

До Спеціалізованої Вченої ради
Д 26.207.03 Інституту проблем матеріалознавства
ім. І.М.Францевича НАН України

ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Волощенко Сергія Михайловича “Створення наукових засад
структурування в високомічному чавуні для підвищення зносостійкості
деталей сільгосптехніки і транспорту”, представленої до захисту на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю

05.02.01 – матеріалознавство

Актуальність теми дисертації.

Вимоги, що пред'являються до металопродукції як внутрішніми, так і зовнішніми користувачами, постійно зростають. Це пов'язано з високими темпами розвитку машинобудування, залізничного транспорту, агропромисловості та інших. Виходячи з необхідності підвищення експлуатаційних характеристик виробів, пріоритетним напрямком науково-технічної діяльності слід вважати використання матеріалів, створених на нових засадах, а також енергозберігаючих та ресурсозберігаючих методів виробництва. Одним з ефективних технологічних способів підвищення рівня механічних властивостей залізобуглецевих сплавів, у тому числі чавунів, є процес модифікування, який дозволяє керувати структурою, фазовим складом, кількістю, складом, морфологією включень. Модифікування - універсальний, технологічно гнучкий та високоефективний метод управління структурою сплаву, що кристалізується. Метою модифікування є підвищення механічних властивостей чавунів та експлуатаційних властивостей виробів з них шляхом забезпечення у структурі необхідної форми графітових включень, їх кількості, розмірів, розподілення, співвідношення фазових складових металевої матриці.

Волощенко С.М. зосередив увагу на створенні основ керованого структуроутворення високомічних чавунів з високими властивостями на основі досліджень та обґрунтування їх отримання з використанням обробки розплавів комплексними модифікаторами, які б забезпечували новий рівень механічних властивостей матеріалу та експлуатаційних властивостей виробів при застосуванні у виробництві елементів сільгосптехніки та транспорту. Сьогодні в Україні і світі є велика проблема, що потребує вирішення, забезпечення високого і прогнозованого ресурсу роботи елементів навісного обладнання землеробних агрегатів, які працюють в умовах значних

статичних та динамічних навантажень, зношування. Перспективним напрямком використання високоміцних чавунів є виготовлення з них колодок гальмівних систем залізничного транспорту. Приймаючи до уваги, що сьогодні використовуються чавунні колодки з сірого легованого фосфором чавуну, впровадження колодок з високоміцних чавунів потребує додаткових досліджень та наукового обґрунтування. Саме тому дане дисертаційне дослідження, спрямоване на вирішення зазначених проблем, безумовно є актуальним.

Оцінка змісту дисертації.

Дисертація має загальний обсяг 290 сторінок, складається з вступу, п'яти розділів, висновків та переліку джерел посилення з 189 найменувань, містить 6 додатків. Основний зміст роботи ретельно і вірно відображений у авторефераті. Дисертація має струнку загальну структуру, логічно побудована і являє собою комплексну роботу, яка містить дослідження від властивостей вихідних компонентів до закономірностей формування структури та властивостей високоміцних чавунів та результати промислових випробувань виробів і впровадження.

У першому розділі дисертації виконаний ґрунтовний аналіз складу перспективних модифікаторів для обробки чавунів, методів їх введення у розплави. Докладно розглянуто вплив компонентів модифікаторів на формування структури, фазового складу чавунів та технологічні властивості розплавів. Проаналізовані способи виготовлення модифікаторів різного складу та структури. Розглянуті основні переваги та недоліки існуючих технологічних методів виготовлення модифікаторів. Аргументовані доводи дали можливість показати перспективність використання багатокомпонентних порошкових модифікаторів у вигляді прокатуваних заготівель.

У другому розділі представлені результати досліджень закономірностей формування комплексних модифікаторів чавунів з порошкових компонентів при пресуванні та прокатуванні. Визначено співвідношення вмісту крихких та пластичних компонентів модифікатору, при якому забезпечується достатня його технологічна міцність у поєднанні з високою модифікувальною дією. Обґрунтовано на основі аналізу результатів досліджень, що вміст пластичної складової у модифікаторі може бути знижений до 30...35%. Зроблено важливий висновок, що при великій кількості пластичної складової у порошковій суміші модифікатора значення міцності спресованого матеріалу відповідають величині границі плинності пластичної складової. Розроблені і обґрунтовані схема та параметри прокатування порошкових сумішей, застосування яких дозволяє отримувати модифікатори з високими технологічними властивостями. Разом з цим слід

звернути увагу на деякі недоліки викладу матеріалу – на рис. 2.4 невірно зазначені одиниці виміру вмісту компоненту у суміші; на стор. 80, 4-й рядок, 83, 2-й рядок наведені невірні посилання на таблиці та рівняння.

Третій розділ роботи дисертації є найбільшим за обсягом і містить результати вивчення складу і властивостей високоміцних бейнітних чавунів, що досліджуються, детально обговорюються процеси формування їх структури і фазового складу. Обґрунтовується широке використання таких чавунів при виготовленні виробів, які експлуатуються в умовах дії значних механічних навантажень та абразивного зношування. Докладно розглянуті механізми зношування бейнітних чавунів та вплив структурного стану на зносостійкість. Зроблено важливий і вірний, на мій погляд, висновок, що при дії ґрунту на елементи сільгосптехніки реалізується абразивний механізм зношування. Виконано ґрунтовні дослідження впливу хімічного складу чавунів на їх мікроструктуру, фазовий склад, механічні властивості. Показано, що сполучення високих значень міцності та зносостійкості чавунів, що досліджуються, досягається при вмісті перліту не менше 50%. Отримані нові цікаві експериментальні результати при дослідженнях термічної обробки чавунів, виготовлених з використанням стандартних та розроблених модифікаторів. Визначена залежність співвідношення структурних складових чавунів від температури та часу витримки при аустенізації. Доведено, що пластична деформація бейнітного чавуну після ізотермічного гартування при температурі 350⁰С обумовлює перетворення 20% залишкового аустеніту на мартенсит, що сприяє збільшенню швидкості зміцнення при стискуванні і зменшенню схильності до тріщиноутворення, особливо у тонкому приповерхневому шарі. Розроблено термочасові режими термічної обробки чавунів, застосування яких дозволяє отримувати вироби з високими експлуатаційними характеристиками. Створені та використані у роботі оригінальні методики дослідження зносу виробів. У якості побажання до викладеного у даному розділі: якщо на рис. 3.3. наведений профіль леза зношеного лемеша, то необхідно було б надати і профіль незношеного леза; бажано було б виконати оптимізацію режимів термічної обробки з використанням відповідного математичного апарату.

Результати досліджень, наведені у четвертому розділі, мають прикладний характер і логічно пов'язані з результатами досліджень у попередніх розділах роботи. Проведені випробування виробів, виготовлених з використанням розроблених модифікаторів та технологічних параметрів обробки високоміцних чавунів. Вивчення динаміки зношування литих виробів проведено у реальних умовах експлуатації у різних ґрунтокліматичних регіонах країни. Визначено ресурс роботи деталей навісного обладнання сільгосптехніки і доведено його збільшення у порівнянні з ресурсом застосованих раніше деталей до 3...7 разів. Базуючись на результатах випробувань запропоновані зміни до конструкції деталей, що

виготовляються, з метою підвищення ефективності їх виробництва та експлуатації. Розроблені технологічні рекомендації до виготовлення чавунних деталей обладнання з використанням створених режимів литва та термічної обробки.

Важливою і, деякою мірою, новою сферою використання високоміцних чавунів можна вважати гальмівні системи залізничного транспорту. Останній розділ дисертації присвячений дослідженням, спрямованим на удосконалення складу та методу виготовлення модифікаторів високоміцних чавунів для використання у гальмівних колодках, впливу обробки модифікаторами на усадкові ефекти у відливках. Установлено, що модифікування комплексними модифікаторами, що містять кальцій, сприяє утворенню структури з найбільш сферичною формою виділень графіту. Застосування таких модифікаторів також обумовлює відсутність усадкових дефектів у чавунних відливках на відміну від модифікаторів, які не містять кальцій та/або мають підвищений вміст рідкоземельних та карбідоутворюючих елементів. З використанням методу диференціального термічного аналізу процесів кристалізації чавунів, розплави яких оброблені різними модифікаторами, доведені суттєві зміни як температурних інтервалів перетворень, так і відносних значень відповідних теплових ефектів. Базуючись на отриманих результатах лабораторних та натурних випробувань розроблені склади модифікаторів високоміцного чавуну, застосування яких дозволяє значно підвищити експлуатаційні характеристики виробів при забезпеченні високих технологічних властивостей чавуну. Як зауваження до викладеного у розділі слід зазначити відсутність стовбця «Основа» у таблиці 5.6, а також друкарські помилки, наприклад «складається з фосфіду заліза (Fe_3C)» (стор. 217).

Наукова новизна результатів.

Серед результатів, які отримані при виконанні досліджень і, безумовно, мають наукову новизну, слід зазначити наступне:

- розроблені матеріалознавчі засади структуроутворення у бейнітному чавуні, застосування яких дозволяє розвивати нові підходи до створення матеріалів з високими прогнозованими та контрольованими механічними, триботехнічними та технологічними властивостями;

- доведено, що пластична деформація бейнітного чавуну після ізотермічного гартування при температурі $350^{\circ}C$ обумовлює перетворення залишкового аустеніту на мартенсит, що сприяє зміцненню чавуну і зменшенню схильності до тріщиноутворення у приповерхневому шарі виробу, що контактує з робочим середовищем;

- визначено співвідношення вмісту крихких та пластичних компонентів комплексних порошкових модифікаторів чавунів, при якому забезпечується достатня його технологічна міцність у поєднанні з високою модифікувальною дією. Обґрунтовано, що вміст пластичної складової у модифікаторі може бути знижений до 30...35%;

- встановлено, що при дії ґрунту на елементи сільгосптехніки реалізується абразивний механізм зношування деталей;

- доведено, що модифікування високоміцного чавуну комплексними модифікаторами, що містять кальцій, сприяє утворенню структури з найбільш сферичною формою виділень графіту і обумовлює відсутність усадкових дефектів у чавунних відливках на відміну від модифікаторів, які не містять кальцій та/або мають підвищений вміст рідкоземельних та карбідоутворюючих елементів;

Новизна результатів вірно відображена у висновках дисертації.

Практична цінність результатів дисертації.

Результати дисертаційного дослідження є важливими і у прикладному плані.

На основі отриманих наукових результатів розроблені склади ефективних багатокомпонентних модифікаторів високоміцних чавунів, а також безвідходні промислові технологічні методи і параметри їх виготовлення прокатуванням. Використання модифікаторів дозволяє отримувати чавуни з високими механічними властивостями та вироби з них з високими експлуатаційними властивостями. Продуктивність методу прокатки забезпечує виготовлення до 6 т модифікаторів на місяць на одному стані з діаметром валків 500 мм. Виготовлено дослідно-промислові партії прокатних КМК (на Броварському заводі порошкової металургії).

Розроблено нову оригінальну методику випробувань зносостійкості зразків, використання якої дозволяє за результатами лабораторних досліджень прогнозувати знос виробів для сільгосптехніки у реальних умовах експлуатації.

Розроблено технологію одержання гальмівних колодок з високоміцного чавуну з високим вмістом фосфору у відкритих формах з мінімальними усадковими дефектами.

За результатами роботи розроблено технологічну документацію: Технічні умови на виробництво модифікаторів, отриманих прокаткою, Технологічну інструкцію на виробництво дослідно-промислових партій литих лемешів, Технологічну інструкцію отримання спеціального високоміцного чавуну для моторвагонного рухомого складу.

Результати роботи пройшли, і це є безумовною позитивною рисою дисертаційного дослідження, широке випробування у реальних умовах.

Випробування чавунних елементів землеобробних агрегатів довели їх високу ефективність – ресурс роботи збільшено у 3...4 рази у порівнянні з такими, що використовувались. Випробування гальмівних колодок, виготовлених з високоміцного чавуну за розробленою технологією, довели їх перевагу перед такими, що використовуються, по величині зносу та ресурсу експлуатації майже у 2 рази.

Результати роботи апробовані і впроваджені на Димерському ООО «Альянсервис», ООО «Амстед-Рейл», ПП «Агроєкологія», заводі «Кузня на Рибальському» («Ленінська Кузня»), у Фастівському моторвагонному депо, що підтверджено відповідними актами.

Новизна технологічних рішень, розроблених у дисертації, підтверджується 4 патентами України та 2 деклараційними патентами.

Достовірність та обґрунтованість результатів.

Використання комплексу сучасних та взаємодоповнюючих методів вивчення структури й властивостей матеріалів, хороша кореляція даних забезпечують високу достовірність отриманих результатів.

Наукові положення, висновки та рекомендації, розвинуті у дисертації, добре обґрунтовані, базуються на глибокому аналізі явищ та процесів, що досліджуються, проведеному на сучасному рівні комплексі експериментальних досліджень та практичною реалізацією результатів роботи.

Висновки, що сформульовані в роботі, не суперечать класичним уявленням щодо формування структури та властивостей залізовуглецевих сплавів.

Зауваження до дисертації.

Відзначаючи хороший рівень роботи, наукове та прикладне значення результатів доцільно зробити деякі зауваження:

- автор зосередив увагу лише на розгляді сфероїдизуючій дії модифікаторів, але не аналізує їх вплив на кількість, розміри та морфологію неметалевих включень, які суттєво впливають на механічні характеристики чавуну;

- у роботі склади модифікаторів, параметри виготовлення та обробки модифікаторів і чавунів обґрунтовуються, але задача оптимізації не вирішується;

- у розділі 2, стор. 62 зазначено, що розмір часток порошоків компонентів модифікаторів «не контролювався, а був в стані постачання», але не вказано, яким документом регламентується постачання;

- при обговоренні результатів досліджень процесів прокатування багатокомпонентних модифікаторів не обґрунтовано, чому кут прокатування «може складати 8...9 градусів»;

- на стор. 204 йдеться про модифікування КМК «каскадної дії», але пояснення цього терміну не наведено;
- відсутність повної «легенди» до рис. 5.16 не дає можливості оцінити наведені результати випробувань зносостійкості;
- враховуючи, що у роботі досліджується переважно сфероїдизуюча дія модифікаторів, краще, на мій погляд, використовувати для їх позначення термін багатоконпоненті, а не комплексні (хоча запропоновані модифікатори мають і комплексну дію);
- слід звернути увагу на необхідність використання більш сучасних джерел інформації;
- при визначенні властивостей матеріалів та параметрів процесів у багатьох випадках використовуються одиниці виміру, які не відповідають системі СІ;
- для кращого сприйняття результатів, що подаються у дисертації, бажано було б збільшити масштаб рисунків (наприклад, рис. 2.4, 2.6).

Але зазначені зауваження не стосуються основних положень, висновків і рекомендацій дисертації, не знижують наукової та практичної цінності виконаної роботи.

Повнота викладу результатів у публікаціях.

За темою дисертації опубліковано 36 робіт, у тому числі 23 статті, з них 6 у зарубіжних виданнях та таких, що індексуються у наукометричній базі Scopus, новизна технічних рішень підтверджена 4 патентами України. На підставі аналізу опублікованих автором робіт, а також виступів його на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях можна з упевненістю сказати, що матеріали дисертації достатньо повно висвітлені у статтях та доповідях, пройшли широку апробацію.

Загальний висновок.

Проведений аналіз змісту і основних положень дисертації С.М.Волощенко показує, що робота являє собою завершене дослідження, в ній отримані нові і достовірні результати, які ефективно вирішують наукову і прикладну проблему створення залізвуглецевих матеріалів і виробів з них широкого функціонального призначення з високими, надійно прогнозованими та керованими механічними та трибологічними властивостями, розширюють та поглиблюють існуючі уявлення в області формування структури та властивостей модифікованих чавунів. Наукові і прикладні результати вказують на можливі шляхи керування властивостями досліджуваних матеріалів, тому необхідне їх подальше використання і розвиток у рамках державних і галузевих наукових та прикладних програм.

Дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство, тому що вона присвячена вдосконаленню існуючих матеріалів високої якості, технологічності, довговічності, у ній досліджуються механічні, технологічні властивості матеріалів, показники споживчих властивостей матеріалів в залежності від їх призначення, явища в об'ємі, робочому шарі і на поверхні деталей.

Враховуючи викладене, вважаю, що дана дисертація є завершеною науковою працею, за своїм обсягом, кількістю та якістю публікацій, науковою та практичною значимістю повністю відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №567 (зі змінами) та Положення про спецраду № 1059 від 14.09.2011 (зі змінами) до докторських дисертацій, має бути оцінена позитивно, а її автор, Волощенко Сергій Михайлович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри технології виробництва
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара



А.Ф.Санін

Підпис проф. Саніна А.Ф. засвідчую.
Проректор з наукової роботи
ДНУ ім. О.Гончара,
д.х.н., професор



С.І.Оковитий