

ВІДГУК

офіційного опонента Пономаренко Ольги Іванівни на дисертаційну роботу Ямшинського Михайла Михайловича “Жаростійкі та зносостійкі ливарні сплави на основі заліза для роботи в екстремальних умовах” на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – ливарне виробництво

Актуальність теми дисертації та відповідність роботи спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво

Ливарне виробництво – галузь науки і техніки, яка займається рішенням питань по забезпеченню промисловості заготовками у вигляді виливків високої якості. У першу чергу це стосується литих виробів із сплавів зі спеціальними властивостями, представниками яких є жаростійкі та зносостійкі деталі паливоспалювальних пристроїв котлоагрегатів ТЕС України.

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

Температурний режим роботи насадок і газових сопел пристроїв котлоагрегатів ТЕС є основним чинником, що визначає вимоги до жаростійкого матеріалу, з якого їх можна виготовляти. Установлено, що під час роботи пальників на газі температура їх нагрівання досягає 1200...1250 °С. За таких температур жаростійкі деталі із хромонікелевих сталей, які в теперішній час використовують для їх виготовлення швидко згорають. 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.

Отже розроблення та впровадження технологій виробництва

жаростійких деталей із нових ливарних сплавів без нікелю з високими технологічними та експлуатаційними характеристиками, для роботи в екстремальних умовах, є актуальним завданням сьогодення.

Інтенсивний гідроабразивний знос литих деталей устаткування систем гідрозоловидалення ТЕС наносить значну шкоду господарству, а витрати на заміну таких деталей обчислюються сотнями тисяч гривень за рік.

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 й мають бути недорогими й недефіцитними. Велике практичне значення має можливість суттєво підвищити роботоздатність устаткування ТЕС і його коефіцієнт корисної дії.

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 мікрولةгування 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.

Актуальність роботи підтверджується держбюджетними роботами, за якими виконувалась дисертаційна робота: №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».

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

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;

– 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).

– створено оригінальні методики досліджень спеціальних властивостей за високих температур та визначення гідроабразивної зносостійкості;

– оброблення даних з дослідно-експериментальної частини та побудова графіків отриманих результатів досліджень, здійснювалось з використанням комп'ютерних програм;

– наведено якісне узагальнення результатів досліджень і формулювання отриманих висновків.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується:

– коректною постановкою завдань теоретичних та експериментальних досліджень;

– системною логікою аналізу досліджуваних процесів;

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

– наукова новизна отриманих результатів визначається одержаними експериментальними даними та встановленими закономірностями;

– системним підходом до досліджуваної проблеми через аналіз не тільки технологічних, але й економічних показників;

– наявністю лабораторних актів апробації.

Зазначене свідчить про достовірність результатів, наведених у дисертації Ямшинського М.М.

До основних наукових результатів дисертації слід віднести наступне

1. Уперше виконано комплексні 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.

Результати досліджень дали змогу створити 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 матеріали забезпечують ефективну роботу устаткування у 1,5...3,0 рази вище використовуваних у промисловості сплавів у теперішній час.

2. Уперше встановлено оптимальне відношення $[\%Cr] / [\%Al] = 6...10$ в жаростійких сталях, що забезпечує високі технологічні властивості сталей і експлантаційні характеристики виробів в екстремальних умовах.

Наведені відомості дають змогу корегування технології виготовлення великогабаритних тонкостінних виробів або виливків складної геометрії.

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.

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 окалиностійкість 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. Установлено, що за температур експлуатації понад 1100 °С середньовуглецеві хромоалюмінієві сталі феритного класу мають набагато вищі окалинотійкість і ростотійкість, ніж хромонікелеві сталі аустенітного класу, хоча міцність і пластичність останніх дещо вищі в порівнянні з хромоалюмінієвими сталями.

Цими результатами ще раз підтверджено доцільність заміни дорогих хромонікелевих сталей дешевими хромоалюмінієвими для виготовлення жаростійких литих деталей, які працюють в умовах високих температур та агресивних середовищ без зовнішніх навантажень.

6. Уперше досліджено можливості й доказано перспективність розширення галузей використання рекомендованих хромоалюмінієвих сталей для виготовлення жаростійкої продукції використанням термомеханічного оброблення заготовок.

Ці результати розширюють теоретичні відомості щодо використання термомеханічного оброблення литих заготовок із сталей феритного класу для здійснення процесів пресування або кування.

7. Уперше створено банк даних, який охоплює відомості понад 600 марок сплавів на основі заліза, у тому числі і створені автором сталі, всі існуючі феросплави та марки сталевого й чавунного брухту. Це дало змогу розробити й апробувати в лабораторії промислового типу програмне забезпечення розрахунку шихти для виплавляння сплавів з високим вмістом хрому та прогнозування якості розплаву, що знаходиться ще 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.

Практичне значення результатів роботи

Результати виконаних досліджень дали можливість:

– створити нові високоефективні сплави на основі заліза з високим вмістом хрому: для роботи за високих температур в умовах агресивних середовищ – середньовуглецеві хромоалюмінієві сталі хімічного складу, % мас.:
 $C = 0,25 \dots 0,35$; $Cr = 25 \dots 32$; $Al = 1,2 \dots 3,2$; $Ti = 0,25 \dots 0,50$; $Si < 1,0$; $Mn < 0,8$; $P < 0,025$; $S < 0,025$; для роботи в умовах інтенсивного зносу – безнікелеві високозносостійкі хромомарганцеві чавуни хімічного складу, % мас.:
 $C = 2,8 \dots 3,2$; $Cr = 18,0 \dots 20,0$; $Mn = 3,5 \dots 4,5$; $Si = 0,6 \dots 0,8$; $P < 0,05$; $S < 0,05$ та установити доцільність додаткового оброблення цих сплавів РЗМ, ітрієм, кальцієм, ванадієм, сурмою та бором або комплексами цих елементів з метою покращання властивостей металу у виливках.

Працездатність жаростійких деталей у 2...3 рази вища, а зносостійких – в 1,25...1,50 вища використуваних сплавів у промисловості в теперішній час;

– створити на підставі результатів виконаних досліджень і даних нормативних документів банк даних для високолегованих сплавів і розробити методологію прогнозування якості розплавів за результатами першого хімічного аналізу й температури перегрівання металу в плавильному агрегаті без використання спеціальних методик для визначення ливарних властивостей розплаву та структури й механічних властивостей металу у виливках. Методологія суттєво прискорює вирішення технологічних питань, пов'язаних із виготовленням високоякісних литих деталей із спеціальних сплавів;

– розробити методику та програмне забезпечення комп'ютерного розраховування шихти для виплавляння сплавів з високим вмістом хрому, що сприяє удосконаленню технологічного процесу плавлення сплавів та апробувати програмне забезпечення в лабораторних і промислових умовах й підтвердити ефективність його використання;

– дослідити можливості термомеханічного оброблення створених жаростійких хромоалюмінієвих сталей, розробити технології й визначити

параметри процесів і доцільність їх застосування для виробництва жаростійкої продукції пресуванням або куванням з метою розширення галузей їх використання.

– розробити технологічні процеси виплавляння нових жаростійких і зносостійких сплавів в індукційних і дугових печах з різними футеровками й виготовлення дрібних і великогабаритних тонкостінних виливків із цих сплавів литтям у разові об'ємні піщано-глинясті форми та спеціальними способами лиття: в оболонкові та металеві форми, за моделями, що витоплюються або газифікуються й відцентровим литтям. Із сплавів можна виготовляти виливки масою від декількох десятків грамів до декількох сотень кілограмів різної геометрії й з різними товщинами стінок.

– розробити та апробувати промислові варіанти технологічних інструкцій на виплавляння сплавів у дугових та індукційних печах.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні наукові положення та результати, що представлені в дисертації, пройшли апробацію на конференціях: І9-я Международная научно-техническая конференция «Новые материалы и технологии в машиностроении», 2009, (Росія, м. Брянськ); Международные научно-практические конференции «Литье. Металлургия», (Україна, м. Запоріжжя, 2008, 2009, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017); Международные конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», (Болгарія, м. Варна, 2009, 2010); Международные научно-технические конференции «Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве», (Україна, м. Краматорськ, 2011, 2013, 2015, 2017); Міжнародні науково-технічні конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні», (Україна, м. Київ, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017); Міжнародні науково-технічні конференції «Матеріали для роботи в екстремальних умовах», (Україна, м. Київ, 2010, 2011, 2015, 2016, 2017); Международная научно-практическая конференция-выставка «Литейное производство: технологии, материалы, оборудование, экономика и

экология», 2011 (Україна, м. Київ); ІІnd International Scientific and Practical Conference "Science and Education - Our Future, 2015, (Ajman, UAE)

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.

Їх аналіз дає підставу вважати, що наукові положення, висновки та рекомендації, які отримані 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”.

За матеріалами дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. Вважаю, що в огляді науково-технічної літератури (розділ 1.1) необов'язково було приводити рисунок загального вигляду паливоспалювального пристрою котлоагрегату Трипільської ТЕС та схему паливоспалювального пристрою котлоагрегату.

2. В роботі є деякі різночитання у формулюваннях мети, наукової новизни в дисертаційній роботі і в авторефераті. Наприклад:

Мета в дисертації (стор. 26): «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.»

Мета в авторефераті (стор.2): «Метою роботи є розробка технології одержання нових жаростійких і зносостійких сплавів та процесів виготовлення із них виливків відповідального призначення для роботи в екстремальних умовах.»

3. стор.55 автор використовує поняття «вторинне окиснення», якому не надає пояснень. Тобто можливе первинне, вторинне, третинне тощо.

4. стор. 58...60 автор розглядає фізичні властивості металів і особливо карбідів, але в подальшому це не пов'язує в експериментальній частині.

5. п. 2.6 автором розглядається термостійкість та визначення електричного опору зразків, але методику та прилад для визначення електричного опору не наводить.

6.Автор у дисертаційній роботі необґрунтовано використовує термін «оптимізація» (дивись розділ 6.3; висновок 2 розділу 4, стор. 231).

7. п. 3.1 дисертантом розглянуто вміст хрому до 35%, на жаль, при вмісті хрому 28...30% ймовірні утворення сигма-фази, проте автором не пояснюється це явище і за рахунок чого запобігаються такі утворення.

8.Автор у своїх дослідженнях ливарних і механічних властивостей (розділ 3) констатує, що найкращі властивості мають сплави з 2% Al, однак не пояснює, чому так різко змінюються характеристики сплаву при підвищенні його змісту.

9. Висновки до 5 розділу п.2.: в роботі відсутні дані, які підтверджують що міцність хромоалюмінієвої сталі вища за міцність хромонікелевої сталі за високих температур.

10. стор. 278...280 автор досліджує вміст хрому 4...32%, але не пояснюється і не обґрунтовується вибір хрому менше 10%.

11. Вважаю, що методологія прогнозування якості розплавів, структур та властивостей металу у виливках (розділ 7) повинна бути прописана більш чітко, в якій буде представлений аналіз наукового дослідження та перелік етапів дослідження. З тексту методології неясно, яким чином прогнозується структура металу.

12. Автором в роботі були одержані лінійні рівняння 1 порядку для визначення властивостей жаростійких сталей за їх хімічним складом (розділ 7). Однак їх використовувати недоцільно, оскільки перший коефіцієнт в рівняннях не може бути від'ємним. У роботі нема доказу адекватності розроблених моделей.

13.3 роботи (розділ 7) неясно, в якій частині програми по визначенню властивостей сталі використовувався метод імітаційного моделювання. Крім того, імітаційний метод не є методом перебору.

14. Необхідно відзначити великий осяг додатків, який можна було б скоротити.

15. У дисертаційній роботі нема пояснень, чому економічну ефективність рекомендованих сталей порівнювали з розрахунком собівартості 1 т. рідких сталей 25X25H19C2Л та 15X23H18Л.

Наведені зауваження в цілому не знижують цінності розглянутої дисертаційної роботи. Дисертація відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів МОН України.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Ямшинського Михайла Михайловича «Жаростійкі та зносостійкі ливарні сплави на основі заліза для роботи в екстремальних умовах» за своїм змістом та напрямом досліджень відповідає паспорту спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка надає нове

рішення науково-технічної задачі обґрунтування та удосконалення технології виготовлення литих жаростійких та зносостійких виробів.

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 галузі тощо.

Дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, 10, 12 Постанови Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р., № 567 «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів», 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,
професор кафедри «Ливарне виробництво»
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»
доктор технічних наук, професор

О.І. Пономаренко