

## Відгук офіційного опонента

### на дисертаційну роботу Грузін Наталії Вячеславівни «ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ, ТЕКСТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРУБ У СПЛАВАХ ТИТАНА НА РІЗНИХ СТАДІЯХ ВИРОБНИЦТВА»

#### Актуальність теми дисертаційної роботи

Сплави титану знаходять широке застосування в різних галузях техніки завдяки поєднанню унікальних властивостей, таких як межа плинності, відносне видовження при розтягуванні, опір розриву та втомі тощо. Сплави титану, які досліджуються в роботі, використовують для виготовлення труб гідравлічної і паливної систем літаків, ракет, підводних човнів та інших. Ці сплави відрізняються високою технологічною пластичністю і легкістю в обробці тиском практично за будь-яких температур. Однак, існують ще можливості підвищення експлуатаційних характеристик труб з титану за рахунок вдосконалення технологічних схем і температурно-деформаційних режимів їх обробки. Зокрема властивості титанових сплавів для труб можна покращити шляхом управління процесом формування їх кристалографічної текстури. Тому важливою проблемою при виробництві труб з титану є проблема створення наукових основ для управління текстурою безпосередньо у виробничих умовах на різних стадіях технологічного процесу з метою отримання якісних труб, які відповідають вимогам технічних стандартів. А відтак, для прогнозування експлуатаційної поведінки труб з титанових сплавів важливо знати не лише їх текстурний стан, а і особливості успадкування текстури гарячепресованих труб. Однак на тепер відсутні системні дослідження впливу технологічних параметрів виробництва на кристалографічну текстуру титанових труб, які дозволяють розробити раціональні режими термічної обробки під час їх виготовлення. Враховуючи сказане, дослідження, проведені в дисертаційній роботі Н.В.Грузін, спрямовані на вдосконалення технологічного процесу виготовлення труб зі сплаву титану Ti-3Al-2,5V для гідросистем літаків, з метою підвищення їх якості, є безумовно актуальні. Цей висновок також підтверджує зв'язок дисертації з тематичними планами наукових досліджень Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна

Роз. №84-05/02  
12.04.2024

академія будівництва та архітектури» за наступними договірними науково-дослідними роботами: «Оцінка кристалографічної текстури труб із сплаву титану в залежності від технології виробництва» (договір № 618 від 03.01.2014 р.); «Вплив схеми деформованого стану титанового сплаву на формування текстури труб» (дог. 21№ 2016/55 (924) від 24.03.2016 р.); «Оцінка впливу параметрів технологічного процесу виготовлення труб із сплаву титану на формування структури, кристалографічної текстури, механічних властивостей та розробки і надання рекомендацій щодо уточнення параметрів технологічного процесу» (дог. № 449/243 2019 від 10.10.2019 р.), а також за держбюджетною темою кафедри матеріалознавства та обробки матеріалів: «Розробка інноваційних технологій виробництва низьколегованих сталей з використанням нанодисперсних модифікаторів на металургійних підприємствах України» (2018–2020 рр., № держреєстрації 0118U10033).

**Ступінь обґрунтованості, достовірності та новизна наукових положень,  
висновків, рекомендацій**

Достовірність експериментальних результатів, обґрунтованість наукових висновків і рекомендацій, які випливають із дисертаційної роботи Н.В.Грузін, не викликають ніяких сумнівів. Дослідження виконані із залученням сучасного експериментального обладнання та комп'ютерної техніки. Заслуговує на увагу комплексний підхід автора до вирішення поставлених питань. Отримані результати корелюють із результатами інших дослідників. Вони апробовані на авторитетних міжнародних науково-технічних конференціях, опубліковані у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних, та в провідних вітчизняних фахових спеціалізованих виданнях.

Дисертаційна робота Н.В.Грузін складається з анотації двома мовами, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та 2 додатків. У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, описано об'єкт, предмет та методи досліджень, показано наукову новизну і практичне значення дисертаційної роботи.

Перший розділ містить літературний аналіз сучасного стану наукової діяльності в галузі дослідження структури та особливостей пластичної деформації титану та його сплавів, теперішнього стану виробництва та вимог зарубіжних стандартів до труб та методів їх тестування. З посиланням на аналіз літературних джерел обґрунтовано задачі досліджень, які потребують вирішення в дисертаційній роботі.

У другому розділі наведено хімічний склад досліджених титанових сплавів та детально описано методи і методики дослідження, зокрема металографічного аналізу, растрової електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, визначення коефіцієнтів Кернсу, оцінки кристалографічної текстури, механічних властивостей, залишкових напружень, коефіцієнтів відносного стиснення тощо.

Третій розділ присвячено порівняльному дослідженню структури та властивостей пресованих труб від різних виробників. Розглянуто технологічний переділ при виробництві титанових труб – стадію пресування. Встановлено, що пресування слід проводити в  $\alpha$ -області при низькій швидкості, що забезпечує більш однорідну структуру пресованих труб.

У четвертому розділі подано результати визначення структури, властивостей та текстури при холодній пластичній деформації труб на різних стадіях технологічного процесу. Встановлено вплив ступеня деформації при холодній прокатці труб із сплаву титану Ti-3Al-2,5V на формування текстури і властивостей. Показано, що удосконалення технологічного процесу потребує збільшення ступеня холодної деформації, особливо на останніх проходах, до 85...90 %. Встановлено залежність зміни коефіцієнта CSR від значень границь міцності, плинності і відносного видовження труб із сплаву Ti-3Al-2,5V.

У п'ятому розділі наведено результати визначення параметрів термічної обробки при виготовленні труб зі сплаву титану Ti-3Al-2,5V, а саме температури рекристалізаційного відпалу, відпалу для зняття напружень після холодної пластичної деформації CWSR та гартування. Доведено можливість гартування у воду труб зі сплавів титану Ti-3Al-2,5V та ПТ-1М після пресування.

Додатки містять список публікацій здобувача та документи, що підтверджують впровадження результатів дисертаційної роботи.

**Ступінь новизни** виконаних у дисертаційній роботі Н.В.Грузін досліджень визначається тим, що більшість результатів отримана автором уперше. Серед них наступні:

- закономірності формування мікроструктури, механічних та технологічних властивостей, текстури та коефіцієнту відносного стиснення на всіх технологічних етапах виробництва труб зі сплаву  $Ti-3Al-2,5V$ ;
- закономірності утворення і спадковість текстури труб на всіх технологічних етапах виготовлення, встановлені із залученням методів рентгеноструктурного аналізу, побудови зворотних полюсних фігур та розрахунку коефіцієнтів Кернса;
- взаємозв'язок між рівнем механічних властивостей труб і коефіцієнтом відносного стиснення;
- відсутність впливу відпалу холоднодеформованих труб із сплаву титану  $Ti-3Al-2,5V$  на зміну їх текстури;
- нові режими деформаційно-термічної обробки на стадії холодної деформації готових труб;
- рекомендації щодо удосконалення технологічного процесу виготовлення труб зі сплавів титану.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Окрім відзначених вище наукових результатів, наведених у дисертаційній роботі Н.В.Грузін, необхідно вказати ще на ряд її достоїнств, що мають практичне значення. Рекомендації щодо удосконалення технологічного процесу промислового виробництва труб зі сплаву титану  $Ti-3Al-2,5V$  (Grade 9) впроваджено на Виробничому Об'єднанні «ОСКАР» (ТОВ ВО «ОСКАР»), м. Дніпро і м. Нікополь (акт впровадження від 11.11.2019 р.). Результати роботи також впроваджено у навчальний процес на кафедрі матеріалознавства та обробки матеріалів ДВНЗ ПДАБА при вивченні дисциплін: «Кольорові метали та сплави», «Недосконалість кристалічних решіток та фізика міцності»

та «Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів» (акт впровадження від 12.01.2021 р.).

Таким чином, комплекс виконаних автором досліджень не обмежується лабораторними випробуваннями, а є вельми корисний матеріал для застосування на практиці. Завдяки цьому дисертаційна робота Н.В.Грузін є завершеною науковою працею.

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

Основні результати роботи повністю викладено в 15 наукових працях, з яких 9 статей опубліковано в наукових фахових виданнях України (1 – одноосібна), 2 статті – у виданнях, що включені до міжнародної наукометричної бази даних Scopus; 1 стаття – в зарубіжному виданні; 6 тез доповідей – у матеріалах конференцій. Об'єм представленої дисертації, одержані нові результати, документи, що підтверджують практичне значення, рівень наукових публікацій свідчать про завершеність роботи в цілому і її важливість для науки й вітчизняної промисловості. Автореферат достатньо повно відображає зміст дисертації.

### **Зауваження щодо змісту та оформлення дисертації і автореферату**

1. Як одну з причин погіршення структури та властивостей труб, підданих гарячій деформації, автор зазначає низьку теплопровідність титану (стор. 76-77). Однак, відомо, що на цей показник суттєвий вплив має склад легуючих домішок та вид термічно-деформаційної обробки. Тому, на наш погляд, висновки автора щодо режимів обробки були би ще переконливішими, якщо б автор врахував вплив зміни теплопровідності на текстуру досліджених зразків.

2. Іноді подання результатів автором носить дещо описовий характер. Наприклад, відомості про зміну структури зразків за певних «температурно-швидкісних умов деформації» (стор. 78) бажано було б підтвердити посиланням на фото структур, вказавши на них розташування згаданих структурних складових. Або, описуючи появу двійників у структурі фаз, автору слід було б підтвердити ці результати відповідними мікрофотографіями (стор. 80).

3. У цілому висвітлення результатів роботи в дисертації справляє гарне враження як своєю послідовністю, так і чіткістю викладення. Проте слід зауважити щодо використання автором деяких термінів. Наприклад, «більш гостра текстура» або «розсіяння текстури» (стор. 102), « $\beta$ -фаза в основі сплаву» (стор. 104), охолодження «в ізотермічному режимі» (стор. 121) та інші.

4. У роботі присутні неточності перекладу, наприклад «кордони» замість «границі або межі» (стор. 78), «відображення» замість «відбивання» рентгенівського пучка (стор. 83), «щільність» замість «густина» полюсів, «зміст» замість «вміст» текстури (стор. 95) тощо.

5. Серед зауважень щодо оформлення роботи слід указати на такі. Іноді в роботі не вказана точність визначення величин, наприклад характеристик у табл. 4.8 або твердості на стор. 81. На рис. 1.7 не вказано збільшення. Посилаючись на результати, наведені в таблиці, автор не вказує її номери (стор. 80). Результати визначення інтенсивності рентгенівського випромінювання, наведені в табл. 4.9, 4.13, 4.15, 5.1, бажано було б указати, як це загально прийнято, у відсотках або частках.

#### **Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам**

Зроблені зауваження не мають принципового характеру, який би стосувався суті дисертаційної роботи. В цілому можна заключити, що дисертантом отримані нові наукові результати, що дозволило вирішити важливе науково-технічне завдання, яке полягає у визначенні залежності кристалографічної текстури титанових труб для гідросистем літаків від технологічних параметрів виробництва і розробці технології механіко-термічної обробки труб з метою підвищення їх якості.

На підставі вищесказаного можна зробити висновок про те, що дисертаційна робота Грузін Наталії Вячеславівни відповідає всім вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 19.08.2015 р. до актуальності, методичного рівня, змісту, наукової новизни, практичного значення, оформлення

тощо, є закінченою кваліфікаційною науковою роботою, а її автор Грузін Наталія Вячеславівна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – Матеріалознавство. Технічні науки (13 – Механічна інженерія).

Офіційний опонент –

професор кафедри експериментальної фізики  
Дніпровського національного  
університету імені Олеся Гончара,  
доктор технічних наук, професор



Олена Сухова

Підпис Олени Сухової підтверджую –

Вчений секретар Дніпровського  
національного університету  
імені Олеся Гончара,  
кандидат фізико-математичних наук



Тетяна Ходанен