

## ВІДГУК

офіційного опонента Луньова Валентина Васильовича  
на дисертаційну роботу Ямшинського Михайла Михайловича  
“Жаростійкі та зносостійкі ливарні сплави на основі заліза для роботи в  
екстремальних умовах”  
за спеціальністю 05.16.04 – ливарне виробництво

Дисертація складається з вступу, 8 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел із 179 найменувань і 14 додатків. Основна частина дисертації викладена на 386 сторінках, загальний обсяг роботи 510 сторінок.

### **Актуальність теми дисертації та відповідність роботи спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво**

Розвиток сучасної промисловості неможливий без створення наукових основ для розроблення нових матеріалів. Покращення характеристик матеріалів є одним з найважливіших напрямків ливарного виробництва та матеріалознавства. Однією з проблем є розроблення та дослідження експлуатаційних характеристик нових жаростійких та зносостійких сплавів на основі заліза.

Ефективність роботи теплових електричних станцій визначається тривалістю експлуатації устаткування, яке працює в екстремальних умовах – за високих температур, агресивних середовищ, інтенсивного зносу тощо.

Жаростійкі деталі паливоспалювальних пристроїв котлоагрегатів ТЕС України у теперішній час виготовляють із листового або круглого прокату хромонікелевих сталей 10X18H9T, 15X23H18, 20X25H19C2Л тощо, робоча температура яких не перевищує 1100 °С. В умовах інтенсивного гідроабразивного зносу працюють деталі устаткування систем гідрозоловидалення (ГЗВ) ТЕС: корпуси, колеса й диски багерних насосів, деталей шламових транспортерів, які виготовляють литтям із нетехнологічних хромонікелевих чавунів типу 290X28H2.

Температурний режим роботи насадок і газових сопел становить 1200...1250 °С і є основним чинником, що визначає вимоги до жаростійкого матеріалу, з якого їх можна виготовляти. За таких температур хромонікелеві сталі піддаються інтенсивній газовій корозії, а виготовлені з них жаростійкі деталі швидко згоряють. Виникає необхідність заміни дорогих жаростійких

хромонікелевих сталей дешевими ливарними матеріалами, наприклад, сплавами на основі заліза з високим вмістом хрому певного хімічного складу залежно від температури експлуатації деталей та агресивних середовищ. Оскільки насадки паливоспалювальних пристроїв піддаються інтенсивній абразивній дії вугільного пилу та інших складових палива й швидко зношуються в результаті ерозійних процесів, то й в цьому разі можна було б використовувати ці сплави з оптимальним вмістом вуглецю.

Розроблення та впровадження нових ливарних сплавів без нікелю, але з високими технологічними властивостями та експлуатаційними характеристиками, для роботи в екстремальних умовах, є актуальним завданням сьогодення.

Щодо актуальності роботи можна зробити висновок, що вона підтверджується фундаментальними та прикладними дослідженнями, які виконувались на кафедрі:

- №2903ф «Теоретичні і технологічні принципи керування структуроутворенням модифікованих та мікролегованих сплавів у виливках»;
- № 2265п «Теоретичні і технологічні принципи керування спеціальними властивостями високолегованих сплавів для литих деталей особливо відповідального призначення»;
- №2431п «Теоретичні і технологічні принципи розроблення новітніх сплавів із спеціальними властивостями для виробництва деталей різними способами лиття»;
- №2632п «Розроблення методології прогнозування структури і властивостей металу у виливках із сплавів на основі заліза з високим вмістом хрому»;
- №2851п «Технологічні особливості прогнозування властивостей розплавів і структури металу виливків для роботи в екстремальних умовах».

Під час виконання робіт дисертант приймав безпосередню участь як відповідальний виконавець та керівник тем.

Приймаючи до уваги технологічність, умови експлуатації жаростійких і зносостійких деталей, а також економічні аспекти, нові ливарні сплави повинні мати високі температури плавлення, жаростійкість, зносостійкість, задовільні ливарні властивості та мають бути недорогими й недефіцитними.

Велике практичне значення має не тільки створення дешевих вискоєфективних жаростійких і зносостійких ливарних сплавів, але й розроблення сучасних технологій виготовлення литих деталей, що суттєво

підвищує роботоздатність устаткування ТЕС і його ККД.

Метою роботи є розроблення нових жаростійких і зносостійких сплавів для роботи в екстремальних умовах й технологічних процесів виготовлення із них виливків особливо відповідального призначення з використанням методології прогнозування якості розплавів і структури та властивостей металу у виливках.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовано такі основні завдання:

1. Комплексно вивчити ливарні, механічні й спеціальні властивості та структуру сплавів на основі заліза з високим вмістом хрому й створити банк даних для розроблення методології прогнозування якості розплаву перед випусканням із плавильного агрегату, структури та властивостей металу у виливках.

2. Визначити оптимальні співвідношення основних хімічних елементів (хрому, алюмінію, вуглецю, титану тощо) в жаростійких сплавах з урахуванням їх ливарних, механічних і спеціальних властивостей та умов експлуатації виробів.

3. Установити ефективність процесів мікролегування та модифікування сплавів з високим вмістом хрому з метою покращання їх характеристик і визначити оптимальний діапазон хімічного складу сплавів для виробництва виливків різних мас, габаритних розмірів і з різними товщинами стінок.

4. Дослідити структуру сплавів з різним вмістом хрому й алюмінію та розподіл цих хімічних елементів по перерізу стінок литих деталей з урахуванням впливу технологічних факторів плавлення та розливання сплавів і властивостей ливарної форми на формування структури металу у виливках.

5. Дослідити кінетику окиснення жаростійких сплавів в різних агресивних середовищах за високих температур і визначити їх окалиностійкість для вибору оптимального хімічного складу сталей для конкретних умов експлуатації.

6. Установити характер зміни складу та властивостей окалини, утвореної за різних температур в різних агресивних середовищах, фізичну сутність окалиностійкості й можливості покращання цієї характеристики та створити банк даних для прогнозування окалиностійкості сталей у широкому діапазоні концентрацій хімічних елементів, що входять до їх складу.

7. Дослідити механічні властивості та термостійкість жаростійких сталей за різних температур і встановити причини, які призводять до руйнування

металу в умовах теплозмін.

8. Розробити й здійснити випробовування в лабораторії промислового типу програмне забезпечення прогнозування властивостей розплаву за результатами першого хімічного аналізу й структури та властивостей металу у виливках і розрахунку шихти для виплавляння жаростійких сплавів.

9. Дослідити процеси термомеханічного оброблення жаростійких сталей з високим вмістом хрому з метою визначення технологічних параметрів виробництва продукції пресуванням і куванням для розширення галузей використання сплавів цього класу.

10. Розробити нові зносостійкі сплави з високим вмістом хрому на підставі дослідження їх властивостей залежно від хімічного складу, процесів мікролегування й модифікування та технологій виробництва зносостійких деталей й режимів їх термічного оброблення.

11. Розробити технологічні процеси виплавляння сплавів з високим вмістом хрому й виготовлення із них різними способами лиття якісних виливків відповідального та особливо відповідального призначення для роботи в екстремальних умовах.

12. Використати одержані експериментальні та розрахункові дані, технологічні процеси та оригінальне програмне забезпечення в промислових умовах і в навчальному процесі під час підготовки бакалаврів і магістрів за спеціальністю 136 – Металургія та спеціалізацією «Комп'ютеризація процесів лиття».

Згідно вищезазначеному, надана до розгляду дисертаційна робота є актуальною, а представлений матеріал наукових досліджень змістовно відповідає спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

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

Зміст дисертаційної роботи дає можливість оцінити роботу, як комплексну, з науковими та технологічними компонентами, що органічно доповнюють один одного.

Науковий компонент включає дослідження та аналіз впливу легувальних елементів на властивості жаростійких та зносостійких сплавів з метою покращання їх експлуатаційних характеристик. Зокрема встановлено, що додаткове опрацювання рідкого металу ЛЗМ та РЗМ значною мірою підвищує характеристики металу у виробках. Отримані результати з вибору легувальних

елементів і компонентів для мікролегування та модифікування запропонованих сплавів підтверджено чисельними експериментальними дослідженнями ливарних, механічних та експлуатаційних властивостей, мікроструктури, фазового складу оксидних плівок, гідроабразивного зношування. Порівняння експериментальних результатів з результатами прогнозування за математичними моделями свідчать про їх збіжність.

Дослідження кінетики окиснення нових сплавів за високих температур додатково підтверджує доцільність використання обраних елементів для легування та їх гранично допустимі концентрації з метою одержання якісних виливків для роботи в екстремальних умовах.

Грамотне трактування результатів досліджень дає змогу зробити висновок щодо ступеня обґрунтованості наукових положень роботи.

Аналізом дисертації та автореферату Ямшинського М.М. встановлено, що наукові положення, висновки та рекомендації, які викладені в роботі, повною мірою обґрунтовані на підставі глибокого вивчення здобувачем сучасних іноземних та вітчизняних літературних джерел, патентної літератури, результатів власних досліджень і розрахунків.

Отримані автором закономірності підтверджено реальними зразками. Вони не мають протиріч із існуючими теоретичними уявленнями та накопиченим досвідом. Наукові положення, висновки та рекомендації узгоджуються із відомими концепціями. Їх обґрунтованість підтверджена на міжнародних конференціях з ливарного виробництва, металургії та матеріалознавства.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Ямшинського М.М., висока, оскільки базується на комплексному критичному аналізі наявного в літературних та інформаційних джерелах матеріалу за даною проблемою й реалізує класичний підхід до наукового дослідження, який включає в себе постановку мети, визначення завдань дослідження (вступ), аналітичний огляд (розділ перший), опис і розроблення методологічного підґрунтя (розділ другий), визначення ливарних і механічних властивостей (розділ третій), визначення спеціальних властивостей жаростійких сплавів залежно від вмісту основних легувальних елементів і мікролегування (розділ четвертий); визначення механічних властивостей за високих температур досліджуваних сплавів (розділ п'ятий); визначення експлуатаційних властивостей зносостійких чавунів (розділ шостий); розроблення програмного забезпечення розраховування шихти та

прогнозування якості розплаву за першим хімічним складом (розділ сьомий); розроблення технологій виготовлення литих жаростійких і зносостійких виробів (розділ восьмий).

Якісно та чітко сформульовано узагальнення результатів досліджень та наукових положень.

### **Достовірність результатів досліджень**

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується:

- коректною постановкою завдань теоретичних та експериментальних досліджень, системністю вивчення та логікою аналізу досліджуваних процесів, відсутністю протиріч щодо сутності фізико-хімічних явищ які досліджуються в роботі;

- достатньою збіжністю аналітичних та експериментальних досліджень; достатньою кількістю публікацій у виданнях, що входять до переліку фахових видань з технічних наук в Україні, визнанням отриманих результатів на міжнародних конференціях, публікацій в міжнародних наукометричних виданнях;

- системним аналізом існуючих сучасних літературних джерел за досліджуваними процесами та через аналіз не тільки технологічних, але й економічних показників;

- застосуванням сучасних методів визначення фізико-механічних властивостей металів і кількісної металографії;

- наукова новизна отриманих результатів визначається одержаними експериментальними даними та встановленими закономірностями.

Наукова достовірність результатів досліджень, висновків та положень, висвітлених у дисертаційній роботі, не викликає сумнівів і забезпечена великим обсягом досліджень, кваліфікованим підходом до оброблення експериментальних даних, коректною оцінкою похибок вимірювань, узгодженістю лабораторних і промислових результатів випробувань та достатньо великою кількістю виготовлених з нових сплавів і за новими технологіями виливків, що мають підвищені експлуатаційні властивості.

### **Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій**

Проаналізувавши основні результати досліджень, що приведено в дисертаційній роботі Ямшинського М.М., можна виділити наступні положення наукової новизни:

1. За результатами комплексних досліджень встановлено експлуатаційні властивості жаростійких і зносостійких сплавів на основі заліза в широкому діапазоні концентрацій хрому, марганцю, алюмінію, вуглецю, титану, що дало змогу розробити нові ливарні хромоалюмінієві сталі для роботи за високих температур та агресивних середовищ, а для роботи в умовах інтенсивного зносу – безнікелеві високозносостійкі хромомарганцеві чавуни. За основними показниками нові ливарні матеріали забезпечують ефективну роботу устаткування у 1,5...3,0 рази вище використовуваних у промисловості сплавів у теперішній час.

2. Визначені співвідношення основних легувальних елементів дають змогу корегування технології виготовлення великогабаритних тонкостінних виробів або виливків складної геометрії. Враховуючи високу схильність сталей до інтенсивного плівкоутворення, під час виготовлення великогабаритних тонкостінних виробів або виливків складної геометрії заливання форм необхідно здійснювати за температур 1620...1650 °С.

3. Визначено ефективність використання процесів мікролегування та модифікування сплавів на основі заліза з високим вмістом хрому під час виробництва із них виливків відповідального та особливо відповідального призначення.

Хромоалюмінієвий розплав необхідно додатково обробляти РЗМ у кількості 0,15...0,25% (за присадкою), ітрієм (0,20...0,40%) або кальцієм (до 0,10%). Оброблення сталей ітрієм або спільно церієм (0,15...0,25%) і титаном в межах 0,25...0,50% особливо необхідне для виробництва деталей, які працюють в умовах високих температур і помірних зовнішніх навантажень. Запропонований чавун для підвищення на 20...25% його зносостійкості доцільно мікролегувати титаном у межах 0,1...0,5%, ванадієм – 0,5...0,8% або сурмою – 0,1...0,2% й модифікувати бором у межах 0,005...0,020% або РЗМ – 0,10...0,25% (за присадкою). Для досягнення максимальної твердості металу та зносостійкості виробів із таких чавунів їх необхідно гартувати на повітрі з температур 900...950 °С.

Наведені процеси дають змогу покращити якість рідкого металу, що підвищує експлуатаційні властивості на 20...25%.

4. Уперше встановлено, що вироби із розроблених високохромистих жаростійких сталей мають задовільну окислюваність і можуть працювати тривалий час в агресивних середовищах за температур до 1300 °С.

За результатами досліджень побудовано номограмами, які надають змогу оперативно корегувати хімічний склад за основними легувальними елементами.

5. Уперше встановлено й побудовано відповідні номограми визначення кількості основних легувальних елементів з метою забезпечення заданої окалиностійкості (збільшення маси виробу на  $6,8...7,6$  мг/см<sup>2</sup> за 100 год) і можливістю працювати тривалий час в агресивних середовищах за температур до 1300 °С.

6. Результатами досліджень встановлено, що за температур експлуатації понад 1100 °С середньовуглецеві хромоалюмінієві сталі феритного класу мають набагато вищі окалиностійкість і ростостійкість, ніж хромонікелеві сталі аустенітного класу, хоча міцність і пластичність останніх дещо вищі в порівнянні з хромоалюмінієвими сталями, що ще раз підкреслює доцільність заміни дорогих хромонікелевих сталей дешевими хромоалюмінієвими для виготовлення жаростійких литих деталей, які працюють в умовах високих температур, інтенсивних теплових змін та агресивних середовищ без зовнішніх навантажень.

7. Досліджено можливості й доказано перспективність розширення галузей використання жаростійкої продукції із рекомендованих хромоалюмінієвих сталей з застосуванням термомеханічного оброблення заготовок. Установлено, що температурний режим (температура початку й закінчення оброблення) пресування, ступінь обтиску й темп термомеханічного оброблення значною мірою залежать від вмісту вуглецю та хрому, тобто від пластичності металу за температур термомеханічного оброблення. Визначено температурний інтервал термомеханічного оброблення литих заготовок із сталей цього класу: для здійснення процесу пресування температура заготовок має бути в межах 1050...1100 °С, а для кування – 850...1000 °С.

8. Уперше створено банк даних, який охоплює відомості понад 600 марок сплавів на основі заліза, всі існуючі феросплави та марки сталевого й чавунного брухту. Розроблено та випробувано програмне забезпечення розрахунку шихти для виплавки сплавів з високим вмістом хрому та прогнозування якості розплаву, що знаходиться в плавильному агрегаті, за результатами першого хімічного аналізу та температурами його перегрівання в плавильному агрегаті й заливання в ливарні форми.

Програмне забезпечення значною мірою скорочує час виконання контрольних функцій і полегшує вирішення технологічних питань, пов'язаних з виготовленням високоякісних литих деталей для роботи в екстремальних



умовах.

Наведені результати, їх аналіз і висновки в сукупності є суттєвими для розвитку теорії та технології ливарного виробництва й, зокрема, для розвитку теорії та технології виготовлення форм, формувувальних матеріалів, жаростійких і зносостійких сплавів на основі заліза.

Вважаю, що дисертантом отримані результати, аналіз яких дає говорити про відповідність їх критерію наукової новизни.

Новизна одержаних результатів підтверджується великою кількістю публікацій та 2 патентами України.

### **Практичне значення результатів роботи**

Наукове значення дисертаційної роботи полягає в створенні наукових засад розроблення жаростійких та зносостійких сплавів з високим вмістом хрому із заданими властивостями та структурою, що забезпечують підвищені експлуатаційні характеристики литих виробів.

Практичне значення роботи полягає у вирішенні важливої проблеми – розробленні нового жаростійкого сплаву, який забезпечує високий рівень експлуатаційних характеристик виливків відповідального призначення за високих температур і агресивного середовища.

Усі сплави успішно пройшли лабораторно-дослідну перевірку, що підтверджено актом випробувань. Для впровадження сплавів у виробництво розроблено відповідні технологічні інструкції, які доповнюють ефективність виконаних досліджень.

Результати роботи сприяють розвитку сучасної промислової технології виготовлення виливків відповідального та особливо відповідального призначення із спеціальних жаростійких і зносостійких сплавів на основі заліза, різними способами лиття.

Одержали подальший розвиток комплексні дослідження закономірностей впливу елементів та їх комплексів на формування структури і фізико-механічні властивості сплавів.

Практична значимість роботи полягає в тому, що результати теоретичних та експериментальних досліджень дали змогу розробити методологію прогнозування ливарних і механічних властивостей сплавів за першим хімічним аналізом.

Таким чином, результати розглянутої роботи забезпечують ливарне

виробництво необхідною науково-практичною базою. Високу якість одержаних виливків, що виготовлені за розробленими дисертантом технологіями, підтверджено відповідними актами, наведеними в дисертації.

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

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 54 друковані праці, з них 1 монографія, 28 статей у наукових фахових виданнях, з яких 5 у виданнях України, що індексуються в міжнародних наукометричних базах і системах Scopus, Google Scholar, 2 патенти України на корисну модель і 23 праці – тези доповідей в збірниках матеріалів Міжнародних конференцій.

Особистий внесок здобувача щодо публікацій, написаних у співавторстві відзначено в дисертації та авторефераті.

Указані публікації, в цілому, відображають основний зміст дисертації, об'єм і характер проведених теоретичних і практичних досліджень. Результати досліджень, які отримані під час виконання кандидатської дисертації в представленій докторській дисертації не використовуються.

Аналіз друкованих праць дає підставу вважати, що наукові положення, висновки та рекомендації, які викладено в дисертаційній роботі, повністю висвітлено в наукових працях.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації й достатньо повно відбиває основні наукові результати, отримані здобувачем.

### **Рекомендації щодо використання результатів дослідження**

Результати досліджень: технологія та досвід практичного використання можуть бути рекомендовані для використання науковими працівниками, які спеціалізуються в галузі виробництва жаростійких та зносостійких виробів, науково-дослідних організацій та інститутів, технологів ливарних цехів, а також в навчальному процесі під час вивчення дисциплін “Виробництво виливків із сталей”, “Сталеве литво”, “Виробництво виливків із чавунів”, “Кристалізація та властивості чавуну у виливках”.

Ураховуючи безумовну наукову та практичну значимість дисертації Ямшинського М.М., вважаю необхідним рекомендувати результати роботи до подальшого впровадження на підприємствах, пов'язаних з виготовленням насамперед литих виливків відповідального призначення, на металургійних підприємствах, в ливарних цехах, а також в наукових організаціях, які займаються аналогічними проблемами.

## Загальні зауваження щодо змісту дисертації

Однак, не дивлячись на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, є ряд недоліків, по яких можуть бути сформульовані наступні зауваження:

1. У літературному огляді наведено інформацію щодо механічних напружин під час роботи за зміни температур (табл. 1.4), але в подальшому в роботі не використано ці дані і не порівняно між собою.

У подальшому в роботі не пояснюється вплив різноманітних схем руйнування захисних шарів на утворення захисного шару на виробках.

2. стор. 71-72 автор розглядає види зношування чавунів із посиланням на твердість абразиву, але не наводить компоненти шлаку та їх твердість, що утруднює порівняння результатів.

3. п. 2.5, рис. 2.2.-2.3 автор розглядає механічні властивості за різних температур, але різниця 50 °С між торцями й відсутнє пояснення, яким чином устанавлюється рівновага температур по висоті зразка.

4. стор. 117 під час наведення методики рентгенографічного аналізу було б доцільним навести параметри випромінювання обладнання.

5. Загальним зауваженням до «Методики дослідження» можна вважати відсутність планування експерименту або пояснень вибору матеріалів

6. стор. 124 «додавання алюмінію зменшує загальний вміст газів...» автор не наводить кількісні характеристики вмісту газів до та після введення алюмінію, вважаю, що необхідно надати додаткові пояснення.

7. Номограма на рис. 3.28 має велику цінність (вплив температури заливання із вмістом хрому та алюмінію на плівкоутворення), автору доцільно більше приділити уваги до пояснення цих результатів.

8. рис. 3.34 та по тексту автором застосовує поняття «церієва поруватість» без пояснень такого терміну.

9. рис. 4.9, 4.10 і 4.30 на мою думку було б доцільним пояснити через механізм утворення оксидних плівок або ув'язати із відомими теоріями окиснення.

10. Визначення окалиностійкості автор здійснював тільки в двох газових середовищах  $H_2O$  та  $CO_2$ , не зрозумілим є вибір таких складів та їх кількісне співвідношення.

11. стор. 259, під час визначення вмісту хрому для терmostійкості автор посилається на відомі емпіричні рівняння, але свої результати не наводить у порівнянні із розрахунковими. Було б доцільним викласти рівняння й для вмісту

алюмінію.

12. п. 5.3 – дослідження процесів деформації автору необхідно було брати до уваги результати визначення пластичності на процес пресування та кування, щоб розширити межі використання сплавів

13. По тексту роботи автор посиляється на твердість матеріалу через труднощі із механічним обробленням, слід було зазначити можливість та режими механічного оброблення запропонованих нових ливарних сплавів, що будуть працювати в екстремальних умовах;

14. На мою думку економічну ефективність рекомендованих сталей треба навести у відсотковому еквіваленті.

15. Занадто велика кількість додатків на технологічні інструкції та відомі матеріали – достатньо було б звичайних посилань.

Деякі з наведених зауважень носять рекомендаційний характер для використання в подальшій роботі й не мають принципового значення для загальної позитивної оцінки розглянутої дисертаційної роботи.

### **Загальні висновки**

У цілому дисертаційна робота Ямшинського Михайла Михайловича «Жаростійкі та зносостійкі ливарні сплави на основі заліза для роботи в екстремальних умовах» за своїм змістом та напрямом досліджень, становить собою самостійну завершену наукову працю та відповідає паспорту спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Указані зауваження не мають вирішального значення щодо формулювання наукової новизни та практичної цінності роботи й не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи Ямшинського М.М.

Дисертаційна робота містить раніше не захищені наукові положення і одержані автором нові науково обґрунтовані результати з теорії та практики ливарного виробництва, які в сукупності вирішують важливу науково-прикладну задачу підвищення якості литих виробів для теплоенергетики, металургії, хімічної та гірничодобувної галузей тощо.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка надає нове рішення науково-технічної задачі обґрунтування та удосконалення технології виготовлення литих жаростійких та зносостійких виробів.

Дисертація містить науково обґрунтований великий та якісний експериментальний матеріал і, також, достовірні, суттєві та чітко

сформульовані висновки, які в сукупності можуть бути охарактеризовані як успішне вирішення наукової й практичної ливарної проблеми з розробленням наукових основ перспективних технологій одержання нових ливарних сплавів для виробництва виливків спеціального призначення.

Дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, 11, 13 Постанови Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р., № 567 «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а також нормативним документам ДАК України щодо докторських дисертацій, а здобувач, Ямшинський Михайло Михайлович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – ливарне виробництво.

Офіційний опонент,  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри «Машини і технологія  
ливарного виробництва»  
Національного університету  
«Запорізька політехніка»

Луньов В.В.