

07 10 2021

Голові Спеціалізованої вченої ради  
ДФ 26.182.001 Інституту електрозварювання  
ім. Є. О. Патона НАН України, д.т.н., с.н.с.,  
провідному науковому співробітнику  
відділу фізико-хімічних досліджень  
матеріалів Інституту електрозварювання  
ім. Є. О. Патона НАН України  
Костіну Валерію Анатолійовичу

### **ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри фізики та математики Миколаївського національного університету ім. В.О. Сухомлинського МОН України Дінжоса Романа Володимировича на дисертацію Колісника Романа Валерійовича на тему «Металеві та композиційні закладні нагрівальні елементи для зварювання термопластичних полімерів», подану до захисту у спеціалізовану вчену раду ДФ 26.182.001 Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

#### **Актуальність дисертаційної роботи**

Зварювання закладним нагрівальним елементом широко використовується в авіаційній і ракетно-космічній галузях для з'єднання деталей складної конфігурації. Ця технологія передбачає, що нагрівальний елемент залишається в зварному з'єднанні, проте структура і властивості типових нагрівальних елементів і термопластичних полімерів різні, що відображається, за певних умов, в погіршенні адгезії між ними і призводить до зниження міцності зварних з'єднань. У зв'язку з цим питання підвищення міцності зварних з'єднань шляхом покращення адгезії між матеріалом нагрівального елемента і полімерним матеріалом деталей у зварному з'єднанні, а також застосування нагрівальних елементів, які за своїми

структурою та властивостями максимально близькі до основного матеріалу деталей є актуальними.

Тематика роботи відповідає переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2021 року, що додатково підтверджує її актуальність

### **Ступінь обґрунтованості і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій**

Представлені на захист висновки і рекомендації є обґрунтованими і достовірними, підтверджуються результатами експериментів, при проведенні яких використовувались сучасні методи дослідження у відповідності до вимог міжнародних стандартів. Експериментальні дані добре узгоджуються з запропонованими в дисертації емпіричними моделями.

Достовірність представлених в дисертації наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням відомих підходів, рівнянь та теорій, а також апробацією на міжнародних науково-практичних конференціях та публікаціях у фахових українських та іноземних журналах.

### **Наукова новизна одержаних результатів**

Серед найвагоміших вперше отриманих наукових результатів слід відзначити наступні:

- вперше встановлені закономірності зміни міцності зварних з'єднань термопластичних полімерів в залежності від матеріалу покриття поверхні металевих закладних нагрівальних елементів, морфології поверхні і режимом зварювання;

- визначено, що міцність зварних з'єднань, при зварюванні металевим закладним нагрівальним елементом, поверхня якого модифікована ніхромом, за питомої потужності процесу зварювання  $60...100 \text{ Вт/см}^2$  і часу зварювання  $150...60 \text{ с}$  в середньому на 10% вища відносно відповідних сіток з немодифікованими поверхнями;

- вперше визначено тип і концентрація наповнювача в полімерних композитах, які можливо використовувати як закладні нагрівальні елементи для зварювання термопластичних полімерів, завдяки рівномірному розігріву;



- вперше для зварювання термопластичних полімерів використаний закладний нагрівальний елемент, на основі розробленого полімерного композита і розроблені технологічні рекомендації для зварювання стикових і напусткових зварних з'єднань.

### **Теоретичне та практичне значення одержаних результатів**

Підвищена ефективність металеві сітки як закладного нагрівального елемента та визначена перспектива використання полімерних композитів як нагрівальних елементів для зварювання пластмасових деталей. Розроблено технологічні рекомендації щодо зварювання інженерних та високотехнологічних пластмас з використанням закладних нагрівальних елементів як на основі металеві сітки з модифікованою поверхнею, так і на основі полімерного композиту. Рекомендації апробовано на ДП «КБ «Антонов», ДП «КБ «Південне» ім. М.К.Янгеля» та за договором з міжнародною корпорацією «AliAXIS» (Бельгія).

Розроблені підходи можуть бути в подальшому використані для розробки подібних нагрівальних елементів.

### **Повнота викладу основних результатів та наукових положень дисертації в опублікованих працях**

Результати роботи в повній мірі опубліковані в двадцяти трьох працях:

- 1 розділ в монографії, який індексується Scopus, 5 статей в фахових і іноземних журналах, 2 в тому числі в наукометричній базі даних Scopus;

- 17 тез доповідей на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях.

### **Структура, оцінка мови, стилю та оформлення**

Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів (чотири з яких оригінальні), загальних висновків, переліку використаних літературних джерел (199 найменувань) та трьох додатків.

Виклад основного тексту дисертації характеризується єдністю та змістовністю, а науковий стиль його написання забезпечує легкість сприйняття. Анотація та текст дисертації оформлено згідно вимог «Тимчасовий порядок присудження ступеня доктора філософії»,

затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. №167.

У дисертації не виявлено ознак плагіату, самоплагіату, фабрикації та інших порушень, які б могли ставити під сумнів самостійний характер виконання дисертаційного дослідження. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

*Анотація* в повному обсязі відображає зміст роботи.

У *вступі* висвітлено стан сучасних проблем, які виникають при зварюванні закладним нагрівальним елементом і обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та задачі дослідження, висвітлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Наведено інформацію щодо зв'язку роботи з науковими темами та апробації результатів дисертації, вказані публікації автора, в яких викладено основний зміст дисертаційної роботи.

У *першому розділі* проаналізовано джерела, що висвітлюють сучасний стан досліджень зварювання закладним нагрівальним елементом. Наведені основні параметри режиму зварювання, які мають найбільший вплив на якість формування зварного з'єднання. Розглянуті особливості зварювання, в залежності від типу закладного нагрівального елемента та визначені проблеми, які необхідно вирішити для підвищення експлуатаційної міцності зварних з'єднань. Визначено перспективу використання електропровідних полімерних композитів як закладних нагрівальних елементів для зварювання в різних галузях промисловості.

У *другому розділі* автором дисертаційної роботи проводився опис матеріалів, які використовувалися в роботі, та основних методів дослідження, вимірювання та випробувань.

У *третьому розділі* розглядається питання покращення адгезії між полімером і закладним нагрівальним елементом у вигляді металевих сіток з корозійностійкої сталі і титану шляхом модифікації їх поверхні різними покриттями для покращення адгезії і підвищення питомої площі поверхні з полімером в зоні контакту. Показано, що зі збільшенням питомої площі поверхні покриття збільшується питома площа контакту з полімером.



Проаналізовано вплив покриття на теплопередачу в зварному з'єднанні і встановлено, що покриття ніхрому забезпечує найбільш рівномірний температурний розподіл по поверхні нагрівального елемента. Проведено зварювання стикових з'єднань деталей з поліетилену високої густини і поліетеріміду модифікованими нагрівальними елементами і встановлено, що модифікація ніхромом поверхні нагрівального елемента з сітки з корозійностійкої сталі збільшує міцність зварних з'єднань на 13%, в порівнянні з непокритою. В той же час покриття сітки з титану титаном товщиною 250 мкм збільшує міцність зварних з'єднань на 53%, в порівнянні з непокритою. Визначено режими зварювання, за яких забезпечується покращення механічних властивості зварних з'єднань.

У *четвертому розділі* представлено результати по формуванню і дослідженню структури і теплофізичних властивостей полімерних композитів з різним типом вуглецевого наповнювача. Показано, що композитні системи на основі поліетилену високої густини і вуглецевої сажі демонструють найбільш стійке нагрівання за короткий час та найменший вплив ефекту позитивного температурного коефіцієнту опору без різких стрибків рівноважної температури в порівнянні з композитами, які наповнені вуглецевими волокнами та сумішшю волокон і сажі. Визначено, що електропровідний полімерний композит з вмістом вуглецевої сажі 30% від об'єму, забезпечує найефективніше перетворює електричної енергії в теплову, що робить можливим його використання як нагрівального елемента для зварювання термопластів. Визначено вплив концентрації наповнювача на термостабільність композитів і температуру фазових переходів.

У *п'ятому розділі* проведено дослідження по використанню полімерних композитів як закладних нагрівальних елементів для зварювання стикових і напусткових зварних з'єднань з поліетилену. Визначені такі параметри режиму зварювання, при яких відбувається розплавлення деталей в зоні контакту і формування зварного з'єднання. Встановлено режими зварювання за допомогою закладного нагрівального елемента на основі електропровідного полімерного композиту за яких формується рівномірне напусткове зварне з'єднання. Встановлено, що потужність та тривалість

процесу впливають на розмір і форму зони термічного впливу. Ці параметри контролюють швидкість і кількість енергії, що розсіюється у зварному шві, в той час як тиск на деталі запобігає утворенню пористості внаслідок термічного розширення. Проаналізовано вплив цих параметрів на міцність зварних з'єднань і розроблено технологічні рекомендації щодо зварювання стикових і напусткових зварних з'єднань.

Висновки дисертаційної роботи в достатній мірі відображають найважливіші її наукові та практичні результати.

### **Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації**

1. В підпункті 2.1.1.2 досконало описана методика якісної оцінки зміни морфології поверхні металевих нагрівальних елементів до і після модифікування, яка показана на рисунках 2.3 і 2.4, разом з поясненням причини відсутності кількісної оцінки. Однак для порівняльного аналізу бажано знайти критерій, за яким можливо оцінити таку зміну за кількісним показником, використовуючи вже відомі підходи.

2. Вибір закладного нагрівального елемента з металевої сітки був обраний згідно попередніх науково-дослідних робіт за критерієм найвищої міцності зварних з'єднань, проте у випадку модифікування поверхні нагрівального елемента тепловий розподіл змінюється, про що свідчать результати, наведені на рисунку 3.4. Доречно було б провести модифікування поверхонь нагрівальних елементів з сіток як з меншим так і більшим розміром ланки і встановити залежності зміни міцності зварних з'єднань.

3. В розділі 3.2 для вимірювання температури поверхонь, для яких коефіцієнт емісії знаходиться в широких межах рекомендовано використовувати контактний метод вимірювання з допомогою термопар.

4. В розділі 4 детально наведені результати досліджень електротермічних властивостей для композитів з об'ємним вмістом вуглецевої сажі до 16%, однак відсутні будь-які залежності для композитів з об'ємним вмістом 30%, які в подальшому використовувалися як закладні нагрівальні елементи для зварювання термопластів.



## Загальний висновок та оцінка роботи

Аналіз дисертаційної роботи Колісника Романа Валерійовича на тему «Металеві та композиційні закладні нагрівальні елементи для зварювання термопластичних полімерів» вказує на те, що вона є самостійним завершеним науковим дослідженням, в якому отримано нові актуальні і обґрунтовані дані, причому основні результати роботи повною мірою опубліковані у міжнародних та українських профільних виданнях. Поставлені цілі і задачі дисертаційної роботи виконані.

Вважаю, що дисертаційна робота Колісника Р.В. на тему «Металеві та композиційні закладні нагрівальні елементи для зварювання термопластичних полімерів» відповідає галузі знань 13 «Механічна інженерія» та спеціальності 132 «Матеріалознавство», та всім вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», та вимогам п. 10 «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. №167, а її автор – Колісник Роман Валерійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри фізики та математики  
Миколаївського національного університету  
ім. В.О. Сухомлинського МОН України

*Підпис Дінжоса Р.В. засвідчую:*

*Вчений секретар Миколаївського національного університету  
ім. В.О. Сухомлинського МОН України,  
кандидат філологічних наук, доцент*

Р.В. Дінжос

