

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

ЯМШИНСЬКОГО МИХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧА

на тему «**ЖАРОСТІЙКІ ТА ЗНОСОСТІЙКІ ЛИВАРНІ СПЛАВИ**

НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА ДЛЯ РОБОТИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ»,

поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.16.04 – Ливарне виробництво

Актуальність теми дисертації та відповідність спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Лиття в наші дні стійко зберігає своє значення як найбільш дешевий і ефективний спосіб отримання деталей і заготовок в енергетичній галузі, машинобудуванні, металургії, будівельній індустрії, сільськогосподарському машинобудуванні, при виробництві автомобілів, тепловозів, прокатних станів, літаків і космічних кораблів. Тому актуальною є проблема виготовлення жаростійких деталей з литих сплавів в замін листового або круглого прокату хромонікелевих сталей 10X18N9T, 15X23N18, 18X25N19C, 25X25N19C2. Крім того, необхідно вирішити можливість заміни дорогого нікелю більш дешевими хімічними елементами, розробити та впровадити нові ливарні сплави та технологію їх лиття. Причому, експлуатаційні характеристики деталей, що працюють при екстремально високих температурах, повинні мати високі службові фізико-механічні характеристики і відповідати або перевищувати світові аналоги.

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

Таким чином, дисертаційна робота Ямшинського М.М. є актуальною і в повній мірі відповідає спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Ступінь обґрунтованості, повнота і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Аналіз змісту дисертації та її автореферату показав, що наукові положення, висновки і рекомендації, що викладені в роботі, цілком обґрунтовані на підставі глибокого вивчення автором літературних джерел, патентно-ліцензійної літератури, результатів власних теоретичних і практичних досліджень і розрахунків. У роботі використані стандартні, сучасні аналітичні та експериментальні методи досліджень: оптична

мікроскопія, кількісна металографія, рентгеноструктурний, рентгеноспектральний, термодинамічний, металографічний, структурно-фазовий та хімічний аналізи; випробування на механічні властивості.

У першому розділі досить повно проаналізовано науково-технічну літературу за темою дисертації, визначено існуючі технологічні процеси для отримання виливків, які працюють в умовах високих температур та агресивних середовищ. Розглянуто умови експлуатації виливків, технологічні особливості та переваги різних видів сплавів. Автор встановив, що перспективними можуть бути нові білі зносостійкі чавуни з високим вмістом хрому та марганцю, але тільки після визначення оптимальних режимів їх термічного оброблення, оскільки останні процеси є досить проблемними для підприємств, які виготовляють зносостійкі деталі різних маси, габаритних розмірів і призначення.

У другому розділі наведено використані методики досліджень, матеріали, обладнання та оброблення експериментальних даних. Проведення плавок різних видів сплавів та аналіз отриманих результатів виконано з дотримання всіх вимог до методики металургійного процесу. Досить повно наведено методики дослідження ливарних, механічних і спеціальних властивостей сплавів на основі заліза, описано матеріали та використовуване устаткування.

У третьому розділі наведено результати дослідження технологічних властивостей ливарних жаростійких сталей для роботи в екстремальних умовах, визначено оптимальне співвідношення основних хімічних елементів, які забезпечують задовільні ливарні і необхідні фізико-механічні властивості сплавів, а також високі експлуатаційні характеристики виливків.

Встановлено основні ливарні властивості жаростійких сталей - рідкоплинність і лінійна усадка залежно від вмісту в них хрому, алюмінію, вуглецю; вплив титану, ітрію, РЗМ, кальцію на мікроструктуру, густину зразків металу, раціональну кількість легувальних елементів для різних видів виливків та умов їх експлуатації.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень окалиностійкості жаростійких сталей залежно від вмісту в них хрому та алюмінію, рекомендовано мінімальну межу вмісту хрому в жаростійких сталях та оптимальний вміст у цих сталях алюмінію для виготовлення литтям середніх і великих жаростійких деталей простої конфігурації для роботи за температурою до 1100...1150 °С. Також встановлено хімічний склад сталей для виливків, що працюють при температурі 1200...1250 °С.

Досліджено окалиностійкість хромистої сталі 30Х30Л залежно від вмісту алюмінію в різних агресивних середовищах: перегріте повітря; перегріте повітря + 45% Н₂О; перегріте повітря + 45% СО₂. Встановлено основні етапи окислення зразків металу протягом 500 годин та зміну хімічного складу захисної плівки залежно від послідовності її утворення на зовнішньому шарі плівки, в середньому і внутрішньому шарі виливку. На підставі результатів досліджень окалиностійкості середньовуглецевих

жаростійких сталей з високим вмістом хрому побудовано номограми для визначення в сплавах оптимального вмісту хрому та алюмінію залежно від температури експлуатації литих виробів в перегрітому повітрі. Ці ж номограми можливо використовувати для визначення основних хімічних елементів для сталей, що працюють в перегрітому повітрі, яке вміщує до 45% водяної пари або до 45% вуглекислого газу при температурі 1100 °С, 1200 °С і 1300 °С.

Аналогічні дослідження виконані автором для сталі 30X30Ю2Л за різних температур залежно від вмісту титану та наведено вплив РЗМ, ітрію, церію на рекомендовані для впровадження сталі 30X25Ю3ТЛ і 30X30Ю2ТЛ.

У п'ятому розділі викладено результати досліджень механічних властивостей ливарних хромоалюмінієвих сталей за високих температур, їх термостійкості та ростостійкості. Встановлено вплив вмісту вуглецю та хрому на міцність та твердість різних марок жаростійких сталей за кімнатної температури, при температурі до 1150 °С, а також вплив титану, кальцію, ітрію на тимчасовий опір розриванню та відносне подовження. Представлено механізм впливу титану на властивості хромоалюмінієвої сталі і мікроструктуру, що дозволило автору встановити раціональний вміст титану у сталях. Значний інтерес представляє термоциклічне випробування різних марок сталей, подальший аналіз зміни мікроструктури, встановлення стадій, які характеризують розвиток руйнування зразків жаростійкої сталі. Автор встановив, що "термостійкість сплаву є функцією всього комплексу властивостей: механічних, фізичних, фізико-хімічних і технологічних. Для досягнення високої термостійкості сталей з високим вмістом хрому та алюмінію необхідно брати до уваги усі фактори, в тому числі дотримуватися правил проектування та розроблення технології виготовлення жаростійкого виливка".

У шостому розділі наведено результати створення нових зносостійких сплавів з високим вмістом хрому для роботи в умовах інтенсивного абразивного та гідроабразивного зносу. Встановлено вплив вмісту хрому на твердість і відносну зносостійкість у порівнянні з чавуном 280X28H2, а також вплив марганцю у діапазоні 2,1 - 11,9% на твердість і зносостійкість високохромистого чавуну. За результатами досліджень ливарних, механічних та експлуатаційних властивостей автор запропонував базовий хромомарганцевий чавун з вмістом 18...20% хрому та 3,5...4,5% марганцю, якому надав позначення 290X19Г4. Рекомендовано введення у розплав додаткових хімічних елементів титану, ванадію, сурми, бору, РЗМ, які забезпечують задовільні ливарні властивості та високі експлуатаційні характеристики виливків. Досліджено різні режими відпалу та гартування, твердість і структуру зразків хромомарганцевих чавунів та запропоновані найбільш раціональні.

У сьомому розділі викладено програму розрахунку шихти за допомогою регресійних рівнянь для сплавів такого класу, прогнозування якості розплавів за результатами першого хімічного аналізу, структури і властивостей металу у виливках та комп'ютерного розраховування шихти

для виготовлення жаростійких сталей, які працюють у різних умовах експлуатації.

У восьмому розділі представлено технологічні можливості виробництва жаростійких литих деталей різних маси, габаритних розмірів і товщини стінок із хромоалюмінієвих сталей та результати апробації розроблених технологій для отримання виливків масою від декількох десятків грамів до сотен кілограмів різної геометрії й з різними товщинами стінок.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Уперше виконано комплексні експериментальні дослідження ливарних, механічних і спеціальних властивостей жаростійких і зносостійких сплавів на основі заліза в широкому діапазоні концентрацій хрому, марганцю, алюмінію, вуглецю, титану, рідкісноземельних металів та інших хімічних елементів. Одержані результати суттєво доповнили відомості щодо властивостей жаростійких і зносостійких сплавів з високим вмістом хрому. За результатами досліджень створено нові ливарні сплави для роботи в екстремальних умовах: для роботи за високих температур та агресивних середовищ – середньовуглецеві хромоалюмінієві сталі хімічного складу, % мас.: C = 0,25...0,35; Cr = 25...32; Al = 1,2...3,2; Ti = 0,25...0,50; Si < 1,0; Mn < 0,8; P < 0,025; S < 0,025; для роботи в умовах інтенсивного зносу – безнікелеві високозносостійкі хромомарганцеві чавуни хімічного складу, % мас.: 2,8...3,2 C; 18,0...20,0 Cr; 3,5...4,5 Mn; 0,6...0,8 Si; P < 0,05; S < 0,05. Нові сплави мають високий рівень технологічних властивостей та експлуатаційних характеристик, які забезпечують ефективну та довготривалу роботу устаткування за високих температур й агресивних середовищ (до 1300 °C) та інтенсивного гідроабразивного зносу. Працездатність жаростійких деталей у 2...3 рази вища, а зносостійких – в 1,25...1,50 рази вища, ніж використовуваних у промисловості в теперішній час.

2. Уперше у жаростійких сплавах вдосконалені критерії співвідношення основних інгредієнтів $[\%Cr]/[\%Al] = 6...10$ для досягнення високих технологічних властивостей і надійної експлуатації виробів в екстремальних умовах. Вміст вуглецю в усіх сплавах повинен дорівнювати 0,25...0,35%, титану – 0,25...0,50%.

3. Уперше отримано нові експериментальні результати що до використання процесів мікролегування та модифікування хромоалюмінієвих сплавів: PЗМ у кількості 0,15...0,25% (за присадкою), ітрієм 0,20...0,40% або кальцієм до 0,10%, 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%. Для досягнення максимальної твердості металу та зносостійкості виробів із таких чавунів їх необхідно гартувати на повітрі з температур 900...950 °C.

4. Уперше виконано комплексні експериментальні дослідження окалинотійкості виливків із високохромистих жаростійких сталей з 25...30% Cr в агресивних середовищах за температурою до 1000...1050,

1100, 1200. до 1300 °С. Для визначення в таких сталях оптимального вмісту хрому, алюмінію, вуглецю та титану залежно від умов експлуатації виготовлених із них виробів побудовано відповідні номограми.

5. Уперше експериментально встановлено, що в умовах змінних температур до 1200 °С для максимальної термостійкості деталей сталі повинні вміщувати 25,0...32,0% хрому та 1,0...1,5% алюмінію. Для виробів, які працюють в тих же умовах за температур, вищих 1200 °С, вміст алюмінію в сталях має знаходитися в межах 2,0...3,5%.

6. Уперше експериментальне порівняння окалиностійкості, ростостійкості і фізико-механічних властивостей середньовуглецевої хромоалюмінієвої сталі феритного класу з хромонікелевими сталями за температур експлуатації понад 1100 °С дозволило встановити доцільність заміни дорогих хромонікелевих сталей більш дешевими хромоалюмінієвими для виготовлення литих деталей, які працюють в умовах високих температур та агресивних середовищ без зовнішніх навантажень.

7. Уперше експериментально доказано можливість розширення галузей використання жаростійкої продукції із розроблених хромоалюмінієвих сталей виготовленням їх термомеханічним обробленням заготовок, визначено температурний інтервал термомеханічного оброблення литих заготовок: для процесу пресування температура 1050...1100 °С, для кування – 850...1000 °С.

8. Уперше створено банк даних, який охоплює відомості понад 600 марок сплавів на основі заліза, феросплавів, сталевого і чавунного брухту для введення в розроблене програмне забезпечення розрахунку шихти при виплавлянні сплавів з високим вмістом хрому, прогнозування якості розплаву, що знаходиться в плавильному агрегаті, за результатами першого хімічного аналізу, температурами його перегрівання в плавильному агрегаті й заливання в ливарні форми.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується практичним значенням результатів, які отримані в дисертаційній роботі.

Практичне значення отриманих результатів обумовлено розробленою технологією виготовлення виробів з жаростійких та зносостійких ливарних сплавів на основі заліза для роботи в екстремальних умовах з підвищеними фізико-механічними властивостями, впровадженням, патентами України, що забезпечить зменшення використання нікелю і підвищення експлуатаційної стійкості роботи агрегатів.

Повнота викладення основних результатів дисертаційної роботи в наукових публікаціях.

Основні результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на Міжнародних конференціях. Матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 52 друкованих працях, 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 та 13 праць – тези доповідей в збірниках матеріалів міжнародних конференцій. Публікації не вміщують матеріалів кандидатської дисертації здобувача. Публікації в достатній мірі відображають основні положення дисертації. Автореферат дисертації містить всю необхідну інформацію для оцінки дисертації, цілком ідентичний роботі, включає основні наукові положення, висновки і рекомендації, які приведені у дисертації.

Рекомендації по використанню результатів дисертації

Отримані в дисертації результати досліджень можуть бути використані для ливарних процесів отримання виливків, які працюють в екстремальних умовах високих температур та агресивних середовищ. Це деталі паливоспалювальних пристроїв котлоагрегатів ТЕС України: насадки пальників, мазутні форсунки, наконечники газових пальників, шипи для ошиповування теплових екранів; а також деталі устаткування систем гідрозоловидалення ТЕС: корпуси, колеса й диски багерних насосів, які виготовляють із нетехнологічних хромонікелевих чавунів типу 290X28H2 литтям, і шнеки шламових транспортерів.

Основні зауваження до дисертації

1. Наукова новизна у дисертації безсумнівно є, однак формулювання положень не досить чітке. Тому пропоную вченій раді розглянути, як варіант, мою редакцію окремих пунктів наукової новизни при затвердженні висновків.

2. У пункті 2 наукової новизни та тексті дисертації наведено: «...заливання форм необхідно здійснювати за температур 1620...1650 °С». Для реалізації запропонованих температурних режимів випуск розплаву з печі необхідно виконувати з урахуванням втрати тепла при виливанні з печі у ківш, тобто при температурах $\approx 1670...1700$ °С. Але перегріти розплав до таких високих температур у більшості ливарних цехах неможливо.

3. Також у пункті 2 наукової новизни вказано «Враховуючи високу схильність сталей до інтенсивного плівкоутворення, під час виготовлення великогабаритних тонкостінних виробів або виливків складної геометрії...» - Але зв'язок температури заливання з інтенсивністю плівкоутворення в дисертації однозначно не показаний.

4. У другому пункті практичної цінності вказано: «...розробити методологію прогнозування якості...» та «Методологія суттєво прискорює

вирішення технологічних питань...». Але в дисертації чітко не наведено в чому полягає ця методологія.

5. Вплив титану на властивості сплавів, які досліджував автор на стор. 137, 138, 141-142, наведено про «... розкиснювальну здатність титану у сплаві з 1,5 % алюмінію»; «Подальше підвищення вмісту титану знижує рідкоплинність сталей.. »; «Додавання в сталь невеликої кількості титану (до 0,15%) призводить до підвищення густини сталі (рис. 3.19) через високу розкиснювальну здатність титану, подрібнення первинного зерна та гомогенізацію структури.». Але 1,5 % алюмінію також розкислює розплав, не зрозуміло сумісний вплив алюмінію і титану. Крім того, визиває сумнів, що «подрібнення зерна та гомогенізація структури» можуть змінювати густину розплаву.

6. У розділі 3 на стор. 153 теза «...утворення великої кількості карбонітридів, які є додатковими центрами кристалізації й подрібнюють первинне зерно, та дисперсного тверднення металу» потребує доведення.

7. У розділі 4 стор. 195-196: «Порівнянням термодинамічних властивостей хімічних елементів встановлено, що найперспективнішим для цього хімічним елементом є титан. Він утворює міцний і дуже тугоплавкий карбід TiC». Але не вказано які термодинамічні дані дали змогу назвати титан «найперспективнішим», не сполуки ванадію, ніобію, молібдену, вольфраму та ін.

8. У розділі 5 стор 244 та 245 наведено пояснення до рис. 5.6, де вказано, що зменшення тимчасового опору розриву після 20 годин витримування виробу при підвищеній температурі пояснюється зростанням зерна, але експериментальне підтвердження відсутнє.

9. У розділі 6 на стор. 286, 289 автор проводить розкислення чавуну алюмінієм, але вуглець досить ефективний елемент для видалення кисню, а зміна характеристик чавуну розкисленням його ванадієм не можна пояснювати.

Значна кількість зауважень обумовлена великим обсягом виконаних досліджень. Однак наведені зауваження не знижують теоретичну та практичну цінність роботи, не ставлять під сумнів достовірність матеріалів дисертації.

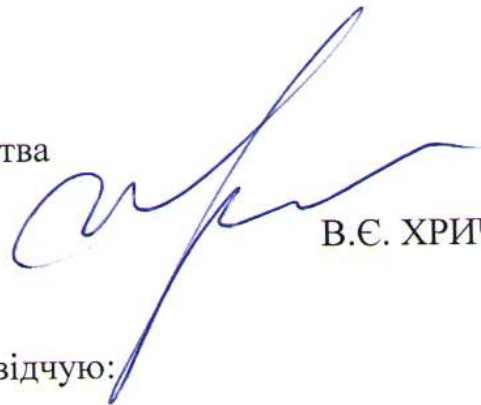
Висновки щодо відповідності дисертації вимогам Міністерства освіти та науки України

В дисертації ЯМШИНСЬКОГО МИХАЙЛО МИХАЙЛОВИЧА на тему «ЖАРОСТІЙКІ ТА ЗНОСОСТІЙКІ ЛИВАРНІ СПЛАВИ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА ДЛЯ РОБОТИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ» вирішена

актуальна науково-технічна проблема, яка полягає в створенні наукових і технологічних основ розроблення нових жаростійких і зносостійких сплавів для роботи в екстремальних умовах, процесів виготовлення із них виливків відповідального призначення та прогнозування якості розплавів і структури та властивостей металу у виливках.

Вважаю, що рецензована дисертаційна робота за своєю вагомістю, новизною наукових результатів, їх практичним значенням, кількістю та обсягом публікацій відповідає вимогам п.п. 9; 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» щодо докторських дисертацій, а автор дисертаційної роботи – 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 ливарного виробництва
Національної металургійної
академії України



В.Є. ХРИЧКОВ

Підпис д.т.н. Хричкова В.Є. засвідчую:

