

ВІДЗИВ

офіційного опонента про дисертацію ПРИСЯЖНЮКА Павла Миколайовича «Наукові основи формування зносоударотривких покриттів системи «високомарганцева сталь–тугоплавкі сполуки» електродуговим наплавленням», яку подано на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство

Ця дисертаційна робота стосувалася розроблення наукових основ цілеспрямованого дизайну стопів для нанесення зносоударотривких покриттів на крицеві поверхні. Як базові, було обрано системи легування високоманганова криця–тяжкотопкі сполуки перехідних металів (карбідні та боридні фази). Покриття наносили на крицеві поверхні методом електродугового натоплення із використанням розроблених порошкових стрічок.

Об'єкти дослідження в цій розвідці, — матеріяли для електродугового натоплення, — є перспективними для застосувань з метою відновлення геометрії та підвищення зносотривкості поверхонь деталей обладнання, яке експлуатується в абразивних середовищах за наявності значних динамічних навантажень. Такі умови роботи є характерними для переробної, гірничої, нафтогазової й інших галузей промисловости. На даний час найбільш поширеними серійними матеріялами для забезпечення ударно-абразивної зносотривкості шляхом електродугового натоплення є такі, що частково чи повністю забезпечують у структурі поверхневого шару крицю із повністю аустенітною структурою, яка ефективно протидіє ударним навантаженням за рахунок деформаційного зміцнення, що відбувається переважно шляхом мікродвійникування манганового аустеніту. Водночас, за умов, коли під час ударно-абразивного зношування домінує абразивна складова, ефект деформаційного зміцнення значно нівелюється, що відображається у різкому зростанні інтенсивности зношування. Для подолання вказаного недоліку у дисертації запропоновано концепцію вибору фаз для армування натоплених шарів із структурою манганового аустеніту з поміж твердих розчинів на основі карбідів системи легування Ti–Nb–V–Mo–C (просторова група $Fm\bar{3}m$) і боридів Fe–Mn–Mo–B (просторова група $P4/mbm$). Враховуючи високу (понад 20 ГПа) твердість армувальних фаз, які потенційно можуть формуватися у вказаних системах, використання їх уможливило ефективну протидію абразивній складовій процесу зношування.

Таким чином, з огляду на вищезазначене, тема даної дисертації є *актуальною* з точки зору матеріалознавства. Додатковим показником актуальности є те, що дослідження було проведено в рамках низки держбюджетних тем ІФН-ТУНГ МОН України, які фінансувалися/фінансуються МОН України на конкурсній основі, де здобувач виконував/виконує обов'язки виконавця, відповідального виконавця та керівника, а також міждержавного гранту (Україна–Велика Британія), де здобувач є координатором з боку України.

Мета дисертаційної розвідки пана Павла Присяжнюка та використані підходи щодо її досягнення відповідають сучасним напрямам матеріалознавства та трибології. Дисертаційна робота характеризується єдністю змісту, логічним і послідовним викладенням результатів теоретичних та експериментальних досліджень, містить низку елементів наукової *новизни*, яких відображено наявністю серед одержаних даних нової наукової інформації стосовно закономірностей формування мікроструктури та фазового складу, термодинамічних, а також трибологічних та експлуатаційних характеристик стопів системи легування «високоманганова криця–тяжкотопкі сполуки», призначених для нанесення зносоударотривких покриттів.

Із наведених в дисертації положень маю зазначити наступні, *найважливіші* (із високим ступенем новизни).

1. На основі поєднання теоретичних та експериментальних метод визначення

фазового складу та характеристик кристалічної структури було запропоновано модель манганового аустеніту, яка представляє собою надґратницю формульного складу $Fe_{24}Mn_8C_1$ із антиферромагнетним упорядкуванням, у якій атом Карбону знаходиться у центральній октаедричній порі, а атоми Мангану розташовуються у першій координаційній сфері відносно нього. Даний модель уможливило використання першопринципної методи для прогнозування термодинамічних і фізико-механічних характеристик аустеніту різного хемічного складу із високою точністю.

2. Встановлено нові термодинамічні параметри, які визначають розчинність Мангану у карбідах TiC , NbC , VC та Mo_2C , а також у боридній фазі Mo_2FeV_2 . Завдяки використанню нового емпіричного параметра $\delta\mu = +22905$ Дж/моль було удосконалено методу першопринципного визначення енергії формування карбідів Mo та вперше встановлено її значення для фази Mo_2MnV_2 (-44698 Дж/моль). Це, поряд із відомими на даний час параметрами, дало змогу розробити нову базу даних термодинамічних функцій для прогнозування фазового складу зносоударотривких стопів систем легування $Fe-Ti-Nb-Mo-V-Mn-Si-C$ та $Fe-Mn-Mo-V-C$ шляхом використання програмних засобів, що ґрунтуються на методології CALPHAD.
3. Шляхом комплексу теоретичних та експериментальних метод, які включали порівняльні термодинамічну та першопринципну аналізи, а також дослідження мікроструктури, фазового й елементного складів стопів систем Fe -складний карбід, високоманганова криця-простий карбід було встановлено оптимальні концентраційні діапозони складів зносоударотривких стопів системи легування $Fe-Ti-Nb-Mo-V-Mn-Si-C$. Це уможливило розробку нового складу стопу (360Г15М6Б6Т3С3Ф), який забезпечує аустенітно-карбідну структуру поверхневого шару, де роль армувальних фаз виконують тверді розчини $(Nb_{0,3}Ti_{0,3}Mo_{0,3})C$. Використання цього стопу для електродугового натоплення забезпечує твердість на рівні 47 HRC у вихідному стані та 57 HRC — після експлуатаційного зміцнення.
4. Встановлено, що одночасне додавання до шихти порошкових електрод Mn та реакційної суміші $Mo+V_4C$ приводить до формування в процесі електродугового натоплення твердого розчину $Mo_2(Fe_{0,75}Mn_{0,25})V_2$ у вигляді фаз із обмеженою морфологією, розмірами від 5 до 30 мкм і мікротвердістю $y \cong 23$ ГПа, які співіснують із мангановим аустенітом. За результатами оптимізації елементного складу стопів даної системи було розроблено порошкову стрічку, яка забезпечує вміст армувальної боридної фази в натопленому шарі на рівні 30 об.% і твердість у 63–65 HRC. Склад поверхневого шару відповідає маркуванню 70M24Г13РЗ, а зносотривкість є лише на $\cong 12\%$ нижчою, порівняно із серійними вольфрамовими стопами системи легування $WC-Ni$.

Структура дисертації відображає послідовність розв'язання завдань розвідки; дисертація складається з Анотації, Вступу, сімох розділів, Висновків, Списку використаних джерел і двох додатків.

Анотація віддзеркалює основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

У *Вступі* обґрунтовано актуальність дисертаційної теми, зазначено мету та завдання розвідки, об'єкт, предмет і методи дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних даних, указано особистий внесок здобувача, відомості про апробацію результатів і структуру дисертації.

У оглядовому *першому розділі* проведено критичну аналізу сучасних уявлень, щодо механізмів деформаційного зміцнення манганового аустеніту та виокремлено чинники, які є ключовими для його забезпечення. Виконано порівняльну аналізу впливу різних легувальних елементів (Nb , Ti , Mo , V , Cr , Hf) на структуру та властивості литої високоманганової криці та показано, що основними недоліками такого легування є виникнення гартувальних тріщин та

утворення карбідної сітки по межах аустенітних зерен. Показано переваги комплексного легування високоманганової криці та покриттів на її основі карбідами перехідних металів IV–VI груп періодичної системи елементів, а також використання реакційних сумішей метал–карбід Бору у складі порошкових електродних матеріалів. Систематизовано дані щодо представлених на світовому ринку електродних матеріалів на основі високоманганової криці та показано, що у переважній більшості випадків виробники їх намагаються забезпечити склад, характерний для типової Гадфільдової криці. Відповідно, притаманні їй недоліки, такі як низька зносотривкість за умов безударного зношування та схильність до виділення цементиту за повільного охолодження, зберігаються й у натопленому шарі. За результатами аналізу характеру зношування низки деталей обладнання для різних галузей промисловости, що працюють за умов ударно-абразивного зношування, було розглянуто питання щодо необхідності розширення системи легування електродних матеріалів на основі високоманганової криці й обрано перспективні компоненти. На основі розвідки проведеної у першому розділі сформульовано мету та завдання для реалізації дисертаційної програми.

До першого розділу дисертації принципів зауважень немає. Втім, зазначу певні недогляди науково-редагувального характеру. У Вступі та й у наступних розділах застосовано не найкращу українськомовну фізичну термінологію, зокрема російськомовні слова, як-от «сплав» (а не «стоп»), «тугоплавкий» (хоча ліпше «тяжкотопкий»), а також «легуєчий» (замість «легувальний»), «кристалічна ґратка» (а не «кристалічна ґратниця»), «термічна обробка» (замість «термічне оброблення»), «січення» (хоча треба «переріз»), «границя зерна» (а не «межа зерна»), «атом впровадження» (замість «атом втілення»), «дефект запакування» (хоча треба писати «дефект пакування» за фізичним лексиконом, що дотримується питомого українського назовництва та так званого «харківського», практично останнього правдивого, українського правопису).

У другому розділі описано характеристики вихідних матеріалів і методи досліджень, використані під час виконання дисертаційної розвідки. Насамперед, тут описано методи першопринципних досліджень, програмні засоби для реалізації їх (ліцензовані коди VASP, CASTEP, Quantum Espresso тощо), розроблені алгоритми використання їх залежно від поставлених завдань, а також апаратне забезпечення для проведення розрахунків (кластер Aprocrita (Велика Британія)). Наведено характеристики основних вихідних матеріалів для досліджень у вигляді як дрібно- (NbC, Mo), так і крупнозернистих (B₄C, Mo₂C, VC, Mn, феросилікоманган) порошоків. Обґрунтовано хемічний склад і технологію виготовлення дослідних порошкових стрічок, а також методу одержання зразків електродуговим натоплення для проведення подальших досліджень. Описано методи дослідження мікроструктури, фазового й елементного складів, твердості та зносотривкості за різними схемами взаємодії з абразивним середовищем.

До другого розділу є два непринципових зауваження. **1.** У найбільш об'ємистому підрозділі 2.1 йдеться про використану методу першопринципних досліджень кристалічної структури та властивостей ключових фаз у рамках теорії функціоналу електронної густини із застосуванням різних комбінацій програмний засіб/псевдопотенціал, проте не обґрунтовано, чим саме було зумовлено таке комбінування. Адже використання одного типу псевдопотенціалів для усіх розглянутих фаз уможливило б ґрунтовніше провести порівняльну аналізу структури та властивостей. **2.** Методу термодинамічної аналізу, наведену у підрозділі 2.2, описано дещо схематично, тоді як даний розділ передбачає конкретизацію застосованих підходів, зокрема щодо як рівноважних, так і нерівноважних фазових станів.

Третій розділ стосується першопринципних розрахунків кристалічної структури, термодинамічних і механічних властивостей аустеніту та карбідних і

боридних армувальних фаз. Шляхом поєднання метод Мессбауерової спектроскопії та рентгенівської фазової аналізи було запропоновано модель антиферомагнетної аустенітної фази у вигляді надґратниці із антипаралельною орієнтацією спінів у структурі. Використання даного моделю, як базового, для першопринципних розрахунків уможливорює із високою точністю прогнозувати термодинамічні та механічні властивості аустеніту різного складу. Також із використанням наближення віртуального кристалу було визначено механічні властивості (модулі пружності, твердість і тріщиностійкість) карбідів MC (де M — еквімолярні кількості Ti , Nb , V та Mo) і встановлено, що найбільш оптимальною комбінацією властивостей для використання як армувальної фази у покриттях на основі високоманганової криці є карбідна фаза $(Ti,Nb,Mo)C$. Для всебічної аналізи властивостей твердих розчинів на основі боридів системи $Mo_2FeV_2-Mo_2MnV_2$ було застосовано комплекс метод, що ґрунтуються на першопринципних розрахунках із використанням комбінації програмних кодів VASP/Phonopy/ATAT і, зокрема, теорії збурень для функціоналу електронної густини, квазігармонічного наближення та наближення віртуального кристалу, генерування й аналізи кластерів шляхом структурної інверсії за методом Конноллі-Вільямса або імітації спеціальними псевдоневпорядкованими структурами. Це дало змогу провести всебічну оцінку характеру хемічного зв'язку в твердих розчинах заміщення $Mo_2Fe_{1-x}Mn_xV_2$ та встановити концентраційні залежності механічних і термодинамічних властивостей.

До третього розділу є чотири зауваження-коментарі. По-перше, на жаль, тут (у підрозділі 3.1) залишено без коментарів цікаве (й істотне) питання про врахування у виконаних термодинамічних розрахунках внеску від температурозалежної магнетної ентропії у вільну енергію розглянутих аустенітних фаз на основі заліза за ненульових температур. *По-друге*, твердження щодо кореляції повної густини станів на рівні Фермі із стабільністю аустенітної (стор. 132, рис. 3.11) і карбідних (рис. 3.23) фаз є дещо суперечливим, оскільки потрібно також враховувати природу міжатомних хемічних зв'язків та інші чинники (тим паче, за високих температур). До того ж, значення енергій формування карбідних фаз у підрозділі 3.3 не наведено, а розраховані енергії формування для аустенітних фаз мають позитивні значення. *По-третьє*, на рис. 3.14 наведено дані щодо оцінених значень твердості за Віккерсом; однак не ясно, за якою саме із трьох метод, описаних у підрозділі 2.1.3, було виконано кількісні оцінки. *По-четверте*, варто було б на стор. 137 навести експериментальні значення твердості та тріщиностійкості для твердих розчинів на основі зазначених тут на рис. 3.14 складних (3- й 4-компонентних) карбідів, а не лише для монокарбідів.

У четвертому розділі систематизовано наявні термодинамічні параметри для прогнозування фазового складу стопів у системах легування, перспективних для розроблення натоплюваних зносоударотривких покриттів. Запропоновано уточнену методу розрахунку енергій формування боридів Mo різного формульного складу за рахунок використання запропонованого емпіричного параметра ($\delta\mu_{Mo} = +22905$ Дж/моль), яку було застосовано для розрахунку енергій формування Mo_2FeV_2 (-53830 Дж/моль) і Mo_2MnV_2 (-44698 Дж/моль). Встановлено термодинамічні параметри, якими визначається розчинність Mn у бориді Mo_2FeV_2 та у карбідах TiC , NbC , VC , Mo_2C . В результаті поєднання відомих і розрахованих термодинамічних параметрів було розроблено базу даних термодинамічних функцій, яка охоплює системи легування $Fe-Ti-Nb-Mo-V-Mn-Si-C$ та $Fe-Mn-Mo-V-C$ й уможливорює прогнозувати фазовий склад зносоударотривких стопів із використанням методології CALPHAD і застосуванням таких програмних засобів, як Thermo-Calc та OpenCalphad. Тут також розглянуто дифузійні процеси, які визначають кінетику виділення цементиту із аустенітної фази, за умов термічного циклу процесу нагрівання високоманганової криці та

показано, що ефективно (на 3–4 порядки) гальмування виділення цементиту уможливорюється шляхом легування покриттів Силіцієм у кількості 4 мас. %.

Стосовно четвертого розділу можна зауважити наступне. По-перше, поряд із формулою (4.16) для магнетного внеску в Гіббсову енергію тієї чи іншої фази не конкретизовано використаний тут для розрахунку модельний вигляд функції $f(\tau)$ від зведеної температури τ . По-друге, лише «дифузійні» та умовно «морфологічні» критерії (стор. 179), за якими певні фази вважалися метастабільними та не враховувалися під час розрахунків, не є переконливими; також варто було б конкретизувати, які саме фази і для яких систем легування не було враховано. По-третє, не ясно, чому було припущено, що параметер L «Fe–Mn-взаємодії» у твердому розчині $(\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)_{0,2}(\text{Mo},\text{V})_{0,1}$ (у формулі (4.32)), яким визначається розчинність Mn у боридній фазі, залежить лінійно від температури, а для карбідів (у формулах (4.33)–(4.36)) такі параметри було задано температуронезалежними. По-четверте, на рис. 4.27 на графічній залежності, позначеній як $y = 0.0$, що відповідає термічному циклу нагрівання, є ділянка підвищення температури за 300–400°C, в той час як на інших залежностях (позначених як $y = 0.4$, $y = 0.8$, $y = 1.2$) таких піків немає. Причину такої відмінності не зазначено.

У достатньо змістовному п'ятому розділі наведено результати експериментальних досліджень мікроструктури фазового й елементного складів, а також мікротвердості покриттів систем високоманганова криця–простий карбід, Fe–складний карбід і «Fe(високоманганова криця)–реакційна суміш (Mo+V₄C). Встановлено, що легування покриттів на основі високоманганової криці карбідами TiC та NbC має принципові відмінності порівняно із легуванням карбідами VC та Mo₂C. У результаті легування TiC та NbC формуються фази кубоїдної форми, розмірами у 2–4 мкм, які достатньо рівномірно розподілені у матриці із манганового аустеніту, тоді як у випадку VC та Mo₂C карбідна фаза виділяється переважно по межах аустенітних зерен. Такі структурні особливості ступу істотно впливають на характер деформаційного зміцнення покриттів, яке проявляється у тому, що для систем із NbC та TiC твердість після деформації становить 50–52 HRC, а для систем із VC та Mo₂C її значення є на рівні ≈ 45 HRC. Для систем Fe–складний карбід було виявлено, що легування заліза еквімолярними кількостями карбідів у послідовності: NbC→NbC+Mo₂C→NbC+Mo₂C+TiC→NbC+Mo₂C+TiC+VC приводить до зміни фазового складу карбідної фази відповідно до схеми: NbC→(Nb,Mo)C+M₆C→(Nb,Mo,Ti)C→(Nb,Mo,Ti,V)C+η-карбід. Таким чином, найоптимальнішим є легування еквімолярними кількостями NbC, Mo₂C та TiC, яке забезпечує однофазну структуру карбідної фази у вигляді твердого розчину (Nb,Mo,Ti)C. Для системи легування Fe(високоманганова криця)–реакційна суміш (Mo+V₄C) як найбільш раціональної було обрано концентраційний інтервал, який забезпечує заевтектичну структуру аустеніт+Mo₂Fe_{0,75}Mn_{0,5}V₂, де боридна фаза формується у вигляді первинних кристалів і входить до складу евтектики із морфологією «китайського письма». Насамкінець, у даному розділі було запропоновано склади двох типів зносоударотривких стопів, що відповідають маркам 360Г15М6Б6Т3С3Ф і 70М24Г13Р3 та характеризувалися відповідно аустенітно-карбідною й аустенітно-боридною структурами.

Стосовно п'ятого розділу дисертації можна зауважити, що: по-перше, для карбіду Молібдену тут застосовано позначення Mo₂C, тоді як в розділі 3 використано позначення MoC, тобто треба уточнити, який саме карбід Молібдену було експериментально досліджено; по-друге, на деяких дифрактограмах (рис. 5.4, рис. 5.11, рис. 5.17, рис. 5.30) окремі піки не ідентифіковано, але варто було б вказати, яким саме фазам вони відповідають; по-третє, не пояснено, чим зумовлено спостережну істотну різницю морфологій боридних фаз для систем

легування Fe–Mo–B–C (рис. 5.46) і Fe–Mn–Mo–B–C (рис. 5.51).

У важливому з практичної точки зору шостому розділі дисертації наведено результати трибологічних випробувань електродугових покриттів на основі розроблених зносоударотривких стопів. Істотною особливістю розробленого стопу 360Г15М6Б6Т3С3Ф є його здатність до інтенсивного деформаційного зміцнення — твердість у вихідному та деформованому станах становить 47 і 57 HRC відповідно. Результати трибологічних випробувань даного стопу показали, що за умов ударно-абразивного зношування його зносотривкість є вищою у $\cong 3$ рази порівняно із серійним стопом ОК13MN (бренд ESAB), який забезпечує повністю аустенітну структуру покриття, а за умов газоабразивного зношування та кутів атаки у 90° зносотривкість стопу 360Г15М6Б6Т3С3Ф є вищою порівняно із серійним високохромистим стопом 320Х25С2ГР (електроди Т-590) у $\cong 2,4$ рази. МікродюрOMETричні дослідження приповерхневих шарів даного стопу після випробувань за умов тертя ковзання по крицевому контртілу показали, що їхня мікротвердість становила 7–8 ГПа на віддалі у 70–80 мкм від зони тертя, тоді як твердість основи була у 4,5–5 ГПа. Це свідчить про те, що наявність у структурі фази (Nb,Ti,Mo)C забезпечує інтенсифікацію деформаційного зміцнення манганового аустеніту. Покриття, сформовані з використанням стопу 70М24Г13Р3, характеризуються підвищеною зносотривкістю за умов домінуючого абразивного зношування. Зокрема, за результатами трибологічних випробувань за умов тертя по вільному абразиву було встановлено, що знос за об'ємом для даного стопу є нижчим порівняно із серійним високохромистим стопом EnDotec DO*332 (бренд Castolin Eutectic (США)) на $\cong 30\%$ і лише на $\cong 12\%$ вищим, аніж для вольфрамового стопу марки EnDotec DO*611x системи легування WC–Ni. Виявлено, що між склерометричною твердістю та зносотривкістю покриття є тісний кореляційний зв'язок.

До шостого розділу є два зауваження. 1. На діаграмах, що ілюструють зносотривкість за різних видів абразивного зношування, не відображено дані для базової високоманганової криці (без армувальних фаз). Це ускладнює порівняльну аналізу й оцінку ефективності вибраних систем легування. 2. На порівняльній діаграмі (рис. 6.11) наведено марки серійних стопів EnDotec DO*332 і EnDotec DO*611x та системи легування їх, але не зазначено їхні елементні та фазові склади.

Сьомий розділ стосується практично важливих аспектів застосування розроблених стопів у вигляді порошкових стрічок, призначених для відновлення та зміцнення деталей методом електродугового натоплення. Зокрема, стоп 360Г15М6Б6Т3С3Ф було застосовано для відновлення низки деталей: замків бурильних труб, секцій роторів ударних дробарок і робочих поверхонь автозцепів залізничного транспорту. Стоп 70М24Г13Р3 було застосовано для зміцнення корпусів конічних різців гірничих і дорожніх машин, робочих поверхонь землерийної техніки, а також для підвищення балістичної стійкості крицевих бронепластин (що дуже важливо для захисту особового складу ЗСУ в нинішніх умовах).

До цього розділу є два зауваження. 1) Не вказано технологічні режими процесу натоплення для реалізації процесів зміцнення та відновлення. 2) Не ясно, чим зумовлено такий значний (у 30–50%) розкид втрати маси на діаграмі, яка ілюструє зносотривкість конічного різця гірничих машин в залежності від позиції закріплення різця (рис. 7.9).

Але зазначу, що майже всі вищенаведені зауваження до даної дисертації мають дискусійний характер і не ставлять під сумнів її вміст як такий.

Автор виконав низку *трудомістких* досліджень і одержав *оригінальні* наукові результати. Експериментальні та теоретичні дані стосовно закономірностей формування фазового складу, мікроструктури та властивостей стопів системи високоманганова криця–тяжкотопкі сполуки здаються мені цілком мате-

ріялознавчими і фізичними за змістом і забезпечують обґрунтованість сформульованих наукових висновків.

Вірогідність одержаних наукових результатів забезпечується задіяним комплексом експериментальних метод для встановлення параметрів мікроструктури, фазового та хемічного складів, механічних властивостей, зносотривкості за різних умов взаємочину із абразивним середовищем, а також програмного інструментарію для термодинамічного та першопринципного моделювання фаз, стопів і неупорядкованих твердих розчинів на основі теорії функціоналу електронної густини.

Одержані результати мають *практичну цінність*, яка полягає у застосуванні розроблених стопів у вигляді електродних матеріалів для відновлення та зміцнення широкого спектру деталей обладнання, яке експлуатується за умов ударно-абразивного зношування. Результати даної дисертаційної роботи поглиблюють уявлення про характер хемічного зв'язку та твердорозчинного і деформаційного зміцнення у твердих розчинах на основі γ -Fe та тяжкотопких карбідів і боридів перехідних металів.

Все це вже використано в ІФНТУНГ МОН України, а також може використовуватися в підрозділах матеріалознавства в таких закладах МОН України, як Прикарпатський університет імені Василя Стефаника, НУ «Львівська політехніка», а також в ряді установ НАН України: ІНМ ім. В. М. Бакуля, ІІМ ім. І. М. Францевича, ІМФ ім. Г. В. Курдюмова.

Дисертацію в основному написано науковою українською мовою та структуровано відповідно до вимог ДАК МОН України щодо оформлення дисертацій.

За результатами дисертаційної роботи було опубліковано 28 статей у фахових наукових журналах, отримано шість патентів України на винаходи й один патент на корисну модель; результати було оприлюднено на багатьох міжнародних і вітчизняних наукових конференціях.

Вміст і основні положення дисертації в цілому вірно відображено в її авторефераті. (Втім, тут теж інколи застосовано не найкращу українськомовну термінологію, наприклад «марганець» замість «Манган» і, відповідно, «високомарганцева сталь», а не «високоманганова криця» і т. д.)

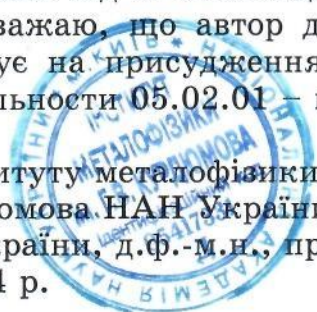
ВИСНОВОК

Отже, дисертаційна робота пана Павла Присяжнюка (з індексом Гірша $h = 11$ та індексом цитування $CI = 329$ його публікацій за даними міжнародної наукометричної бази даних Google Scholar та з $h = 10$ і $CI = 211$ за даними бази Scopus) являє собою самостійне, завершене в цілому (у межах поставлених завдань), комплексне (експеримент + розрахунки) наукове дослідження.

За актуальністю теми, кількістю, новизною та значущістю одержаних результатів, ступенем обґрунтованості та вірогідністю сформульованих висновків, повнотою викладення їх в опублікованих працях дисертація «Наукові основи формування зносоударотривких покриттів системи «високомарганцева сталь–тугоплавкі сполуки» електродуговим наплавленням» задовольняє встановленим критеріям ДАК МОН України щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук, а саме, п. 7 та п. 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197.

Тому я вважаю, що автор дисертації, пан Павло Миколайович Присяжнюк, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук із спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство.

Директор Інституту металофізики
ім. Г. В. Курдюмова НАН України
чл.-к. НАН України, д.ф.-м.н., проф.
29 травня 2024 р.



Татаренко

В. А. Татаренко