сумнівів.

Результати дисертаційного дослідження пройшли апробацію на багатьох всеукраїнських та міжнародних конференціях. Є свідчення про державну реєстрацію розробленого програмного забезпечення.

3. Об'єктом дослідження представленої дисертаційної роботи є процес формоутворення зварювальної ванни при електродуговому наплавленні. У якості **предмета дослідження** виступають функціональні залежності еволюції зони проплавлення основного металу та способи регулювання її основних параметрів при електродуговому наплавленні.

4. Новизна наукових та практичних досліджень, достовірність отриманих результатів

В якості нових наукових результатів можна визначити наступне:

- встановлений для випадку електродугового наплавлення дротяними та стрічковими електродами факт залежності розмірів зони проплавлення від дифузного теплопереносу на поверхні основного металу, незалежно від теплофізичних властивостей електродного та основного матеріалів.
- спочатку обчислений та потім доведений експериментально факт завершення зростання глибини проплавлення в період часу 4...10 с від початку дії дуги, зі змінами цієї величини в залежності від швидкості наплавлення та встановленням її часової зміни.
- математичну модель часового розвитку форми зони проплавлення при електродуговому наплавленні, яка дозволяє прогнозувати положення та розміри фронту плавлення та визначати момент припинення росту глибини проплавлення.
- математичну модель плавлення основного та стрічкового електродного металі, що забезпечує підвищення точності розрахунків
- розвиток уявлень щодо закономірностей проплавлення та формоутворення зварювальної ванни при електродуговому наплавленні;

модельовання наплавлення шарів металу змінного по їхній довжині хімічного складу.

5. Значимість для науки та практики висновків і рекомендацій автора

На основі проведених досліджень автором одержано результати, які сприяють розумінню закономірностей формоутворення зварювальної ванни при електродуговому наплавленні дротяним та стрічковим електродами.

Виконані дослідження і авторські розробки лягли в основу методик розрахунку розмірів зони проплавлення основного металу з визначенням оптимальних параметрів режиму електродугового наплавлення. Також розроблені обладнання та системи керування процесом наплавлення, які забезпечують оптимальне тепловкладення в основний метал та формування бездефектних шарів металу. За рахунок розроблених алгоритмів керування розширюються функціональні можливості зварювального устаткування, підвищуються ефективність процесу наплавлення та економляться матеріали для нього.

Отримані за результатами чисельного модельовання та експериментальних досліджень дані дозволили вдосконалити ряд спеціалізованих технологій електродугового наплавлення та ввести відповідні технологічні інструкції.

6. Повнота викладу основних результатів дисертації у фахових виданнях

Основні результати дисертації опубліковані в 65 наукових працях, у тому числі 22 статті у спеціалізованих фахових виданнях, 5 у виданнях іноземних держав та 2– виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз; 8 патентів; 28 тез доповідей на науково-технічних і науково-практичних конференціях. Для кожної роботи, опублікованої в співавторстві, визначено вклад автора. Наукові публікації охоплюють всі розділи дисертаційної роботи.

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

7. Аналіз змісту дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і 5 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі досліджень, наукову новизну, приведено практичну цінність отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок, публікації та апробацію наукових розробок на підприємствах України.

В першому розділі наведено аналіз розглянутих математичних моделей дозволив здійснити їх класифікацію в залежності від діючих силових факторів і типу прийнятої розрахункової схеми, виявити основні переваги і недоліки. Були виділені особливості гідродинамічних явищ в зварювальній ванні. З основних відзначено: вплив потоків рідкого металу на передачу тепла від плями дуги до фронту плавлення, великий градієнт швидкості потоків внаслідок температурної залежності в'язкості рідкого металу, а також ту обставину, що характер руху потоків рідкого металу в передній і хвостовій частинах ванни суттєво відрізняється. Узагальнення експериментальних і теоретичних даних формоутворення зварювальної ванни показало, що напрямлення і параметри потоків рідкого металу визначають форму і розміри зони проплавлення в її головній частині.

Другий розділ містить результати проведених досліджень параметрів, що визначають форму та розміри зони проплавлення при рухомому та нерухомому джерелі нагріву для різних ступенів розподіленості джерела нагріву для схеми напівнескінченного тіла. Проведені дослідження щодо визначення причин виникнення перевищення розрахункових значень глибини проплавлення основного металу над результатами експерименту, здійснено порівняння різних розрахункових моделей, що використовуються для визначення поздовжніх профілів зони проплавлення при електродуговому наплавленні стрічковим електродом безперервно діючим лінійним джерелом, а також по схемі розподіленого по площі безперервно діючого плоского джерела тепла.

Третій розділ присвячений розробленню удосконаленої нестационарної математичної моделі формоутворення зварювальної ванни при використанні електродного дроту і стрічки. Постановка задачі побудови нестационарної

математичної моделі формоутворення зварювальної ванни передбачала визначення вирішального фактору припинення зростання глибини зони проплавлення. В якості такого критерію прийнято баланс тиску дуги і металостатичного тиску в зварювальній ванні під дугою. Для розглянутого випадку проплавлення напівнескінченного тіла крапельним струменем рідкого електродного металу при нерухомому джерелі нагріву розрахунок еволюції зони проплавлення виконувався шляхом обробки експериментальних даних поширення зони проплавлення в залежності від параметрів режиму наплавлення і виду захисного середовища.

В четвертому розділі проведені дослідження методом моделювання для визначення шляхів забезпечення симетричності переходу при наплавленні металу змінного хімічного складу. В результаті моделювання встановлено, що при використанні закону зміни швидкості подачі легуючого електроду у виді трапецеїдальних імпульсів дискретно зміненої швидкості подачі вдається забезпечити симетричний характер розподіл концентрації легуючих елементів по довжині шва.

На основі отриманих результатів розроблено технологію зміцнення прокатних валків з формуванням наплавленого шару з розташованих вздовж бочки швів змінного по довжині складу і твердості.

В п'ятому розділі представлені розроблене програмне забезпечення, апаратні засоби, обладнання та автоматизована система керування процесом наплавлення шарів зі змінним складом та властивостями. Наведені відомості щодо апробації та впровадження результатів проведених досліджень в промислових умовах.

8. Рекомендації з використання результатів і висновків дисертації

Результати роботи можуть бути застосовані при розробці технологій відновлення деталей і вузлів металургійних агрегатів та енергетичних установок, особливо таких, що мають велику площу зношених поверхонь, потребують регламентації складу та властивостей за площею контакту та до яких висуваються підвищені вимоги зносостійкості через екстремальні умови наступної експлуатації.

9. Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому

Дисертаційна робота виконана на високому науково-технічному рівні, містить достатній обсяг виконаних досліджень, оформлена згідно з вимогами до змісту і об'єму докторських дисертацій.

Автореферат дисертації в повній мірі висвітлює матеріали дисертаційної роботи. Всі основні положення аргументовані, зроблені висновки не викликають суттєвих заперечень.

В той же час необхідно відзначити наступні зауваження:

1. Висновок за пп.1.1.2 про важливість сталості глибини проплавлення ніяким чином не витікає з викладеного в підпункті матеріалу.
2. Позначення індексів у формулах (1.3) – (1.5), (1.24), (1.36), (3.1) та (3.5) пошкоджені, що ускладнює їх сприйняття та розуміння.
3. Множник у формулі (1.5) η_e помилково названо коефіцієнтом переходу хрому.
4. Позначення ширини розподілу теплової потужності по тексту (стор.107) та в підрисуночному підпису до рис.2.9 не співпадають
5. У дисертації при розробці нестационарної математичної моделі формування зони проплавлення в якості основної змінної використовувався час зростання розмірів цієї зони (розділ 3). Варто було показати, як цей час співвідноситься з часом існування зварювальної ванни, який є загальноприйнятою характеристикою.
6. Беручи до уваги способи керування перенесенням електродного металу, формуванням наплавлених шарів та тепловкладенням в основний метал, що реалізується у сучасному зварювальному устаткуванні, доречним виглядав би додатковий розгляд формоутворення зварювальної ванни в умовах змін за часом густини струму з певною частотою та законом, а також кута орієнтації валиків до твірної (тіла обертання) чи основного напрямку наплавлення (плоскі тіла) (розділ 4).
7. На рисунку 4.6 (стор.213) не позначені криві відповідних залежностей 1 та 2.
8. У роботі зустрічаються окремі неточності використання понять („обсязі” ванни (стор.45) замість „об’ємі”, „перетин” ванни (стор.88) замість „переріз”, „посилення” шва (стор.96) замість „опуклість”, „ δ -образне” джерело (стор.107) замість „ δ -подібне”, „щільність” металу (стор.163) замість „густина”, „ток” наплавлення (стор.234) замість „струм”).

10. Загальна оцінка дисертаційної роботи

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

Дисертаційна робота Іванова Віталія Петровича «Теоретичні і технологічні основи підвищення ефективності процесу електродугового наплавлення на основі моделювання формоутворення зварювальної ванни», є завершеною роботою, в якій отримано нові науково обгрунтовані теоретичні та практичні результати, що спрямовані на вирішення актуальної науково-технічної проблеми, а саме підвищення якості наплавлених виробів за рахунок адекватних і придатних до технологічного використання математичних моделей. Це сприятиме розширенню сфер застосування зварювання та споріднених процесів і технологій. За обсягом виконаних досліджень, їх новизною, науковою та практичною значимістю одержаних результатів дисертаційна робота Іванова В.П. повністю відповідає вимогам до робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, зокрема, пунктам 9, 11 – 14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567.

Автор дисертаційної роботи – Іванов Віталій Петрович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – Зварювання та спорідненні процеси і технології.

Декан металургійного факультету
Дніпровського державного технічного
університету, професор кафедри
технології та устаткування зварювання,
д-р техн.наук, доцент



В.В.Перемітько

Підпис Перемітька В.В. засвідчується

Вчений секретар ДДТУ,
канд. соціолог. наук, доцент



Л.М.Сорокіна