

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Волощенка Сергія Михайловича «Створення наукових засад структуроутворення в високоміцному чавуні для підвищення зносостійкості змінних деталей сільгосптехніки та транспорту», поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство

Актуальність теми дисертації

Високоміцний чавун з кулястим графітом, завдяки оптимальному поєднанню високих ливарних, фізико-механічних і експлуатаційних властивостей, а також економічності виробництва, є прогресивним конструкційним литим матеріалом, який широко застосовується в сучасних машинах та обладнанні замість сталі, ковкого і сірого чавунів, сплавів кольорових металів. Значним засобом підвищення механічних і експлуатаційних показників високоміцного чавуну стали розробка і застосування спеціальної термічної обробки – гартування з ізотермічним перетворенням, т.з. аустемперингу (austempering). Вона дозволяє отримувати специфічну структуру металевої основи, яку, по аналогії зі структурою сталей, довго називали бейнітною, а отриманий таким чином матеріал – бейнітним високоміцним чавуном. За сучасними уявленнями, структура ізотермічного загартованого високоміцного чавуну складається, як правило, з аустеніту та голчастого фериту, і отримала назву «аусферит». За певних умов (при значному збільшенні часу ізотермічної витримки) може також утворюватись бейніт. Такий матеріал добре підходить для виробництва високонавантажених деталей, що працюють в умовах зношування.

Прогресивні аграрні технології ставлять високі вимоги до ґрунтообробної техніки, особливо до її змінних деталей, які зношуються у великій кількості (декілька мільйонів штук за сезон). Підвищення зносостійкості змінних деталей має важливе значення для подальшого розвитку сільського господарства України. Тому тема дисертації, присвяченої вирішенню науково-прикладної проблеми створення матеріалознавчих принципів структуроутворення в бейнітному високоміцному чавуні з кулястим графітом для реалізації механізмів, що підвищують ресурс роботи ґрунтообробної техніки, є актуальною, а її результати важливими для розробки технології масового виробництва змінних деталей (лемешів, лап культиваторів тощо) підвищеної зносостійкості.

Поставлені в роботі мета та завдання, використані під час досліджень методи та теоретичний аналіз, основні наукові положення та висновки повною мірою відповідають спеціальності 05.02.01 – матеріалознавство.

Загальна характеристика роботи

Дисертація представлена у вигляді рукопису, який складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 189 найменувань і 6 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 11,6 авторських аркушів, у тому числі 79 рисунків та 44 таблиці.

У **вступі** обґрунтовано вибір і актуальність проблеми, визначені мета, завдання, об'єкт, предмет і методика досліджень, наукова новизна і практична цінність роботи, представлений особистий вклад здобувача, список публікацій за темою роботи і її апробацію.

У **першому розділі** досить повно проаналізовано сучасний стан в галузі структуроутворення та формуванні механічних властивостей високоміцного чавуну. Відзначено значну роль чавунних виробів у вирішенні триботехнічних проблем. Проаналізовані переваги і недоліки існуючих модифікаторів для отримання високоміцного чавуну. Розглянуто вплив компонентів модифікаторів на формування структури і властивості металу в литому стані. Обґрунтована доцільність створення технологічного процесу виготовлення комплексних модифікаторів з порошкових матеріалів з використанням методів пластичної деформації.

У **другому розділі** розглянуті особливості формування багатокомпонентних систем порошкових модифікаторів методом прокатки. Визначено склад композиційних комплексних модифікаторів. Розроблено раціональні параметри високопродуктивної безвідходної технології виготовлення порошкових модифікаторів у вигляді прокатних смуг, які були використані для отримання високоміцного чавуну.

У **третьому розділі** наведені результати дослідження властивостей високоміцного чавуну в залежності від легування, складу модифікаторів, що відрізняються умовами виготовлення, і видів термічної обробки. Досліджено вплив режимів ізотермічного гартування на закономірності формування механічних, триботехнічних та службових характеристик бейнітного високоміцного чавуну. Встановлено, що пластична деформація зразків, загартованих при 350 °С, веде до розпаду приблизно п'ятої частини залишкового аустеніту з формуванням мартенситу. Тоді як гартування при 310 °С не призводить до розпаду аустеніту при деформації. Показано, що фазове перетворення під час деформації (TRIP-ефект) сприяє значному зростанню механічних та службових характеристик в приповерхневому шарі металу. Встановлено, що товщина зміцненого шару, в якому спостерігається подвійне підвищення твердості, складає ~2 мкм. Для дослідження процесу зношування автором була розроблена оригінальна експериментальна методика оцінки триботехнічних характеристик зразків з бейнітного високоміцного чавуну, яка моделює умови експлуатації деталей ґрунтообробної сільгосптехніки.

У **четвертому розділі** розглянуто технологічні особливості отримання литих зразків лемешів і лап культиваторів різних конструктивних варіантів та проаналізовані результати натурних випробувань. Польові випробування показали, що при використанні розробленої оптимальної термообробки лемеші з бейнітного високоміцного чавуну перевершують стандартні сталеві вітчизняного виробництва по ресурсу роботи в 3-4 рази. Зміни в конструкції носка литого лемеша, які забезпечуються можливостями лиття, дозволяють додатково збільшити ресурс його роботи та відмовитись від необхідності використання спеціальних насадок.

У **п'ятому розділі** розроблено спеціальні високоміцні чавуни для моторвагонних і локомотивних гальмівних колодок, які забезпечили зростання ресурсу експлуатації при випробуваннях в 2,0-2,2 рази, порівняно з серійними колодками із сірого фосфористого чавуну. Розроблений висококремнієвий (3,8-4,5 % Si) феритний високоміцний чавун є термостійким матеріалом, в якому при епізодичному розігріві гальмівних колодок до 600-640 °С не проходить фазове перетворення, характерне для сірого чавуну, при якому розпадається цементит перліту з утворенням графіту і фериту, що різко знижує міцність, твердість і, відповідно, ресурс роботи гальмівних колодок. Визначено основні експлуатаційні характеристики гальмівних колодок із спеціального високоміцного чавуну при різних швидкостях і інтенсивності гальмування. Наведено рекомендації з використання високоміцних чавунів для гальмівних колодок залізничного транспорту.

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

Аналіз змісту дисертації та її автореферату показав, що представлені наукові положення, висновки і рекомендації цілком обґрунтовані глибоким вивченням автором літературних джерел, патентно-ліцензійної літератури, результатами власних теоретичних та практичних досліджень і розрахунків. Достовірність результатів і рекомендацій, сформульованих в дисертації та авторефераті Волощенка Сергія Михайловича, базується на великому масиві експериментальних даних, отриманих з використанням сучасного устаткування і вимірювальної апаратури, стандартних і спеціально розроблених автором методик.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше сформульовано матеріалознавчі принципи підвищення зносостійкості деталей сільгосптехніки з бейнітного високоміцного чавуну шляхом отримання структури з максимальним вмістом аустеніту, які забезпечують реалізацію особливого механізму зношування, згідно з яким у поверхневому шарі під дією деформації відбувається перетворення частини залишкового аустеніту в

мартенсит, що сприяє зростанню твердості, при збереженні низької схильності до тріщиноутворення в зоні контакту з робочим середовищем.

2. Вперше визначено оптимальне співвідношення пластичних та крихких складових порошкових комплексних модифікаторів для забезпечення необхідної міцності прокатних стрічок, що дало можливість понизити загальний вміст пластичних складових до 30-40 % мас.

3. Вперше розроблено оригінальну експериментальну методику оцінки триботехнічних зразків з бейнітного високоміцного чавуну, що моделює умови експлуатації деталей ґрунтообробної сільгосптехніки в різних умовах обробки ґрунту.

4. Вперше встановлено температурно-часові показники аустенізації та режими ізотермічного гартування, які впливають на характеристики зношування бейнітного чавуну в умовах експлуатації ґрунтообробної сільгосптехніки.

5. Встановлено закономірності впливу складу та типу модифікаторів на особливості структуроутворення гальмівних колодок з високоміцного чавуну для моторвагонів і локомотивів. Розроблено склад спеціального висококремнієвого високоміцного чавуну феритного класу, ресурс роботи колодок з якого значно перевищує ресурс колодок із сірого фосфористого чавуну при скороченні гальмівного шляху на 30 %.

Практичне значення отриманих результатів

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

1. Розроблено технологічний процес виготовлення з спеціального бейнітного високоміцного чавуну змінних литих деталей ґрунтообробної сільгосптехніки. Виготовлені за розробленою технологією деталі, за ресурсом експлуатації перевищують деталі вітчизняного виробництва в 3-4 рази (лемеші), 5-6 раз (лапи культиваторів) і в 1,5-3 рази перевищують кращі зразки зарубіжного виготовлення при зменшенні вартості в 2-4 рази. Розроблена технологія використана при виробництві дослідно-промислових партій деталей на підприємствах Димерське ТОВ «Альянсервіс» (вилівка деталей) і Малинське ТОВ «Амстед РЕЙЛ» (термообробка).

2. Розроблено технологічний процес виготовлення порошкових модифікаторів методом прокатування, що забезпечує точність хімічного складу і стабільність набуття заданих структури і властивостей високоміцного чавуну.

3. Розроблено нові конструкції литих деталей для ґрунтообробної сільгосптехніки, які пройшли випробування на ПП «Агроекологія» при обробці 10000 га. Литі самогоструючі лапи культиваторів нової конструкції забезпечують гарантоване підрізування кореневої системи бур'яну при мінімальному відвалі

грунту, що дає можливість виробляти сівозміну без вживання агрохімікатів і вирощувати екологічно чисту продукцію.

4. Розроблено технологічний процес виробництва гальмівних колодок із спеціального високоміцного чавуну з підвищеним в 2 рази ресурсом експлуатації для моторвагонів і локомотивів. Технологія випробувана на Київському заводі «Кузня на Рибальському» і Івано-Франківському локомотиво-ремонтному заводі.

Повнота викладення основних результатів дисертаційної роботи в наукових публікаціях

За матеріалами дисертації опубліковано 38 наукових праць. З них 19 статей опубліковано у вітчизняних та зарубіжних фахових виданнях, з яких 5 опубліковано у виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах даних (SCOPUS та ін.), та 2 патенти на винахід.

Публікації достатньою мірою 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.

Зауваження до тексту дисертаційної роботи:

1. В роботі недостатньо досліджені складові металевої основи, які утворюються в процесі ізотермічного перетворення аустеніту (голчастий ферит, бейніт, можливо ін.), та не визначено їх вплив на механічні властивості і зносостійкість високоміцного чавуну.

2. Незрозуміло яким чином деформаційне перетворення аустеніту в мартенсит сприяє зменшенню схильності до тріщиноутворення в високоміцному чавуні в зоні, яка контактує з робочим середовищем.

3. Пункт 1 наукової новизни. «Сформульовано матеріалознавчі принципи підвищення зносостійкості деталей сільгосптехніки та транспорту з бейнітного чавуну». Аналогічно і в загальних висновках (стор. 226). Питання застосування бейнітного високоміцного чавуну для гальмівних колодок залізничного транспорту в дисертації не розглядались. Для гальмівних колодок розроблені спеціальні феритний і пірлітно-феритний високоміцні чавуни (табл. 5.6, стор. 214).

4. Пункт 1 загальних висновків (стор. 226). «Встановлено базовий склад чавуну для змінних деталей ґрунтообробної техніки». Вочевидь, це склад чавуну перед модифікуванням (низький вміст кремнію – 1,4-1,6 %, немає магнію та інших модифікуючих елементів). У висновку необхідно було навести хімічний склад розробленого бейнітного високоміцного чавуну.

5. Стосується суперечливих рекомендацій щодо ливарних форм для виливків гальмівних колодок. В п. 8 загальних висновків йде річ про оптимізацію технології

одержання гальмівних колодок з високоміцного чавуну ... у відкритих формах з мінімальними усадковими дефектами. Тоді як на стор. 210 (останній абзац) «... колодки для моторних вагонів необхідно виготовляти у закритих формах з системою ливника» (тобто з ливниковою системою).

В таких відповідальних деталях, як гальмівні колодки, усадкових дефектів (навіть мінімальних) не повинно бути. Тому треба використовувати загальноприйняті в ливарному виробництві закриті форми з ливниковою системою, які дозволяють організувати компенсацію усадки як в процесі охолодження розплаву до температури кристалізації, так і при твердненні вилівка за рахунок напору рідкого металу в стояку і використання живлячих бобишок. Поряд з цим необхідно відмітити, що встановлений автором позитивний вплив ряду модифікаторів на зменшення усадки високоміцного чавуну, який проявляється, головним чином, через збільшення кількості графітної фази, що утворюється в процесі кристалізації, також є важливою складовою засобів запобігання утворенню усадкових дефектів у виливках.

6. Висновок п. 9 (стор. 228) необхідно було доповнити хімічним складом розроблених спеціальних високоміцних чавунів, які рекомендовано для моторвагонних та локомотивних гальмівних колодок.

7. Аналіз отриманих результатів ускладнює використання двох методів заміру твердості за Бринелем (табл. 3.4, стор. 114) і за Роквелом (табл. 3.6, стор. 124). Згідно діючих стандартів твердість бейнітних високоміцних чавунів вимірюється методом Бринеля. В дисертації зустрічаються невдалі терміни: «внутрішньо ковшове модифікування» (стор. 87), «метастабільний чавун» (стор. 89), «система ливника» (стор. 210), «базовий склад чавуну» (стор. 226), «склад вихідного високоміцного чавуну» (стор. 163), «остаточний склад чавуну» (автореферат, стор. 12). Поряд з вказаним у «Переліку умовних позначень ...» скороченням БВЧКГ часто зустрічається БВЧ (стор. 108, 153, 177) і навіть ADI (стор. 96).

В цілому, за стилем, викладенням, змістом, якістю наукових формулювань, якістю ілюстративного матеріалу суттєвих зауважень не маю. Зауваження 1-7 не знижують загальний високий науковий рівень роботи, її теоретичну та практичну цінність, не ставлять під сумнів достовірність матеріалів дисертації.

Загальний висновок

Дисертація Волощенко Сергія Михайловича «Створення наукових засад структуроутворення в високоміцному чавуні для підвищення зносостійкості змінних деталей сільгосптехніки та транспорту» є оригінальною завершеною науково-дослідною роботою, містить нові науково обґрунтовані результати, розв'язує науково-прикладну матеріалознавчу проблему, суть якої полягає в створенні наукових засад структуроутворення в високоміцному чавуні з кулястим графітом

для реалізації механізмів, що підвищують ресурс роботи змінних деталей сільгосптехніки та залізничного транспорту. Практичним результатом дисертаційної роботи є широке застосування розробленого бейнітного високоміщного чавуну для виробництва литих змінних деталей ґрунтообробної сільгосптехніки, які по ресурсу роботи в 1,5-3,0 рази перевищують ресурс крапких зразків закордонного виготовлення при нижчій собівартості.

За актуальністю, науковою новизною отриманих результатів, їх достовірністю та практичною значимістю дисертаційна робота задовольняє вимоги п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567, щодо докторських дисертацій, 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, старший науковий співробітник,
завідувач відділом високоміщних і спеціальних чавунів
Фізико-технологічного інституту металів
та сплавів НАН України

В. Б. Бубликов

Підпис докт. техн. наук Бубликова В. Б. засвідчую:

Учений секретар Фізико-технологічного
інституту металів та сплавів НАН України,
кандидат технічних наук



В. Л. Лахненко