

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук Завдовєєва Анатолія Вікторовича на дисертаційну роботу **Ганущака Олега Васильовича** за темою: «Розробка технології стикового плазмово-дугового багатопрхідного зварювання біметалу «титан-сталь» із нанесенням бар'єрних покриттів» подану до захисту на здобуття наукового ступеня **доктора філософії** за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» галузі знань 13 «Механічна інженерія»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота присвячена вивченню металургійних особливостей процесів плазмово-дугового багатопрхідного зварювання біметалу титан-сталь із нанесенням бар'єрних прошарків для мінімізації або повного усунення інтерметалідних фаз (ІМФ), які зазвичай утворюються при взаємодії титану та сталі у нагрітому до певних температур стані. Вивчення зазначених металургійних особливостей дозволить створити технології одержання зварних з'єднань прийнятної якості, які використовуються в хімічній промисловості та магістральних трубопроводах.

Для підвищення експлуатаційного ресурсу труби таких трубопроводів виготовляють зі сталі, плакованою із внутрішньої сторони труби шаром титану або титанового сплаву. Наявність титанового шару і високі вимоги до міцності та корозійної стійкості зварних швів, викликають ряд проблем при виборі способів зварювання. Актуальною є задача вибору спеціальних технологічних прийомів, способу зварювання та розробки відповідної технології з'єднання листів плакованої титаном сталі, яка за порівняно невисоких витрат дозволить отримувати трубні вироби необхідної якості.

Дисертаційна робота О.В. Ганущака спрямована на розробку технології стикового плазмово-дугового багатопрхідного зварювання біметалу «титан-сталь» із нанесенням бар'єрних покриттів. Її ціль полягає у вдосконаленні та поглибленні наукових основ цієї технології, а також у створенні промислових прототипів зварювального обладнання. З огляду на вищезазначені об'єктивні потреби та відсутність вичерпного дослідження у цій галузі, виконання даної дисертаційної роботи є надзвичайно важливим і актуальним.

2. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Основні результати дисертації є достовірними та обґрунтованими, що підтверджується великим обсягом проведених досліджень. Наукові положення, висновки і рекомендації, що сформульовані у дисертації, відповідають всім вимогам МОН України щодо дисертаційних робіт.

Автором доцільно визначено об'єкт та предмет дослідження, його мету, точно сформульовано завдання дослідження. В роботі виконано ґрунтовний літературний огляд із залученням широкого спектру літературних джерел. Ступінь обґрунтованості наукових положень, сформульованих у дисертаційній роботі, висновків та практичних рекомендацій є достатньо високим.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено використанням у роботі праць визнаних вчених і фахівців у галузі лазерного, плазмового та гібридного зварювання; застосуванню добре апробованих методів та методик дослідження та розробці власних. У роботі використано методи оптичної та електронної мікроскопії, рентгеноструктурного та мікрорентгеноспектрального аналізу, методів комп'ютерного моделювання, методів статистичної обробки та аналізу експериментальних результатів.

3. Достовірність та наукова новизна здобутих результатів.

Достовірність наукових положень, висновків і результатів доведено збіжністю результатів аналітично-розрахункових та експериментальних досліджень, використанням в експериментальних дослідженнях сучасних методів і методик, трактуванням одержаних результатів, які не суперечать загальноприйнятим науковим положенням, а також досвідом їх практичного використання. Достовірність одержаних результатів підтверджується їх успішним застосуванням в ході дослідно-промислової перевірки.

До найвагоміших результатів дисертаційної роботи, які відповідають ознакам наукової новизни, можна віднести наступне:

1. Вперше встановлено закономірності впливу величини погонної енергії E на товщину перехідної зони, що утворюється при взаємодії розплаву сталі з титаном в процесах плазмового та дугового наплавлення сталі на титан, і включає інтерметалідні фази Ti-Fe, а саме – при значенні E в інтервалі 45–60 Дж/мм ця величина становить 10–60 мкм, а при збільшенні величини E до 60–100 Дж/мм – досягає 450 мкм і більше із утворенням значної кількості мікротріщин та інших дефектів.

2. Отримало подальший розвиток уявлення про особливості структуроутворення при металургійній взаємодії ванадію зі сталлю в процесах плазмового та дугового наплавлення покриття ванадію на сталь і сталі на це покриття, встановлено, що в перехідній зоні між наплавленим ванадієвим покриттям і сталлю утворюється інтерметалідний прошарок змінної концентрації (40–75 мас.% V і 60–25 мас. % Fe) і підвищеної твердості (до 5520 МПа), що призводить до тріщиноутворення.

3. Отримало подальший розвиток уявлення про особливості металургійної взаємодії розплаву мідних сплавів з титаном і сталлю, а саме – встановлено умови нанесення бар'єрного покриття із сплаву CuSi3Mn1 на титанову пластину, при яких взаємна дифузія елементів на межах розділу «титан- CuSi3Mn1 - сталь» не призводить до утворення крихких фаз та тріщиноутворення. Вперше виявлено особливості металургійної взаємодії на межі «титан – плазмово напилене сталеве покриття» при плазмово-дуговому наплавленні сталевго дроту на це покриття, а саме – умови мінімізації його товщини (не менше 400 мкм) і величини погонної енергії наплавлення на це покриття (до 200–250 Дж/мм), при яких між напиленим покриттям і титаном утворюється бездефектна перехідна зона.

4. Вперше встановлено, що в результаті нагріву плазмовими і дуговими зварювальним джерелами при заповненні розробки стикового з'єднання біметалу «титан-сталь» в процесі багатопрохідного зварювання до 900–1300°C в зоні контакту титану і сталі в твердій фазі утворюється бездефектна перехідна зона товщиною від 1 мкм до 10 мкм, в якій при подальшому підвищенні температури до 1430°C утворюється суміш інтерметалідів з мікротвердістю HV 600–800 та інтегральним хімічним складом, що відповідає формулі Ti_2Fe .

4. Значущість отриманих результатів для науки та практичного використання.

Практична цінність роботи полягає у наступному.

1. Розроблено технологічний процес багатопрохідного стикового плазмово-дугового зварювання біметалевих пластин «титан-сталь», що являють собою низьковуглецеву сталь товщиною 10 мм, плаковану титаном товщиною 2 мм, який забезпечує отримання з'єднань із показниками міцності на статичний розрив, що досягають до 85% міцності відповідних складових біметалу.

2. Оптимізовані конструктивні параметри U-подібної розробки крайок для стикового зварювання біметалевих пластин «титан-сталь», зокрема, запропоновано виготовлення в розробці порогу в нижній частині розробки із розмірами для забезпечення стикування крайок титанового шару перед їх зварюванням.

3. Розроблено спеціальний плазмотрон для зварювання титанового шару в U-подібній розробці, який відрізняється видовженим плазмоутворюючим соплом заданої довжини, що повторює форму U-подібної розробки.

4. Встановлені оптимальні технологічні параметри імпульсно-дугового наплавлення сталевго шару плавким електродом на бар'єрне покриття із мідного кремній-марганцевого сплаву, які забезпечують формування бездефектної структури перехідної зони між мідним сплавом і сталлю, а саме: товщини наплавленого сталевго шару – 1,5–2,5 мм,

діаметри сталевих присадних дротів 0,8–1,0 мм, форма імпульсу зварювального струму – трапецеїдальна зі співвідношенням часу імпульсу до часу паузи 2:1 та частотою імпульсів в діапазоні 3–10 Гц.

5. Розроблені рекомендації по створенню дослідно-промислової лінії виготовлення прямошовних труб «титан-сталь» із застосуванням розробленої технології багатопрохідного стикового зварювання біметалу «титан-сталь» впроваджені в ТОВ «НВЦ ПЛАЗЕР» (Україна) при розробці та виготовленні дослідно-промислового комплексу для повздовжньошовного й орбітального зварювання заготовок біметалевих труб.

5. Повнота вкладу результатів дисертаційного дослідження та наукових положень в опублікованих працях.

За темою дисертації опубліковано 26 робіт, з них 5 статті у науково періодичних виданнях, що входять до наукометричної бази SCOPUS, 9 статей у фахових виданнях України, 13 публікації у збірниках наукових праць і матеріалах конференцій, отримано 2 патенти України.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, зазначена у дисертації.

Апробація роботи: основні наукові положення та результати досліджень доповідалися на 13 науково-технічних конференціях.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року.

6. Структура, оцінка мови, стилю та оформлення.

Дисертація О.В. Ганущака складається із анотації двома мовами, вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 240 сторінок, 110 рисунки, 45 таблиць, список використаних джерел з 123 найменувань, 2 додатків.

Автором дисертації усі наукові результати одержано самостійно.

Дисертацію виконано на високому науково-технічному рівні, вона містить достатній обсяг виконаних досліджень та оформлена згідно з вимогами до змісту і об'єму дисертаційних робіт. Структура кваліфікаційної роботи погоджується з метою та завданнями дослідження.

Дисертаційна робота містить наукові положення, які раніше не були захищені, і нові науково-обґрунтовані результати досліджень та задоволення паспорту спеціальності 132 «Матеріалознавство», галузь знань 13 «Механічна інженерія».

Текст дисертації написаний українською мовою з використанням загальноприйнятої термінології. Анотація та текст дисертації оформлено згідно вимог діючого «Тимчасового порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. №167.

7. Академічна доброчесність.

Здобувач дотримується вимог академічної доброчесності, дисертація не містить елементів плагіату та запозичень, має посилання на відповідні джерела інформації у випадку використання ідей, результатів та текстів інших авторів. Автор дотримується норм законодавства про авторське право, надає повну та достовірну інформацію про результати наукової діяльності, а також використання методики досліджень.

8. По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Рис.1 стор. 34, англійські дописи на рисунку має сенс продублювати українською. Це зауваження актуально до усіх рисунків з англійськими надписами.
2. Стор 61, перший абзац: «...бар'єрних прошарків між попередньо звареним шаром титану і шаром сталі, що зариватиметься надалі.» Певно «зариватиметься надалі» це опечатка?

ВИСНОВОК

Відмічені недоліки та зауваження, які були висловлені щодо окремих аспектів роботи, не впливають на загальний науковий рівень та важливість досліджень, представлених у дисертації. Дисертаційна робота О.В. Ганущака на тему: «Розробка технології стикового плазмово-дугового багатопрхідного зварювання біметалу «титан-сталь» із нанесенням бар'єрних покриттів» є самостійним та завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Вона має великий потенціал для подальших досліджень, спрямованих на поліпшення технології та експлуатаційних властивостей металу, отриманого шляхом плазмово-дугового багатопрхідного зварювання біметалу «титан-сталь» із нанесенням бар'єрних покриттів.

Робота відповідає вимогам пунктів 6, 8 та 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України

№ 44 від 12 січня 2022 року, а її автор – **Ганущак Олег Васильович** - заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Рецензент:

провідний науковий співробітник
відділу «Зварювання легированих сталей»
ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України
кандидат технічних наук,
старший науковий дослідник



Анатолій ЗАВДОВЄЄВ

Підпис

провідного наукового співробітника відділу №39
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України,
кандидата технічних наук,
старшого дослідника Анатолія Завдовєєва засвідчую

Учений секретар

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України
к.т.н., с.д.



Ілля КЛОЧКОВ