

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Ліхацького Річарда Федоровича

на тему «Одержання жароміцних сплавів систем Cu-V та Cu-Cr-Zr-V

в умовах електронно-променевої ливарної технології»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 13 – «Механічна інженерія»

за спеціальністю 136 – «Металургія»

Актуальність теми дисертації.

Розвиток сучасних технологій зумовлює зростання вимог щодо комплексу властивостей різноманітних матеріалів. Стосовно електротехнічних сплавів значну увагу приділяють сплавам міді, які застосовуються для роботи в екстремальних умовах: високих температурах та струмових навантаженнях, інтенсивному зношуванні тертям та ін. Сучасний електричний транспорт, струмонавантажені деталі і елементи кондуктивних пар тертя потребують сплавів, які при збереженні електропровідності будуть мати підвищену жароміцність, зносостійкість, тощо.

В дисертаційній роботі наведено детальний аналітичний огляд сучасних літературних джерел, з якого випливає зростаюча тенденція збільшення потреб у сплавах і композитах на основі міді з підвищеним рівнем експлуатаційних характеристик для машинобудівної, енергетичної та інших галузей промисловості. Найбільш сучасними промисловими кондуктивними жароміцними мідними сплавами вважають хром-цирконієві бронзи різного хімічного складу. Зазвичай їх виробляють методами порошкової металургії, застосовуючи інтенсивну пластичну деформацію для забезпечення необхідних структурно-фазової конфігурації і фізико-механічних властивостей. Найменш поширеними є використання ливарних технологій у зв'язку зі складністю переплавлення високотемпературних компонентів шихти та необхідності в максимально рівномірному розподілі легуючих елементів в мідній матриці.

Одним із найбільш підходящих способів одержання таких матеріалів є електронно-променева ливарна технологія (ЕПЛТ), що використовувалась для виконання досліджень в дисертаційній роботі. Цей метод дозволяє переплавляти високореакційні та тугоплавкі метали, в тому числі, з перегрівом, здійснювати рафінуючу обробку на рідкого металу та, відповідно, отримувати максимально однорідні розплави. Цей процес забезпечується за рахунок поєднання концентрованого керованого джерела нагріву, вакууму та електромагнітного перемішування розплаву.

Розробка технології одержання методами лиття сплавів систем Cu-V та Cu-Cr-Zr-V може дати можливість виготовляти мідні литі металоматричні композиційні матеріали електротехнічного призначення. Дана технологія, не зважаючи на певну складність, має високий економічний та ресурсозберігаючий потенціал у порівнянні з більш широко використовуваними методами порошкової металургії. При цьому одержання сплавів зазначених систем є маловивченим на даний момент, а ці сплави, одержані методами лиття, можуть мати кращий комплекс кондуктивних, жароміцних і механічних властивостей за відомі промислові низьколеговані хромисті, хром-цирконієві бронзи та відповідні композити.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше було одержано виливки системи Cu-V з вмістом ванадію від 0,2 до 2 % мас. в умовах електронно-променевої технології в контексті одержання готових ливарних композиційних матеріалів, а не з'єднання або зварювання матеріалів. Встановлено, що в таких виливках кращий розподіл ванадію та вищі механічні характеристики мають зразки вмістом ванадію близько 0,2 % мас. Такий спосіб плавки дозволяє отримувати мідні жароміцні матеріали, які з огляду на склад і структуру можна назвати литими композитами на основі монотектичних систем. Одержані матеріали характеризуються рівномірним розподілом ендегенно сформованих зміцнюючих фаз ванадію і навіть при його невеликому вмісті (0,2 % мас. і менше) вдвічі підвищують показники міцності та жароміцності міді.

2. Робота містить подальший розвиток уявлень про фактори впливу на процеси кристалізації та формування структури литих композитів системи Cu-V. Комп'ютерне моделювання та результати експериментів підтверджують, що процеси кристалізації та переміщення теплових полів в міді після заливки у форму значно впливають на рух та розподіл ванадію, в порівнянні з гідродинамічними фактори та формуванням конвективних потоків розплаву у формі, при визначених в роботі умовах плавки. Особливістю системи Cu-V як системи монотектичного типу полягає у меншій густині ванадію, що сприяє його спливанню під час плавки. Тому, виникає необхідність в пригніченні цього явища в розплаві і в процесі його кристалізації.

3. Вперше виявлено, що додаванням до 0,1 % мас. ванадію в жароміцні бронзи можливо в разі знизити в їх складі кількість хрому та цирконію без втрати міцності. Що було показано порівнянням властивостей відомого і широкоживаного промислового сплаву Cu-0,4Cr-0,1Zr та експериментального

сплаву, одержаного з застосуванням методів електронно-променевої виплавки $\text{Cu-0,03Cr-0,05Zr-0,07V}$. Їх міцність та жароміцність (при 500 °C) є майже однаковими і знаходяться на рівні 245 та 135 МПа відповідно. При цьому, оціночно, промисловий сплав має нижчу електропровідність, ніж експериментальний.

4. Вперше показано, що легування ванадієм зменшує концентрацію цирконію на межах зерен твердого розчину на основі міді, натомість ванадій формує з цирконієм дрібнодисперсну фазу, що розташовується в середині зерен твердого розчину міді. Що свідчить на утворення первинних інтерметалідних зародків, які чинять зерноподрібнюючий вплив, модифікуючи ливарну структуру, і сприяють зниженню негативного впливу цирконію на електропровідність твердого розчину.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Ліхацького Р. Ф. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 136 – «Металургія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Металургія».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям електронно-променевої ливарної технології та створення в її умовах нових литих композиційних матеріалів та жароміцних електротехнічних сплавів на основі міді.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Ліхацького Річарда Федоровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою з послідовним описанням експериментів та логічним викладенням результатів досліджень із використанням загальноприйнятої наукової термінології.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 159 сторінок.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 5 наукових публікаціях здобувача, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Пунктом 2 наукової новизни зазначено, що однією з основних задач при виплавці сплавів Cu-V є пригнічення процесів спливання частинок ванадію. Однак не описано яким чином це забезпечувалось в експериментальних умовах.

2. Половина відомих досліджених сплавів в табл. 1.5 не містить значень електропровідності. При цьому електропровідність є одним з ключових факторів, що зумовлює використання цих сплавів у відповідних галузях. Доцільніше було б підібрати сплави, для яких проводились дослідження електропровідності. Крім того, в 4 пункті наукової новизни вказано, що легування ванадієм може дозволити одержувати матеріали, що за електропровідністю відносно відомих аналогів будуть вищі на величину близько 5%, однак в роботі не міститься ґрунтовних досліджень, що могли б достовірно підтвердити саме таку величину.

3. Основна увага досліджень присвячена розробці технології приготування розплавів та їх лиття, створенню ефективних композицій сплавів, дослідженню їх структурно-фазового складу та механічних властивостей. При цьому, можливо було б варто також приділити більше уваги також дослідженням триботехнічних та електротехнічних і, можливо – додати вивчення корозійних властивостей сплавів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є критичними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів роботи та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Ліхаського Річарда Федоровича на тему «Одержання жароміцних сплавів систем Cu-V та Cu-Cr-Zr-V в умовах електронно-променевої ливарної технології» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 – «Механічна інженерія» Дисертаційна робота за

актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 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 від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Ліхачький Річард Федорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – «Механічна інженерія» за спеціальністю 136 – «Металургія».

Рецензент:

Старший науковий співробітник
відділу фізико-хімії сплавів
Фізико-технологічного інституту
металів та сплавів НАН України
кандидат технічних наук, старший дослідник



Володимир ЩЕРЕЦЬКИЙ

Підпис к. т. н. Щерецького В. О. засвідчую:

Вчений секретар
ФТІМС НАН України, к. т. н.



Володимир ЛАХНЕНКО

М. П.

«05» лютого 2024 року