

Відгук науцішов
до спеуради Д26.207.03
05.08.2015 р.

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію КАВЕРИНСЬКОГО ВЛАДИСЛАВА ВОЛОДИМИРОВИЧА «Вплив дисперсних модифікаторів на структуру і властивості алюмінієвих і залізовуглецевих сплавів», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота В.В. Каверинського присвячена вирішенню проблеми підвищення комплексу фізико-механічних і службових характеристик алюмінієвих і залізовуглецевих сплавів і вдосконаленню методів керування процесами їх структуроутворення від впливом дисперсних модифікаторів. Підвищення характеристик вказаних матеріалів є складною проблемою, що вимагає для вирішення врахування багатьох факторів. Незважаючи на велику кількість робіт у цьому напрямку, розробка наукових основ процесів, що мають місце при модифікуванні сплавів і розробка рекомендацій з вдосконалення структури металу не завершена. Дослідження у напрямку вивчення структурних особливостей процесів модифікування і твердофазних явищ у модифікованому металі разом з розробкою рекомендацій щодо удосконалення структури дозволяють отримати нові данні для формулювання наукових основ процесу керування структурою сплавів. Ці наукові основи актуальні для широкого кола сплавів. У зв'язку з цим тематика дисертаційної роботи В. В. Каверинського є актуальною з позиції існуючих наукових проблем, а також можливостей широкого застосування в машинобудуванні.

Тематика представленої дисертаційної роботи є частиною важливої проблеми розробки і виробництва сучасних високоефективних матеріалів, вирішення якої передбачено державними науковими програмами. Дослідження дисертаційної роботи виконувалися за програмами наукової діяльності Інституту проблем матеріалознавства ім. Францевича НАН України. При проведенні дисертаційних досліджень автор приймав участь у виконанні держбюджетної теми (ІІІ-12-10 «Розробка наукових і технологічних основ управління структурою й властивостями залізовуглецевих сплавів ультрадисперсними порошками», державний реєстраційний номер 0110U000138) та двох госпдоговірних робіт («З'ясування причин зниження відносного звуження в рейках і утворення поверхневих тріщин на листовому прокаті» №24/014Д, і «Вдосконалення технології виробництва вуглецевої катанки з метою усунення дефектів, пов'язаних з підвищеною крихкістю» № 13-000679). Дослідження з тематики дисертаційної роботи відповідають пріоритетним напрямкам науково-технічного розвитку країни в частині

досліджень щодо розробки нових матеріалів та вдосконалення технологій їх виробництва.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна

Дисертаційна робота В.В. Кверинського являє собою комплексне системне дослідження закономірностей поведінки дисперсних частинок у металевих розплавах і механізму їх впливу на формування структури алюмінієвих та залізобуглецевих сплавів широкого призначення як у литому, так і у деформованому станах, впливу модифікування на механічні властивості сплавів, виконана із застосуванням широкого кола сучасних металофізичних методів (електронна мікроскопія, мікрорентгеноспектральний аналіз, спектральний аналіз хімічного складу, вимірювання мікротвердості, кількісна металографія з застосуванням сучасної обчислювальної техніки і програмного забезпечення для аналізу зображень), математичного і комп'ютерного моделювання, математичної обробки експериментальних результатів.

Достовірність та обґрунтованість зроблених у роботі та висновків ґрунтується на аналізі великого масиву даних. Основні результати, отримані у дисертації не суперечать загальновідомим даним і не мають внутрішніх протиріч. Істинність і практична корисність проведених досліджень і їх результатів підтверджується актами успішних дослідно-промислового і стороннього лабораторного випробувань та використанням отриманих результатів у навчальному процесі.

Новизна досліджень та отриманих результатів

До найбільш значущих, з наукової точки зору, результатів дисертаційної роботи можна віднести:

- визначені умови модифікування металевих розплавів дисперсними тугоплавкими модифікаторами, що полягають у встановленні певних термочасових параметрів обробки металу, гранулометричного складу і витрат порошку, при яких їх частинки здатні розчинятися, стаючи додатковими центрами кристалізації;

- вивчено процеси еволюції функції розподілу за розмірами суспензії дисперсних частинок TiAl в розплаві алюмінію і карбідів і нітридів Ti, Nb і Zr в ході розчинення в розплавах низьковуглецевої сталі і чавуну. Створено математичні моделі, що описують ці процеси, на основі яких розроблено методи розрахунку оптимальних параметрів модифікування розплаву;

- вперше встановлено наявність і чисельні характеристики експоненційної залежності часу існування в розплаві алюмінію суспензії часток TiAl від значень параметрів μ і σ логнормального розподілу, що описує вихідний гранулометричний склад порошку, що вводиться;

- розвинуті уявлення про вплив модифікування порошком $TiAl$ на характер розподілу зерен за розмірами в мікроструктурі алюмінію і доевтектичних силумінів. Встановлено, що параметри μ для відповідних випадків модифікованого і немодифікованого металу розрізняються мало (на 2 – 5 %), в той час як модифікування в першу чергу істотно впливає на зміну параметрів σ (у 1,4...2,3 рази);

- встановлено перерозподіл заліза, міді та марганцю в технічному алюмінії та силуміні АК7 при частковому розчиненні частинок модифікатору $TiAl$, який сприяє формуванню алюмінідів заліза не в границях зерен, а у їх тілі, обумовлюючи підвищення механічних властивостей;

- встановлено, що модифікування доевтектичного силуміну дозволяє досягти ступеня гарячої пластичної деформації $> 30\%$, подрібнити кристали Si у складі $Al-Si$ евтектики і надати їм рівноосної (близької до кубічної) форми.

Наукове значення результатів роботи полягає у тому, що в ній було розвинуто з одного боку положення теорії примусової об'ємної кристалізації та модифікування металів і сплавів при введенні до розплаву гетерогенних підкладок, що утворюються за рахунок розчинення введеної суспензії дисперсних частинок, з іншого боку – теоретичні уявлення формування карбонітридних фаз у твердому стані у модифікованих та мікролегованих сталях. Запропоновані в роботі підходи дозволили визначити основні принципи ефективного впливу на структуру металу за рахунок використання у якості модифікаторів замість дорогих нанодисперсних порошоків значно крупніших, але при цьому розчинних частинок, що значно спрощує технологію обробки розплаву. Розроблені автором комп'ютерні і математичні моделі дозволяють отримати кількісну інформацію про еволюцію функції розподілу суспензії частинок тугоплавких сполук у рідкому металі, про вплив гетерогенних підкладок на формування структури при кристалізації, про склад, кількість і температури утворення карбонітридних фаз, що є важливим для подальшої оптимізації структури, і режимів обробки сплавів різного призначення. Результати експериментальних і теоретичних досліджень впливу параметрів функції розподілу, що характеризує вихідний стан порошкового модифікатору на час існування у розплаві суспензії його частинок і убування їх кількості з плином часу дозволили знайти прості аналітичні залежності, що значно спрощують процес коректної інтерполяції і екстраполяції зазначених даних, отриманих у ході експерименту чи за рахунок більш складної скінченорізницевої комп'ютерної моделі. Експериментальне визначення характеру розподілу зерен макро- і мікроструктури модифікованого і порівняльного металу дозволило більш глибоко оцінити вплив модифікування на якісні і кількісні характеристики структури, а параметри відповідної функції логнормального розподілу, що описує розміри зерен у структурі металу можуть слугувати додатковим чутливим інструментом оцінки впливу обробки розплаву на кінцевий структурний стан. Особливий інтерес становлять результати

досліджень автора з впливу процесу деформування крихких Al-Si сплавів на їх структурний стан і механічні властивості при різних ступенях деформації.

Значення результатів роботи для науки і практики

Оцінюючи прикладне значення дисертаційної роботи В.В. Каверинського, слід підкреслити, що на основі виконаних автором досліджень:

- встановлені закономірності поведінки порошкових модифікаторів в металевих розплавах, їх вплив на процеси формування зерен структури і твердофазного карбонітридоутворення, дозволяють цілеспрямовано і науково обґрунтовано реалізувати методи керованої кристалізації. Це, в свою чергу, підвищує якість виробів і напівфабрикатів. Збільшення міцності, що спостерігається, дає можливість переведення продукції у вищу категорію якості;

- визначення оптимальних технологічних параметрів введення у розплав в якості модифікаторів відносно крупних частинок тугоплавких сполук, які забезпечують помітне поліпшення структурних і механічних характеристик металу, що дозволяють виключити витрата дорогих ультрадисперсних модифікаторів;

- підвищення за рахунок запропонованих рекомендацій дисперсності структури і комплексу властивостей чавуну для виготовлення виливниць та їх експлуатаційних характеристик умовах ПАТ «МК Азовсталь», а саме досягнення зростання твердості за Бринелем на ~ 30%, межі міцності на ~ 15% і збільшення кількості наливів на 25...30%.

Практичне значення мають також такі результати роботи, як розроблені автором математичні моделі і комп'ютерні програми для їх реалізації. Зазначені програми для моделювання поведінки частинок модифікаторів в рідкому металі використовувалися студентами спеціальності «Ливарне виробництво чорних і кольорових металів» при виконанні магістерських робіт. Також слід зазначити, що результати роботи використані в навчально-науковому процесі на кафедрі теорії металургійних процесів та ливарного виробництва ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», а саме, в лекціях з спеціальностей «Новий матеріал» та «Властивості металів і сплавів у виливках».

Таким чином, робота містить результати, які мають наукову новизну і практичне значення. Їх достовірність забезпечена раціональним вибором та застосуванням методик, експериментальною перевіркою теоретичних положень, перевіркою розроблених рекомендацій на практиці в умовах реального виробництва. Наукові положення дисертації є розвитком існуючих загальноновизнаних положень сучасної науки в галузі матеріалознавства. Пріоритет автора у формулюванні основних положень роботи підтверджується аналізом публікацій по темі роботи. Результати роботи пройшли дослідно-промислове випробування.

Розширення використання результатів роботи можливе за рахунок їх передачі зацікавленим науково-дослідним організаціям, які займаються розробкою нових високоефективних матеріалів, а також шляхом використання на підприємствах, що випускають таку продукцію. Зокрема, слід звернути увагу на розширення досліджень в напрямку підвищення за рахунок модифікуючої обробки механічних і експлуатаційних властивостей виробів з чавуну доменної виплавки і наближення його характеристик до більш дорогих ливарних чавунів.

Повнота опублікованих результатів дисертації

Аналіз публікацій показав, що у них відображені всі основні положення дисертаційної роботи. За матеріалами дисертації здобувачем опубліковано 1 монографію (у співавторстві), 19 статей (у тому числі 12 – у фахових виданнях, з яких 1 стаття без співавторів, 5 статей у виданнях, включених в міжнародні бази даних, 1 стаття в іноземному журналі). Отримано 4 патенти України на корисну модель та 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму. Результати досліджень пройшли апробацію на 17 міжнародних конференціях, які є авторитетними і представницькими у галузі матеріалознавства. Тому вважаю, що автор дотримався вимог ДАК України щодо повноти відображення результатів і широкої їх апробації.

Оцінка змісту роботи

Робота містить всю необхідну інформацію, яка дозволяє оцінити суть отриманих автором результатів, їх обґрунтованість та достовірність. Матеріал викладено послідовно, з дотриманням логічних зв'язків між розділами. Робота написана ясною технічною мовою. Обсяг і оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам ДАК України. Повний обсяг роботи складає 164 сторінки. В розділах дисертації вміщено 48 рисунків (у тому числі 20 на окремих сторінках) та 20 таблиць (у тому числі 3 на окремих сторінках). Якість ілюстрацій висока, вони достатньо підтверджують зміст результатів роботи.

Зміст автореферату повністю відображає зміст дисертації, всі висновки і формулювання в дисертації та авторефераті ідентичні.

Зауваження по роботі

У якості зауважень і побажань по представленій дисертаційній роботі треба відмітити:

- зародкову дію частинок модифікатора дисертант підтверджує суттєвим подрібненням макрозерна алюмінію та сплаву АК-7 при введенні порошкового сплаву TiAl (рисунки 4.5 та 4.11 дисертації). Але це не зовсім коректно. По-перше, з досліджень Мовчана Б.О., Бабаскіна Ю.З. та інш. відомо, що у сплавах

без поліморфних та фазових перетворень висококутові границі макрозерна не завжди співпадають із зонами стикування первинних кристалів (дендритів), а розмір макрозерна може визначатись гальмуваннями міграції висококутових границь дисперсними та дисперсійними частинками модифікатора. Тому бажано було б визначити орієнтацію границь макрозерна до дендритної структури та дослідити вплив модифікатора на переохолодження розплаву при кристалізації. По-друге, якщо дійсно модифікування забезпечує об'ємну кристалізацію (рисунки 4.5в, 4.11в) необхідно було б дослідити вплив модифікування на температурний градієнт у виливку, що твердіє, бо такий вид твердіння можливий при практично відсутньому температурному градієнті. А це можливо тільки у двох випадках: за рахунок підвищення зняття перегріву розплаву гальмуванням лінійної швидкості кристалізації поверхнево активними домішками, чи введенням при модифікуванні мікрохолодильників у розплав;

- чисельні характеристики експоненційної залежності часу існування в розплаві суспензії часток від значень параметрів μ і σ логнормального розподілу, що описує вихідний гранулометричний склад порошку, що вводиться наведені лише для TiAl у розплаві алюмінію і лише для певних випадків. Доцільно було б більш детально дослідити вплив на них також температури і складу розплаву;

- автором декларується результат про те, що параметри μ для відповідних випадків модифікованого і немодифікованого металу розрізняються мало, в той час як модифікування в першу чергу робить істотний вплив на зміну в параметрах σ , що дійсно впливає з результатів вимірювання, але фізичні причини даного явища потребують подальших досліджень;

- на жаль, в дисертаційній роботі не наведений розрахунок хоча б очікуваного економічного ефекту;

- методика і результати модельних експериментів з перевірки комп'ютерної моделі з використанням розчинення солі у воді викладені украй стисло з посиланням на публікацію у маловідомому виданні;

- в роботі не досліджено як домішки і легування будуть впливати на процеси розчинення частинок TiAl у розплавах на основі алюмінію. Через це поширення рекомендацій з модифікування, розроблених для чистого алюмінію, на силуміни виглядає не досить переконливо і обґрунтовано, незважаючи на хороший позитивний результат такої обробки;

- не досить ясно на основі яких міркувань введені такі критерії, як час розчинення 90 % і 99,5 % частинок, чому обрані саме ці цифри;

- використання порошку міді також, відповідно до результатів роботи, дозволяє отримати значне подрібнення структури і підвищення механічних властивостей алюмінієвих сплавів, але автор значно більше уваги приділяє використанню у якості модифікатора порошку більш дорогого і дефіцитного алюмініду титану TiAl. Те, чим саме мотивований вибір більш на користь TiAl,

наскільки і чому він представляється кращим модифікатором аргументується недостатньо;

- вивчення процесів деформування силумінів, наведене у роботі виглядає додатковим, недостатньо розвиненим і дещо незавершеним. Але це цікавий напрям, який можна було б значно розширити: більш широко і детально вивчити вплив різних режимів нагрівання і деформації, а також попереднього та проміжних відпалів;

Проте зроблені зауваження не знижують загальної цінності та достовірності основних положень роботи.

Загальні висновки стосовно дисертації

Дисертаційна робота В.В. Каверинського представляє собою підсумок багаторічних цілеспрямованих дослідів, виконаних автором в Інституті проблем матеріалознавства і є закінченою науково-дослідною роботою, в якій вирішено важливу науково-технічну проблему поліпшення структури та підвищення механічних і службових характеристик алюмінієвих і залізобуглецевих сплавів за рахунок інноваційного способу модифікування з використанням дисперсних тугоплавких модифікаторів, здатних розчинятися у розплаві і ставати центрами кристалізації основного металу. При цьому автор отримав результати, які мають наукову новизну, були опробовані в умовах виробництва та впроваджені у дослідницький та навчальний процес. Отримані результати розвивають і доповнюють сучасні уявлення з предмету дослідження.

Багатоплановість досліджень, значний об'єм виконаної автором роботи, наукова новизна та практична цінність результатів дозволяють вважати, що дисертаційна робота на тему: «Вплив дисперсних модифікаторів на структуру і властивості алюмінієвих і залізобуглецевих сплавів» відповідає п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Владислав Володимирович Каверинський, заслуговує присудження вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01 - «Матеріалознавство»

Доктор технічних наук, с.н.с.,
зав. відділом дисперсійного зміцнення
сплавів ФТІМС НАН України

Підпис С. Я. Шипицина засвідчую:
Вчений секретар ФТІМС НАН України
кандидат технічних наук



С. Я. Шипицин

В. Л. Лахненко