

ВІДГУК

офіційного опонента Іванова Валерія Григоровича
на дисертаційну роботу Небожака Івана Анатолійовича
«Інокулювання ливарних сплавів з використанням дисперсно-
наповненої моделі, що газифікується», подану на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.16.04 – Ливарне виробництво

м. Запоріжжя

16 серпня 2024 р.

1. Актуальність теми дисертації

У багатьох галузях народного господарства для реалізації сучасних технологічних процесів часто потрібні вироби із металу, фізико-механічні й спеціальні властивості яких були б неоднорідними по поверхні чи об'єму. Це зумовлено, перш за все, умовами експлуатації деталі, її собівартістю та деякими іншими чинниками. Такому комплексу різноманітних, а іноді й полярно протилежних вимог, відповідають лише вироби із диференційованими та спеціальними властивостями (ВДСВ), оскільки одночасно усі ці властивості не може мати жодна монолітна деталь. Проте, виготовлення ВДСВ традиційними методами (механічним з'єднанням, зварюванням, спаюванням, наплавленням, напиленням, термічною й хіміко-термічною обробками, тощо) – у цілому процес тривалий та неекономічний.

Виробництво ВДСВ литтям дозволяє уникнути вказаних недоліків. Найперспективнішим методом виготовлення ВДСВ є ЛГМ-процес, оскільки головна особливість його – застосування моделі, що газифікується (ГМ), яка не виймається перед заповненням ливарної форми (ЛФ) металом, визначає основні переваги цього технологічного процесу у порівнянні з іншими способами лиття. Крім того, ГМ можна отримувати у порожнині прес-форми із гранульованого модельного матеріалу (у більшості випадків – пінополістиролу). Ці обставини дозволили вводити до складу ГМ дисперсні присадки, і тим самим вирішити двоєдину задачу – здійснювати інокулювання матричного розплаву у «порожнині» ЛФ та проводити утилізацію пиловидних відходів феросплавної галузі. Імпантування інокуляторів у «тіло» ГМ на практиці зводиться до холодного плакування поверхні гранул модельного матеріалу дисперсними феросплавами перед їх задуванням або засипанням до порожнини прес-форми.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами

Дисертація виконана відповідно до плану проведення науково-дослідних робіт у ФТМС НАН України, а саме: № 1.6.5.480 «Розробка методів оптимізації і керування процесами структуроутворення і якістю виливків на базі методів імплантації модифікуючих, легуючих та армуючих компонентів у формі з газифікованою піно-моделлю», 2001...2004 р.р. (№ ДР 0205U004497); № III-4-02.501 «Створення теоретичних основ і технологічних методів підвищення об'ємних і поверхневих властивостей литих виробів з чорних і кольорових сплавів», 2002...2006 р.р. (№ ДР 0207U006017); № III-17. 04.536 «Розробка теоретичних і технологічних основ одержання виливків з керованою структурою і властивостями у ливарних формах з диференційованими теплофізичними характеристиками», 2004...2008 р.р. (№ ДР 0209U008369); № III-32-07.568 «Теоретичні і технологічні основи одержання одно- і багатошарових литих армованих конструкцій біологічного захисту з корозійностей-



ких, високоміцних, легованих чавунів і сталей для атомних електростанцій, перевезення і захоронення радіоактивних відходів з використанням радіоактивного металу зони відчуження Чорнобильської АЕС», 2007...2009 р.р. (№ ДР 0212U005040); № III-19-18-683 «Наукові та технологічні засади створення високопродуктивних ливарних процесів одержання литих конструкцій із залізобуглецевих і кольорових сплавів та розробка концепції ливарних роторно-конвеєрних комплексів», 2018...2020 р.р. (№ ДР 0118U003787).

3. Структура дисертаційної роботи та її основний зміст

Дисертація Івана Небожака на тему «Інокулювання ливарних сплавів з використанням дисперсно-наповненої моделі, що газифікується» має таку структуру та за основним змістом є такою, як наведено далі за текстом:

а) Структура й обсяг дисертаційної роботи та автореферату дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел (614 найменувань на 46 сторінках), 5 додатків (на 39 сторінках), містить 56 таблиць (на 33 сторінках), 48 рисунків (на 52 сторінках). Основний текст дисертації викладено на 143 сторінках. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 303 сторінки. Автореферат дисертації, який містить список із 32 публікацій здобувача за темою роботи, надруковано на 28 сторінках формату А5.

б) Вступ розкриває суть проблеми на сьогоднішній день, дає можливість дисертанту обґрунтувати її актуальність, дозволяє йому визначити предмет та об'єкт досліджень, дає змогу сформулювати мету роботи й основні завдання, які необхідно виконати для її досягнення. У вступі представлена наукова новизна та практична цінність результатів дисертації, викладено особистий внесок здобувача при виконанні роботи й апробації отриманих ним результатів, а також показано їх зв'язок з основними науковими планами, темами, програмами та грантами.

в) У першому розділі дисертації здобувачем проведено глибокий аналіз літературних даних щодо сучасних технологій одержання ВДСВ, який дозволив йому дійти певних висновків і вибрати основні напрями досліджень. Розглянуто фізико-хімічні й технологічні аспекти процесів легування, мікролегування та модифікування *Fe-C*-сплавів і сплавів кольорових *Me*. Максимум уваги приділено композиційному зміцненню ливарних сталей і сплавів та виробництву армованих виливків, підкреслено практичну цінність об'ємного легування, мікролегування, модифікування та армування металу у «порожнині» ЛФ за ЛГМ-процесом. Автором виконаної дисертаційної роботи зроблено акцент на: основах теорії й технології ЛГМ-процесу; термодеструкції ГМ з імплантованими до неї дисперсними присадками; фізико-хімічній взаємодії ДІ з матричним розплавом; розкрито механізм процесу інокулювання *Fe-C*-сплавів і сплавів кольорових *Me* за допомогою ДНГМ.

г) Другий розділ дисертаційної роботи присвячений плануванню й постановці серії експериментів при інокулюванні ливарних сплавів у «порожнині» ЛФ за ЛГМ-процесом. У цьому розділі представлені методи виконання поставлених завдань та їх порівняльна характеристика. Тут є відомості щодо методів досліджень і математичної обробки експериментальних даних, наведена інформація про сировину та матеріали, які використовувались дисертантом для досягнення ним наміченої мети.

Для інокулювання ливарних сплавів були використані порошки комплексного сфероїдизуючого модифікатора марки ФСМг7 ДСТУ 3362:1996 (ТУ 14-5-14-134-86),

феросиліцію марки ФС75 ДСТУ 4127:2002, ферохрому марки ФХ650А ДСТУ ISO 4552-1:2010, ферованадію марки ФВд40 У0,75 ДСТУ ISO 4552-2:2010, феротитану марки ФТи70С1 ДСТУ 4761:2009, інтерметаліду $FeCr$ та конопатковий стабілізований Cu -порошок марки ПМС-К ГОСТ 4960:2017. Усі порошкові матеріали, окрім ПМС-К ГОСТ 4960:2017, який виробляють у промислових масштабах методом електролітичного осадження, були отримані в лабораторних умовах.

Дисперсний інтерметалід $FeCr$ отримали з литих зразків високохромистого сплаву на основі Fe . Для цього кусковий матеріал був попередньо відпалений у лабораторній муфельній печі моделі «СНО-2,5.5.2,5/13,6 И1» на предмет утворення й виділення σ -фази із твердого розчину Cr в Fe , подрібнено у лабораторній щоківній дробарці моделі «Вібротехнік ЩД-10 6411-00013» та просіяно через сита. Коротка характеристика інтерметалідної АФ така: температура відпалювання – 1073 К, час ізотермічної витримки – 3600 с; дисперсність – 20...100 мкм, форма частинок – скалкова, фактор нерівності – 2...5.

д) У третьому розділі досліджено закономірності розподілу домішок у рідких і твердіючих $Fe-C$ -сплавах та їх вплив на структуру, механічні й спеціальні властивості литих зразків. Для цього досліджено ефективність модифікування чавунних розплавів дисперсними феросиліцієм марки ФС75 і ферохромом марки ФХ650А, а також Cu -порошком марки ПМС-К; вивчено можливість сфероїдизуючого модифікування чавунного розплаву комплексним модифікатором марки ФСМг7 при отриманні високоміцного чавуну марки ВЧ500-7; одержано тестові зразки зносостійкої складнолегованої сталі марки 75ХФТЛ та двомірного ЛКМ системи СЧ300-См3-ЧХЗ, а потім досліджено їх мікроструктуру і триботехнічні характеристики; з'ясовано механізм процесу інокулювання $Fe-C$ -сплавів за допомогою ДНГМ.

е) Четвертий розділ присвячений дослідженню можливості армуванню сплавів кольорових Me дисперсним інтерметалідом $FeCr$ у «порожнині» ЛФ за ЛГМ-процесом. У цьому розділі вивчено мікроструктуру ливарної Si -латуні марки ЛЦ16К4 та ливарних Al -сплавів марок АК12М2МгН й АК12, композиційно зміцнених σ -фазою з використанням ДНГМ. Досліджено вплив гідро-, газодинаміки ЛГМ-процесу на механічні й триботехнічні властивості досліджуваних матеріалів, розкрито механізм процесу інокулювання сплавів на основі Cu та Al за допомогою ДНГМ.

є) У п'ятому розділі наведено хімічний склад дослідно-експериментальних сплавів (чавунів, сталей, Si -латуні, Al -сплавів) та коротко описана технологія їх приготування, охарактеризовано модельні й шихтові матеріали. Розділ присвячено металургійним параметрам ЛГМ-процесу і техніко-економічним показникам (ТЕП) при інокулюванні $Fe-C$ -сплавів та сплавів кольорових Me із застосування ДНГМ.

Вихідний сплав, мікроструктура і твердість якого відповідають сірому чавуну марки СЧ300, виплавлено в індукційній тигельній печі моделі «ИЧТ-016». Хімічний склад досліджуваного матеріалу наведено далі за текстом, % (мас. частка): C – 3,10; Si – 1,25; Mn – 0,74; S – 0,12; P – 0,20; Fe – решта.

Щоб отримати нульмірний ЛКМ системи $Al-FeCr$ було приготовлено ливарний Al -сплав марки АК12. Досліджуваний матеріал виплавили у тигельній печі опору моделі «САТ-025-И2». Хімічний склад цього матеріалу наведено далі за текстом, % (мас. частка): Si – 11,00; Mg – 0,03; Cu – 1,11; Mn – 0,37; Ni – 0,03; Ti – 0,06; Fe – 0,50; Cr – 0,02; Al – решта. Як АФ досліджуваного композиту, у цій дисертації був

використаний дисперсний інтерметалід $FeCr$, більш відомий у сплавах системи $Fe-Cr$ як σ -фаза, у кількості 10 % від маси контрольного виливка.

4. Наукова новизна отриманих результатів

При досягненні здобувачем мети цієї дисертаційної роботи та виконанні завдання досліджень ним особисто одержано цінні результати, які мають велике практичне й науково-технічне значення, а саме:

а) Запропоновано комплексну методику дослідження впливу гідро-, газодинаміки ЛГМ-процесу на показники засвоєння Si рідким металом, доведено зміну параметрів мікроструктури сірого чавуну марки СЧ300 та його твердості у контрольній площині литих зразків, а також встановлено, що коефіцієнт засвоєння Si матричним розплавом менший за більшого вмісту дисперсного феросиліцію марки ФС75 у «тілі» ГМ, що нівелюється тривалістю існування рідкої фази;

б) Проведено регресійний аналіз результатів повнофакторного експерименту, на основі якого вперше встановлено функціональний зв'язок технологічних параметрів ЛГМ-процесу з показниками засвоєння Si матричним розплавом, параметрами мікроструктури сірого чавуну марки СЧ300 та його твердістю;

в) Удосконалено методику процесів графітізуючого й сфероїдизуючого модифікування чавуну, легування матричного розплаву дисперсним ферохромом марки ФХ650А, порошками міді марки ПМС-К, ферованадію марки ФВд40У0,75 та феротитану марки ФТи70С1, що дозволило розширити уявлення про особливості структуроутворення сірого й високоміцного чавунів марок СЧ250 й ВЧ500-7, відлити жаростійкий Cr -чавун марки ЧХ1, сірий чавун марки СЧ200 з перлітно-феритною основою та зносостійку складнолеговану сталь марки 75ХФТЛ, відповідно, а також визначити їх механічні й триботехнічні характеристики;

г) Виявлено перехідну зону товщиною 0,15...0,18 мм між функціональними шарами двомірного ЛКМ системи $СЧ300-См3-ЧХ3$, встановлено раніше невідомі залежності макро-, мікроструктури і твердості композитного виливка від гідро-, газодинаміки ЛГМ-процесу, що дало змогу констатувати дифузійний характер зв'язку між АФ й Fe -матрицею, обґрунтувати його структуру та властивості;

д) Вперше розкрито механізм композиційного зміцнення поршневого Al -сплаву марки АК12М2МгН та силуміну евтектичного складу марки АК12 дисперсним інтерметалідом $FeCr$, який базується на адгезійно-механічному типі зв'язку АФ з Al -матрицею, що забезпечує оптимальну мікроструктуру та високі механічні й триботехнічні характеристики нульмірного ЛКМ системи $Al-FeCr$;

е) Доведено можливість армування ливарної Si -латуні марки ЛЦ16К4 дисперсним інтерметалідом $FeCr$, що дозволило вперше отримати нульмірний ЛКМ системи $Cu-FeCr$, який має оптимальну мікроструктуру, номінальну твердість та вищим у контрольного виливка триботехнічні властивості.

5. Особистий внесок здобувача

Основні наукові положення, що викладені у роботі, та отримані експериментальні дані як і висновки, яких дійшов здобувач, належать йому безпосередньо. Особистий внесок дисертанта полягає також у розробці методик вивчення ефективності процесу інокулювання ливарних сплавів, тобто впливу гідро-, газодинаміки ЛГМ-процесу на показники засвоєння ДІ матричним розплавом, параметри мікро-

структури та властивості піддослідних виливків, а також методики визначення характеру зв'язку АФ з *Me*-матрицею в структурі нульмірного ЛКМ системи *Al-FeCr*. Автору дисертації належить ідея математичної обробки результатів поставленого експерименту та виведення ним низки емпіричних рівнянь.

6. Практичне значення отриманих результатів

Одержані при виконанні поставленої задачі ливарні сплави у машинобудуванні можуть бути використані як конструкційні матеріали. Область їх можливого застосування наведена нижче:

а) *СЧ300 + ФС75, СЧ250 + ФС75*: деталі машин і механізмів загального призначення (корпусні деталі); декоративно-прикладне й художнє литво.

б) *СЧ200 + ПМС-К*: елементи гідравлічних систем, що працюють в умовах надлишкового тиску (корпуси насосів, клапанів, гідророзподілювачів, гідрозамків); деталі машин і механізмів, які експлуатують при підвищених динамічних навантаженнях (канатні блоки, намоточні барабани, шківни, шестерні, зірочки).

в) *ЧХ1 ДСТУ 8851:2019*: у теплотехніці для виготовлення елементів пічної апаратури, що знаходиться під впливом підвищених температур (дверцята твердопаливних котлів, колосникові решітки, футерівка камер згорання).

г) *ВЧ500-7 ДСТУ 3925:1999*: деталі машин та механізмів, які працюють в умовах високих механічних навантажень [корпуси підшипників, колінчаті вали, шатуни, штоки двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) й поршневі компресорів].

д) *75ХФТЛ ТУ 4112-78269737-001-2005*: зносостійкі елементи бетонозмішувачів, млинів, дробарок (лопатки, скребки, футерівка, розмельні тіла, бронеплити).

е) ЛКМ системи *Al-FeCr*: деталі машин й механізмів, які працюють в умовах абразивного зношування й сухого тертя (корпуси і робочі колеса насосів та вентиляторів для, відповідно, перекачування й вентиляції абразивного середовища; вузли тертя; захисні покриття з підвищеною зносостійкістю; ведучі і ведені колеса стрічкових пилорам), а також високих контактних навантажень (зірочки ланцюгових передач, шестерні шестерних насосів й зубчастих передач, поршні ДВЗ і компресорів).

є) ЛКМ системи *СЧ300-См3-ЧХ3*: деталі машин та механізмів, у яких в умовах сухого тертя й абразивного зношування працює лише одна поверхня (форми для виготовлення цегли, циліндри ДВЗ і компресорів, борошномельні валки).

На замовлення ТОВ «НВК «Агропромдеталь» відпрацьовано технологію інокулювання ливарних сплавів і впроваджено у промислове виробництво дослідно-експериментальну партію реальних виливків із сірого чавуну марки *СЧ300 ДСТУ 8833:2019*, жаро-, зносостійкого *Cr*-чавуну марки *ЧХ3 ДСТУ 8851:2019*, а також нульмірного ЛКМ системи *Al-FeCr*. Механічна обробка придатного литва та виробничі випробування готових деталей були здійснені на потужностях ПП «НТП «Кварц», які потім були реалізовані ТОВ «Українська спецкомпанія». Впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво підтверджено відповідними актами.

7. Апробація матеріалів дисертації

Результати виконаної роботи доповідалися та / або були представлені здобувачем на: Міжнародному науково-технічному конгресі «Литейное производство в новом веке – как победить в конкуренции». Київ, 2002; Міжнародному науково-технічному конгресі «Литейное производство: высококачественные отливки на осно-

ве эффективных технологий». Київ, 2004; III Міжнародному конгресі по трибології «WTC-2005». Вашингтон, 2005; Міжнародному науково-технічному конгресі «Экономический путь к высококачественному литью». Київ, 2005; XII Міжнародній науково-практичній конференції «Литьє-2016». Запоріжжя, 2016; XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Литво. Металургія. 2018». Запоріжжя, 2018; XVII Міжнародній науково-практичній конференції «Литво. Металургія. 2021». Запоріжжя, 2021; XV Міжнародній науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні». Київ, 2023; XIX Міжнародній науково-практичній конференції «Литво. Металургія. 2023». Харків, 2023; XII Всеукраїнській науково-технічній конференції з міжнародною участю «Процеси механічної обробки, верстати та інструмент: збірник наукових праць». Житомир, 2023; XX Міжнародній науково-практичній конференції «Литво. Металургія. 2024». Харків, 2024.

8. Публікації здобувача за темою дисертаційної роботи

Основні положення кандидатської дисертації, які достатньою мірою висвітлюють результати роботи, що виносяться на захист, опубліковані у 32 (тридцяти двох) наукових працях, у тому числі 7 (семи) статтях у наукових періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України; 1 (одній) статті у виданні іноземної держави; 8 (восьми) статтях в інших наукових виданнях; 15 (п'ятнадцяти) тезах доповідей у збірниках матеріалів конференцій і конгресів; 1 (одному) патенті України на корисну модель.

9. Перелік зауважень до виконаної дисертації

Аналіз матеріалів дисертаційної роботи та автореферату дисертації дозволив мені зробити здобувачу низку зауважень, які наведені нижче:

а) Розділ 1, який присвячений літературному огляду за темою дисертаційної роботи, є надто великим за своїм обсягом (48 с.) – здобувачем проаналізовано близько 600 першоджерел. Деякі відомості, що наводяться у цьому розділі, стосуються інших методів отримання заготовок деталей (газо-, електрозварювання, напилення, СВС, ПМ, тощо) або ж містять загальновідомі положення технології одержання моделей, що газифікуються, та опосередковано стосуються теми дисертації;

б) У розділі 2 слідувало б докладніше розписати саме методику виготовлення ДНГМ, а не акцентувати увагу на методиці приготування інокулюючих порошоків та отриманні зразків ливарних сплавів. Наведені посилання на відповідні першоджерела не дають всеосяжного уявлення про технологічні особливості цього процесу;

в) Нажаль, у дисертаційній роботі відсутні дані щодо рівномірності розподілу армуючих добавок у виготовлених ДНГМ за їх об'ємом, висотою, довжиною, тощо. Це могло б істотно вплинути на достовірність висновків, яких дійшов дисертант у своїй роботі, а потім і технологічні рекомендацій, необхідні для забезпечення ізотропності властивостей піддослідних виливків;

г) Висновки, що стосуються залежності структури й геометричних розмірів литих зразків із сірого чавуну є загальновідомими, хоч і стосуються їх отримання за ЛГМ-процесом. Наприклад, висновки №№ 3, 4 до розділу 3 (С. 164):

– 3. Мікроструктура чавунних виливків залежить від довжини і висоти литих зразків, а також місця підведення матричного розплаву до «порожнини» ЛФ;

– Показники засвоєння Si рідким металом впливають на основні параметри мікроструктури сірого чавуну марки СЧ300, якими є кількості P , Φ , Fe_3C та $ПГ$, а

також довжина включень ПГ;

д) Як видно із рис. 3.10 (аркуш 2) коефіцієнт засвоєння Si практично не залежить від вмісту дисперсного феросиліцію марки ФС75 (пряма № 1 майже паралельна осі абсцис), а у висновках до розділу 3 здобувач стверджує зворотне:

– 8. ...коефіцієнт його засвоєння $Fe-C$ -розплавом, параметри мікроструктури й HV литих зразків залежать, насамперед, від таких технологічних параметрів ЛГМ-процесу як: а) вміст дисперсного феросиліцію марки ФС75, імплантованого до ГМ...;

е) У дисертації досліджували процес армування пінополістиролової моделі порошком комплексного сфероїдизуючого модифікатора марки ФСМг7, який при контакті з чавунним розплавом супроводжується піроефектом. Чи впливає це явище на якість піддослідних виливків з роботи не зрозуміло;

є) Висновок 1 до розділу 4 носить двоякий характер: «Армування ливарної Si -латуні марки ЛЦ16К4 поліпшує механічні й триботехнічні властивості композитних виливків, проте воно є малоефективним, оскільки σ -фаза під дією високої температури дисоціює на Fe та Cr »;

ж) Як показано в дисертаційній роботі, армування силуміну евтектичного складу марки АК12М2МгН дисперсним інтерметалідом $FeCr$ дозволяє підвищити його механічні та службові характеристики. Проте, кількість оптимальної добавки, при цьому, здобувачем не вказана;

з) На рисунках, які ілюструють залежність досліджуваних показників між собою слід вказувати довірчі інтервали. Деякі фотографії мікроструктур надто контрастні (наприклад, рис. 4.8, 4.9), що може призвести до втрати важливих деталей;

и) В практичному плані було б дуже цінним більш докладно надати технологічні рекомендації впливу на гідро-, газодинаміку ЛГМ-процесу для забезпечення певної макро-, мікроструктури ливарних сплавів та рівня їх фізико-механічних і спеціальних властивостей при отриманні за новою технологією.

Разом із тим, зауваження, що представлені вище, не знижують цінності досягнутих результатів, наукового та практичного рівня написаної дисертації.

10. Рекомендації щодо подальшого використання результатів роботи

Результати кандидатської дисертації Івана Небожака можна рекомендувати працівникам ливарних цехів машинобудівних підприємств, центральних заводських лабораторій, відділам головного металурга профільних підприємств з ливарного виробництва сталей і сплавів загального, спеціального та декоративно-прикладного призначення. Матеріали дисертаційної роботи можуть бути використані також аспірантами та докторантами зі спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво, науковцями, а також викладачами коледжів та вищих навчальних закладів з метою їх використання у навчальному процесі при читанні ними курсу лекцій із відповідних розділів ливарного виробництва сплавів чорних і кольорових металів.

11. Оцінка мови, стилю й оформлення дисертації

Дисертаційна робота написана добротною державною технічною мовою. Стиль дисертації Івана Небожака забезпечує сприйняття викладених у ній результатів проведених досліджень, наукових положень, висновків, розробок, рекомендацій та інших матеріалів у доступній формі. Дисертаційна робота та автореферат дисертації оформлені відповідно до вимог щодо кандидатських дисертацій.

12. Відповідність змісту дисертаційної роботи паспорту спеціальності

Дисертаційна робота, яка присвячена інокулюванню залізвуглецевих сплавів і сплавів кольорових металів у «порожнині» ЛФ за ЛГМ-процесом, є цілком реальною та виконана здобувачем в умовах дослідно-експериментального виробництва ФТІМС НАН України на високому професійному рівні. Тема дисертації «Інокулювання ливарних сплавів з використанням дисперсно-наповненої моделі, що газифікується» – актуальна на сьогоднішній день і є такою, що повністю відповідає паспорту спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

13. Висновок про відповідність дисертації вимогам чинного законодавства

Дисертаційна робота Івана Небожака є завершеною кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису. При досягненні здобувачем наміченої мети ним у повному обсязі було виконане поставлене керівником завдання досліджень. Експериментальні дані та результати проведених досліджень спираються на фундаментальні закони фізики, хімії, металургії сталей і сплавів, теорії кристалізації, матеріалознавства, фізико-хімії металургійних процесів та інших природничих дисциплін.

Дисертантом грамотно сплановано й поставлено експеримент, виконано графічну інтерпретацію та математичну обробку результатів проведених досліджень. Внаслідок апроксимації масиву числових експериментальних даних здобувачем особисто виведено низку емпіричних залежностей, які аналітично описують співвідношення фізичних величин, заданих у табличній формі.

Зроблені зауваження та побажання не мають принципового значення по відношенню до суті дисертації і не знижують її загальної позитивної оцінки. Наукові положення дисертаційної роботи, висновки та рекомендації є достовірними й відповідають об'єктивній реальності. Мова та стиль кандидатської дисертації відповідають вимогам, які виставляються до науково-технічних текстів та публікацій. Зміст автореферату повністю відповідає змісту дисертаційної роботи, а основні наукові положення і результати проведених досліджень, що містяться в них, є ідентичними.

Дисертація на тему «Інокулювання ливарних сплавів з використанням дисперсно-наповненої моделі, що газифікується» відповідає усім вимогам пунктів 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Постановою КМ України за № 567 від 24 липня 2013 року, а також іншим вимогам МОН України щодо кандидатських дисертацій, є закінченою кваліфікаційною науковою працею, а її автор Небожак Іван Анатолійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – Ливарне виробництво.

**Завідувач кафедри «Машини і технологія ливарного виробництва»
НУ «Запорізька політехніка» МОН
України, докт. техн. наук, доцент**

**Учений секретар Вченої ради
НУ «Запорізька політехніка» МОН
України, канд. соц. наук, доцент**



В.Г. Іванов

В.В. Кузьмін

М.П.