

## ВІДГУК

офіційного опонента,

на дисертаційну роботу Білоуса Валерія Юрійовича на тему:  
**«Наукові основи аргонодугового та електронно-променевого зварювання перспективних високоміцних титанових сплавів»**, яка подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю – 05.03.06 «Зварювання та споріднені процеси і технології»

### Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота Білоуса В.Ю. присвячена вирішенню важливої науково-практичної проблеми забезпечення рівноміцності і високої пластичності зварних з'єднань високоміцних титанових сплавів з  $\sigma_{\text{в}} > 1100 \text{ МПа}$ .

Титанові сплави мають унікальний комплекс фізичних, механічних та технологічних властивостей, який забезпечує високу конструкційну міцність та ефективність деталей і вузлів. В зв'язку з високою хімічною активністю титану, фізико-хімічними особливостями титанових сплавів, та рівнем розвитку зварювального виробництва в сучасній промисловості України переважна більшість з'єднань виконується аргонодуговим зварюванням вольфрамовим електродом (АДЗ) та електронно-променевим зварюванням (ЕПЗ). Крім того, в Україні активно розвивається технологія електронно-променевої плавки з проміжною ємністю сплавів на основі титану та вкрай необхідним є довести що за такою технологією можливо виготовляти якісні зливки високоміцних титанових сплавів, які будуть добре зварюватися. Ефективне застосування титанових сплавів в конструкціях можливо лише при можливості виконувати якісні зварні з'єднання, бажано також досягнення рівноміцності зварних з'єднань. Але саме такі сплави високої та надвисокої міцності вирізняються високою чутливістю до термічного циклу зварювання, що призводить до ускладнення завдання отримання високоякісних зварних з'єднань титанових сплавів з міцністю на рівні 0,90-0,95 від міцності основного металу.

Міцність зварних з'єднань титанових ( $\alpha+\beta$ )-сплавів, псевдо- $\beta$ -сплавів при статичних та циклічних навантаженнях визначається їх хімічним, фазовим складом та внутрішньозеренною структурою, при цьому вплив розміру зерна литого металу шва на його механічні властивості незначний. Кількість  $\beta$ -фази, що збереглася в сплаві, визначається швидкістю охолодження і концентрацією легуючого елементу.

В зв'язку з цим розробка методів впливу на формування структури та властивостей зварних з'єднань є одним з пріоритетних напрямків досліджень в сучасному зварювальному матеріалознавстві. Особливо це актуально для нових високоміцних ( $\alpha+\beta$ )-сплавів, псевдо- $\beta$ -сплавів. Для вирішення проблеми забезпечення рівноміцності і високої пластичності зварних з'єднань високоміцних титанових сплавів потрібен подальший розвиток наукових основ формування структури та комплексу властивостей зварних з'єднань нових високоміцних титанових сплавів.

Таким чином, поява нових високоміцних титанових сплавів, налагодження в Україні розробки та виготовлення титанових сплавів вимагає вивчення зварюваності нових сплавів, властивостей їх зварних з'єднань, впливу термічного циклу зварювання, досліджень мікроструктури та фазового складу в металі шва не тільки після зварювання а й після термообробки зварних. Все це і робить дану дисертаційну роботу актуальною та своєчасною.

### **Загальна характеристика роботи**

Дисертаційна робота Білоуса В.Ю. складається з анотації двома мовами, вступу, семи розділів, загальних висновків, переліку використаних літературних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 461 сторінок, дисертаційна робота викладена на 383 сторінках друкованого тексту, у тому числі 243 рисунків, 93 таблиці, та 331 сторінка основного тексту, 4 додатка.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, вказано її зв'язок з із науковими програмами, сформульовано мету і основні задачі дослідження, об'єкт дослідження та предмет дослідження, показано наукову новизну отриманих результатів і їх практичне значення. Наведено інформацію про апробації результатів, кількість публікацій основних результатів дисертаційної роботи із зазначенням особистого внеску автора та описано структуру дисертації.

У першому розділі «**Особливості застосування, зварювання високоміцних титанових сплавів, та отримання їх якісних зварних з'єднань**» автором проаналізовано високоміцні титанові сплави, вказано їх властивості та області застосування, способи їх зварювання. Розкрито сучасний стан зварювального виробництва стосовно титанових сплавів, порівняно присадкові матеріали для зварювання титанових сплавів, роз'яснено необхідність проведення термічної обробки та особливості її застосування для зварних з'єднань титанових сплавів. Проаналізовано стан уявлень про формування фазового складу в легованих титанових сплавах, та про механізм впливу термічного циклу зварювання на структурні перетворення в зварних з'єднаннях та їх вплив на властивості з'єднань. Проаналізовано вплив додаткової термічної обробки на властивості зварних з'єднань високоміцних титанових сплавів. Встановлено шляхи підвищення якості зварних з'єднань перспективних високоміцних титанових сплавів, виконаних ЕПЗ та АДЗ – зварювання на режимах які забезпечуть оптимальний фазовий склад металу шва і ЗТВ, використання присадного матеріалу який містить на 20...30% менше легуючих елементів та застосування післязварювальної термічної обробки. На підставі критичного аналізу літературних джерел автором була сформульована мета та задачі дослідження.

У другому розділі «**Матеріали, обладнання, та методика проведення досліджень, методика аналітичного вивчення впливу термічного циклу зварювання на формування зварних швів високоміцних титанових сплавів**» наведені хімічний склад та властивості високоміцних титанових сплавів та інших матеріалів, що використано в дослідженнях. Представлено устаткування та методика аргонодугового зварювання вольфрамовим

електродом та електронно-променевого зварювання високоміцних титанових сплавів. Наведено методику визначення теплофізичних властивостей багатокомпонентних сплавів, методики визначення термічного циклу при ЕПЗ і АДЗ зварюванні та методики дослідження мікроструктури і механічних властивостей високоміцних титанових сплавів.

У третьому розділі «**Закономірності впливу термічного циклу зварювання на фазовий склад зварних з'єднань високоміцних титанових сплавів**» досліджено закономірності впливу термічного циклу аргонодугового зварювання на фазовий склад зварних з'єднань високоміцних титанових сплавів. З використанням програмного комплексу «ANSYS» автором розроблено математичну модель теплових процесів при АДЗ титанових сплавів. ( $\alpha+\beta$ )-сплаву Ti-5.5Al-2.8Mo-2.3V-4Nb-1.3Cr-1Fe-2.7Zr (T120), псевдо- $\beta$  сплаву Ti-5.5Mo-5.5Cr-3.5Fe-3Al-Zr (BT19), економнолегованого псевдо- $\beta$ -сплаву Ti-2,8Al-5,1Mo-4,9Fe (LCB5-1). В розділі автором встановлено вплив режимів зварювання на форму та швидкість охолодження шва і ЗТВ, розраховано термодинамічні діаграми фазових перетворень, отримана залежність кількості  $\beta$ -фази від швидкості охолодження при температурі початку поліморфного  $\beta \rightarrow \alpha$  перетворення для псевдо- $\beta$  сплавів BT19, LCB-5.1. Розрахункові діаграми термодинамічних перетворень дозволили автору визначити як ділянки формування метастабільних  $\alpha''$ - та  $\beta$ -фаз, так і ділянки  $\alpha''$ -фази у зварних з'єднаннях та прогнозувати фазовий склад отриманих зварних з'єднань.

У четвертому розділі «**Зварювання високоміцних псевдо  $\alpha$ -сплавів, легованих кремнієм**» досліджено вплив локальної термічної обробки при ЕПЗ та попереднього підігріву при дуговому зварюванні вольфрамовим електродом високоміцного псевдо- $\alpha$  титанового сплаву легованого кремнієм Ti-5,6Al-2,2Sn-3,5Zr-0,4Mo-1V-0,6Si.

У розділі було досліджено вплив попереднього підігріву на структуру і властивості зварних з'єднань, виконаних аргонодуговим зварюванням вольфрамовим електродом (АДЗ), із застосуванням попереднього підігріву при температурах 200°C та 400°C. Застосування флюсу в процесі зварювання не вплинуло на внутрішньозеренну мікроструктуру металу шва жароміцного псевдо- $\alpha$ , титанового сплаву, а впливає лише на розміри зон зварного з'єднання. Аналіз мікроструктури всіх зон зварних з'єднань дозволив зробити висновок про те, що температура попереднього нагріву перед зварюванням в діапазоні 200-400°C не впливає кінцеву на мікроструктуру зварних з'єднань сплаву після зварювання. Експериментально встановлено що для з'єднань цього сплаву, виконаних АДЗ, підвищення температури попереднього підігріву з 200°C до 400°C призводить до збільшення міцності та ударної в'язкості. Проведені дослідження дозволили зробити висновок, що для АДЗ сплаву оптимальною температурою попереднього підігріву є 400°C. В цьому випадку міцність зварних з'єднань становить не менше 90% від міцності основного металу. Значення показника ударної в'язкості зразків з гострим надрізом (8,3 Дж/см<sup>2</sup>) близькі до показників для основного металу.

У п'ятому розділі «**Зварювання високоміцних титанових ( $\alpha+\beta$ )-сплавів**» досліджено вплив локальної термічної обробки при ЕПЗ. Вплив

погонної енергії і галогенідних флюсів при аргонодуговому зварюванні вольфрамовим електродом, хімічного складу металу шва, а також вплив пічної термічної обробки на механічні властивості зварних з'єднань ( $\alpha+\beta$ )-титанового сплаву Т120. Автором встановлено, що зниження погонної енергії при аргонодуговому зварюванні вольфрамовим електродом титанового сплаву Т120 з 1300 Дж/м до 900 Дж/м забезпечує підвищення межі міцності зварних з'єднань з 1040 МПа до 1150 МПа при незмінних показниках ударної в'язкості на рівні 35 Дж/см<sup>2</sup> і формування в металі шва і ЗТВ більш однорідної структури, що містить пластини  $\alpha$ -фази товщиною 1...1,5 мкм. Для складнолегованого титанового сплаву Т120 встановлено залежність між кількістю  $\beta$ -фази в металі шва та погонною енергією зварювання.

З'єднання титанового сплаву Т120, виконані ЕПЗ з подальшою локальною термічною обробкою, мають значення міцності, на рівні 1060 МПа, що обумовлено неповним розпадом метастабільних фаз у металі шва. Аргонодугове зварювання сплаву Т120 доцільно проводити із застосуванням присадного дроту марки ВТ1-00св на режимах, що забезпечують вміст дроту на рівні 10% у металі шва, з наступним відпалом при температурі 900°C протягом 1 години, що забезпечує високі значення міцності ( $\sigma=1168$  МПа) при хорошій ударній в'язкості ( $KCV=48$  Дж/см<sup>2</sup>) і пластичності ( $\delta=12\%$ ) за рахунок утворення меншої кількості метастабільних фаз і дисперсної структури металу шва і ЗТВ. Рекомендовано присадний матеріал для АДЗ сплаву Т120 який забезпечує міцність металу шва після зварювання на рівні показників пластичності та ударної в'язкості основного металу.

**У шостому розділі «Зварювання високоміцних титанових псевдо- $\beta$ -сплавів»** досліджено вплив погонної енергії при ЕПЗ та дуговому зварюванні, вплив хімічного складу металу шва, локальної термічної обробки і попереднього підігріву при ЕПЗ та пічної термічної обробки на підвищення механічних показників зварних з'єднань.

Експериментально встановлено, вплив погонної енергії при АДЗ на механічні властивості зварних з'єднань псевдо- $\beta$ -сплаву ВТ19 та LCB-5.1. Додавання менш легovanого присадного металу ВТ1-00св до металу шва призводить до зниження вмісту легуючих елементів у металі швів, дозволяє знизити кількість  $\beta$ -фази в шві, підвищити міцність та забезпечити рівномірність зварних з'єднань основному металу. Найбільшу міцність мають з'єднання з присадним дротом ВТ1-00св зварені на режимах що забезпечують вміст металу ВТ1-00 в шві на рівні 10%, для сплаву ВТ19 на рівні 20%.

Показано, що попередній підігрів до температури 400°C і ЛТО при ЕПЗ сплаву ВТ19 дозволяє регулювати співвідношення між  $\alpha$ - і  $\beta$ -фазами в металі шва і ЗТВ. ЕПЗ в поєднанні з попереднім підігрівом до температури 400°C і ЛТО дозволяє знизити вміст  $\beta$ -фази в металі шва сплаву ВТ19 з 91% до 53%, і підвищити міцність зварних з'єднань з 876 МПа до 937 МПа і в результаті забезпечити рівномірність зварних з'єднань основному металу.

Експериментально встановлено вплив чотирьох видів після зварювальної термічної обробки на властивості з'єднань сплавів ВТ19 та LCB-5.1, виконаних АДЗ та ЕПЗ. Найвищі значення міцності на рівні 1270...1280 МПа мають

з'єднання піддані гартуванню в воду з подальшим старінням, при цьому в металі шва і ЗТВ формується дрібнодисперсна внутризерена структура, в якій розмір  $\alpha$ -фази не перевищує 1 мкм, уповільнене та ступеневе охолодження дозволяє підняти міцність з'єднань до рівня  $\sigma_{\text{в}} = 1030 \dots 1070$  МПа.

Встановлено залежність межі міцності з'єднань титанових сплавів псевдо- $\beta$ -сплаву VT19 та економнолегованого псевдо- $\beta$ -сплаву LCB-5.1 від кількості  $\beta$ -фази в металі шва згідно з якою мінімальні значення міцності  $\sigma_{\text{в}} = 820$  МПа зварних з'єднань сплаву LCB-5.1 фіксуються при вмісті  $\beta$ -фази 99%, а максимальні  $\sigma_{\text{в}} = 1236$  МПа – при вмісті  $\beta$ -фази 35%.

**У сьомому розділі «Розробка рекомендацій з ЕПЗ і АДЗ перспективних високоміцних титанових сплавів»** надано рекомендації для АДЗ титанових сплавів, високоміцних псевдо- $\beta$  титанових сплавів та жароміцного псевдо- $\alpha$ -сплаву; для ЕПЗ високоміцного ( $\alpha + \beta$ )-сплав T120, високоміцних псевдо- $\beta$  титанових сплавів та псевдо- $\alpha$  титанових сплавів та оцінено ефективність застосування попереднього підігріву та після зварювальної термообробки для підвищення якості зварних з'єднань. Наведено властивості зварних з'єднань та проведено порівняння режимів зварювання. Показано, що найбільший коефіцієнт якості режиму зварювання ЕПЗ забезпечує для економнолегованого псевдо- $\beta$ -сплаву LCB-5.1 яке передбачає впровадження застосування попереднього підігріву та ЛТО. найбільший коефіцієнт якості для конструкційного титанових псевдо- $\beta$ -сплавів має АДЗ сплаву VT19 в розкриття кромки з подачею менш легованого присадного матеріалу.

**Висновки** повністю відображають основні результати дисертаційної роботи.

Додатки містять інформаційні довідки щодо використання результатів дисертаційної роботи та список опублікованих наукових праць за темою дисертації.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.**

Основні результати наукового дослідження 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.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечено використанням у роботі праць визнаних учених і фахівців у галузі прикладного матеріалознавства; застосуванню добре апробованих методів та методик дослідження, зокрема методи оптичної та електронної мікроскопії, рентгеноструктурного та мікрорентгеноспектрального аналізу, методів комп'ютерно-вимірювального аналізу, методів статистичної обробки та аналізу експериментальних результатів.

Достовірність наукових положень, висновків і результатів доведено збіжністю результатів аналітично-розрахункових і експериментальних досліджень, використанням в експериментальних дослідженнях сучасних методів і методик фізичного матеріалознавства, трактуванням одержаних

результатів, які не суперечать загальноприйнятим науковим положенням, а також досвідом їх практичного використання. Крім того, достовірність результатів підтверджується апробацією роботи на міжнародних вітчизняних та закордонних конференціях та публікаціями експериментальних даних.

### Наукова новизна одержаних результатів

1. Вперше для перспективних високоміцних конструкційних титанових псевдо- $\beta$ -сплавів Ti-5.5Mo-5.5Cr-3.5Fe-3Al-Zr (BT19), Ti-2.8Al-5.1Mo-4.9Fe (LCB-5.1) визначено залежність залишкової кількості  $\beta$ -фази від швидкості охолодження та побудовані відповідні діаграми анізотермічних перетворень  $\beta \rightarrow \alpha$  і  $\beta \rightarrow \alpha''$  при охолодженні.

2. Встановлено пропорційну залежність міцності з'єднань титанових конструкційних та економно-легованих псевдо- $\beta$ -сплавів Ti-5.5Mo-5.5Cr-3.5Fe-3Al-Zr (BT19), Ti-2.8Al-5.1Mo-4.9Fe (LCB-5.1) від кількості залишкової  $\beta$ -фази в металі шва, згідно якої збільшення кількості  $\beta$ -фази в металі шва з 45 до 80% призводить до зменшення межі міцності з'єднань сплаву BT19 з 960 МПа до 910 МПа, а економнолегованого сплаву Ti-2.8Al-5.1Mo-4.9Fe – з 1140 МПа до 940 МПа.

3. Вперше для титанових псевдо  $\beta$ -сплавів встановлено залежність межі міцності зварних з'єднань в діапазоні 860...960 МПа для сплаву Ti-5.5Mo-5.5Cr-3.5Fe-3Al-Zr (BT19) та 960...1070 МПа для економнолегованого сплаву Ti-2.8Al-5.1Mo-4.9Fe (LCB-5.1) від сумарного вмісту легуючих елементів в металі шва. Так, зменшення вмісту легуючих елементів в шві до 11,5% для сплаву LCB-5.1 та 14,6% для сплаву BT19 призводить до збільшення міцності з'єднань за рахунок зменшення кількості залишкової  $\beta$ -фаз, подальше зменшення вмісту легуючих елементів призводить до зниження показників міцності з'єднань за рахунок зменшення твердорозчинної міцності металу шва сплаву LCB-5.1.

4. Вперше для кількісної оцінки впливу режиму та способу зварювання на експлуатаційні характеристики зварних з'єднань титанових сплавів запропоновано використовувати коефіцієнт якості зварного з'єднання, який розраховується як половина суми відношень межі міцності та ударної в'язкості зварного з'єднання до відповідних показників основного металу, та встановлено, що найбільші значення коефіцієнту якості забезпечує АДЗ сплаву Ti-5.5Mo-5.5Cr-3.5Fe-3Al-Zr (BT19) з присадним матеріалом та ЕПЗ економнолегованого Ti-2.8Al-5.1Mo-4.9Fe (LCB-5,1) з попереднім підігрівом та ЛТО.

5. Отримало подальший розвиток уявлення про суттєвий вплив попереднього підігріву при електронно-променевому зварюванні та АДЗ на властивості зварних з'єднань титанового псевдо- $\alpha$ -сплаву Ti-5.6Al-2.2Sn-3.5Zr-0.4Mo-1.0V-0.6Si з силіцидним зміцненням та встановлено, що застосування попереднього підігріву з'єднань до 200 °C при ЕПЗ та 400 °C при АДЗ забезпечує формування в зварному з'єднанні структур кошикового плетіння з пластин  $\alpha$ -фази товщиною 1-5 мкм та дисперсних зерен  $\beta$ -фази товщиною до 1 мкм та міцність зварних з'єднань на рівні 1160...1190 МПа при показниках ударної в'язкості 5,5...8,5 Дж/см<sup>2</sup> відповідно.

6. Отримало подальший розвиток уявлення про вплив термічної обробки на формування структури та властивостей зварних з'єднань високоміцних ( $\alpha+\beta$ )- та псевдо- $\beta$ -титанових сплавів. Так, гартування та старіння формує в металі шва найбільш дрібнодисперсну структуру з розмірами пластин  $\alpha$ -фази не більше 1 мкм, що забезпечує значення межі міцності з'єднань ЕПЗ сплаву Ti-5.5Mo-5.5Cr-3.5Fe-3Al-Zr (BT19) на рівні 1270...1280 МПа.

#### **Практичне значення одержаних результатів**

На підставі проведених досліджень розроблено технологічний процес ЕПЗ перспективних високоміцних титанових сплавів, що включає попередній підігрів до 200°C та післязварювальний відпал 900°C протягом 10 хвилин та забезпечує рівноміцність зварних з'єднань основному металу.

Розроблено технологічний процес АДЗ перспективних високоміцних титанових сплавів, що включає зварювання з погонною енергією 700...800 кДж/м, додавання 10% зварювального дроту марки BT1-00св, післязварювальний відпал, та забезпечує рівноміцність зварних з'єднань основному металу.

Запропонована зміцнююча післязварювальна термічна обробка для з'єднань псевдо- $\beta$  титанових сплавів, виконаних АДЗ та ЕПЗ, яка передбачає гартування в воду з подальшим старінням і забезпечує значення межі міцності з'єднань ЕПЗ сплаву BT19 на рівні 1270...1280 МПа.

Розроблені рекомендації для промислового використання аргонодугового зварювання при виготовленні конструкцій з псевдо- $\beta$ -титанових BT19 та економічнолегованого Ti-2.8Al-5.1Mo-4.9Fe (LCB-5.1).

Результати роботи впроваджені у навчальний процес аспірантури Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії наук України на кафедрі матеріалознавства (курс "Конструкційні сплави на основі нікелю, титану та алюмінію і їх здатність до зварювання").

#### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях**

За темою дисертаційної роботи опубліковано 55 наукових праць: 1 монографія, 33 статті у наукових журналах (26 – у журналах, що входять до переліку наукових фахових видань МОН України; 7 – у виданнях, що входять до науко метричної бази даних Scopus); 17 публікацій у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій, 1 патент України.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022р. «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії».

#### **Зауваження щодо змісту дисертації**

Разом з високою науковою і практичною оцінкою представленої дисертаційної роботи, слід навести наступні зауваження:

1. В роботі не вказано як виконувався вибір режимів термообробки зварних з'єднань дослідних титанових сплавів.
2. Не вказано як виконувався вибір часу проведення ЛТО зварних з'єднань при ЕПЗ в р. 5 та р.6.

3. Не розкрито як впливає на температуру рекомендованої після зварювальної термічної обробки зміна хімічного складу металу зварного шва при аргонодуговому зварюванні високоміцних ( $\alpha+\beta$ )- та псевдо- $\beta$ -титанових сплавів з додаванням малолегованого присадного матеріалу.
4. Бажано було б навести вхідні дані про теплоємність дослідних титанових сплавів для розрахунку впливу термічного циклу аргонодугового зварювання в вигляді таблиць а не графіків.
5. Було б доцільно виконати моделювання та дослідити вплив термічного циклу електронно-променевого зварювання на формування та фазовий склад дослідних високоміцних титанових сплавів.

### Загальний висновок

Зазначені зауваження не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи Білоуса В.Ю.

Дисертаційна робота містить наукові положення, які раніше не були захищені, і нові науково-обґрунтовані результати досліджень та задовольняє вимогам п.п. 1, 2, 3 паспорту спеціальності 05.03.06 – "Зварювання та споріднені процеси і технології".

Вважаю що за актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю, дисертаційна робота Білоуса Валерія Юрійовича на тему «Наукові основи аргонодугового та електронно-променевого зварювання перспективних високоміцних титанових сплавів» є завершеною науковою роботою, дисертація не містить елементів плагіату та запозичень, має посилання на відповідні джерела інформації у випадку використання ідей, результатів та текстів інших авторів. Здобувач дотримується вимог академічної доброчесності, дотримується норм законодавства про авторське право, не містить академічного плагіату та задовольняє вимоги, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, п.7 та 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197. Таким чином вважаю, що Білоус Валерій Юрійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – "Зварювання та споріднені процеси і технології".

Доктор технічних наук, професор,  
заступник генерального директора  
по НДІТитану АТ «Інститут титану»



О.В. Овчинников

*Підпис О.В. Овчинникова  
засвідчую.  
Головний відділу кадрів*



*Тетяна Ласковська*