

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

Шишкіної Юлії Олександрівни

“Вдосконалення процесів отримання алюмоматричних композитів на основі системи Al-TiC методами термічного синтезу та гарячого штампування ”, представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.06 – Порошкова металургія і композиційні матеріали.

Актуальність теми дисертації

До 90 % всіх деталей машин і механізмів виходить з ладу внаслідок зношування. Оскільки основним конструкційним матеріалом залишаються сплави заліза, то щорічно виробляється до 40 % сталі для покриття втрат пов'язаних з виведенням із експлуатації зношених деталей та зруйнованих конструкцій внаслідок корозії. Виробництво сталі є досить енергоємним процесом і до того ж супроводжується масштабними викидами в атмосферу шкідливих речовин. Знизити енергоємність, кардинально зменшити екологічну ситуацію можна шляхом застосування технологій порошкової металургії і особливо заміни традиційних матеріалів на композиційні. Найбільш перспективними в цьому плані є сплави на основі алюмінію, оскільки температура плавлення їх приблизно в 2 рази менша за сплави заліза, вони, як правило пластичні і добре піддаються обробці тиском, різанням. Для алюмінієвих сплавів успішно застосовують найбільш продуктивні технології розливання розплавів (литва), але алюмінієві сплави володіють низькою міцністю і твердістю. Суттєве підвищення механічних властивостей алюмінієвих сплавів досягається за рахунок зміцнення їх частинками тугоплавких сполук, але проблема отримання розплавів з однорідним розподілом частинок тугоплавких сполук обумовлена процесами коагуляції та коалесценції є серйозною перепоною. Причому, чим більш дрібні частинки

порошку тугоплавкої сполуки вводяться в розплав, тим швидше відбуваються процеси їх коагуляції та коалесценції. Тому робота Шишкіної Ю.О., яка присвячена створенню технології виготовлення композиційних матеріалів системи Al-TiC шляхом синтезу лігатур та наступного штампування пресовок із сумішей порошків алюмінію та лігатури є актуальною, як для розвитку виробництва деталей машин і механізмів, так і для підвищення якості виробів із алюмінієвих сплавів, модифікованих частинками тугоплавких сполук і, перш за все, карбїду титану, виробленим за технологією литва.

Підтвердженням актуальності дисертаційної роботи Шишкіної Ю.О. є також те, що вона виконувалась відповідно до відомчої та пошукової тематики Інституту проблем матеріалознавства НАН України за темами: «Розробка нового покоління легкої броні на основі шаруватих композитів для захисту легкоброньованої техніки та методики моделювання її напружено-деформованого стану», №445 від 16.02.2017 (№ державної реєстрації 0116U007876, шифр теми II-16-16), «Розробка фізико-хімічних основ процесів консолідації та структуроутворення високотносостійких металоматричних композитів на основі сплавів заліза, алюмінію та титану з високомодульними наповнювача» (№ державної реєстрації 0115U000101, шифр теми III-3-15), «Розробка технологій синтезу та дослідження властивостей високотносостійких дисперснозміцнених порошкових композитів конструкційного і електротехнічного призначення на основі сплавів міді та алюмінію» (№ державної реєстрації 0112U002398, шифр теми III-21-12(Ц)), «Перспективні композиційні матеріали на основі інтерметалідів систем Ni-Al, Ni-Ti, Ti-Al, Fe-Al для захисту та відновлення деталей двигунів автомобільної, авіаційної та гідроенергетичної промисловості» (№ державної реєстрації 0117U006184, шифр теми II-7-17).

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

Обґрунтування основних результатів та висновків дисертаційної роботи проведено з необхідною повнотою на основі аналізу експериментального матеріалу, одержаного з використанням сучасного обладнання, застосуванням сучасних фізичних та математичних методів дослідження: хімічного та рентгенофазового аналізу, рентгеноспектрального мікроаналізу, металографічного кількісного аналізу, теплової металографії, дифракційного термічного аналізу, механічних та триботехнічних випробувань в умовах сухого тертя на повітрі, математичного моделювання.

У цілому одержані в роботі наукові положення, висновки та рекомендації достовірні, що підтверджується, зокрема, розробленим технологічним регламентом на виробництво лігатур, практичним застосуванням лігатур в ливарних технологія та виготовленням і випробуваннями для автомобільної і авіаційної техніки відповідальних деталей (поршень, перо лопатки) із композиційного матеріалу Al-TiC.

Новизна досліджень та отриманих результатів

Виходячи з актуальності задачі, дисертант поставила за мету встановити закономірності впливу технологічних параметрів процесу синтезу лігатур, змішування порошків та формування, ступеня та інтенсивності пластичної деформації під час гарячої штамповки пресовок із суміші порошків алюмінію та лігатури на особливості структуроутворення і основні фізико-механічні та експлуатаційні властивості композиційного матеріалу Al-TiC.

Автор на базі аналізу науково-технічної та патентної літератури сформулювала мету і завдання дослідження. Отримані результати дослідження є новими, оскільки вперше отримані закономірності, що встановлюють взаємозв'язок між параметрами процесів синтезу лігатур, їх фазовим складом та мікроструктурою, параметрами змішування, формування пресовки,

інтенсивності та ступеня пластичного деформування, мікроструктурою, фазовим складом, фізико-механічними властивостями, корозійною стійкістю металокерамічного композиту Al-TiC. Нові наукові результати надали можливість дисертанту запропонувати високопродуктивну екологічно безпечну, ресурсозберігаючу технологію виробництва лігатур для ливарного виробництва та порошкових виробів. Використання металотермічного синтезу дозволило автору отримати сплав 20Al-16C-64Ti з високодисперсним карбідом титану та забезпечити найкраще поєднання високих характеристик міцності та твердості, що на 15-30% перевищують характеристики аналогів.

До найбільш вагомих нових результатів слід віднести і реалізацію максимальних ступенів деформації за рахунок форми пресовок, що створюють неоднорідний напружено-деформований стан і спрямовану інтенсифікацію процесів деформування пористих заготовок під час об'ємного штампування.

Значення результатів роботи для науки і практики

Результати роботи мають суттєве наукове та практичне значення. Виконання комплексних та експериментальних досліджень знайшли практичне застосування в технологічних процесах виготовлення деталі «Поршень компресора» на ПП «КоДА» м. Бровари та заготовок пера лопатки, що були виготовлені в результаті спільної роботи з кафедрою механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів у КПІ ім. Ігоря Сікорського. Висока ефективність застосування розроблених автором технологій обумовлена більш високими значеннями основних фізико-механічних характеристик композитів у порівнянні з матеріалами аналогічного класу, отриманими з використанням ливарних технологій, а також підвищеною зносостійкістю і стабільними триботехнічними характеристиками у широкому діапазоні швидкостей ковзання, при їх використанні у вузлах тертя.

У науковому плані в роботі отримано розвиток наукового підходу до розробки нових композиційних матеріалів, при якому вибір вихідних матеріалів

та їх кількість відбувається не емпіричним шляхом, а на основі розуміння закономірностей утворення макро- та мікроструктури металокерамічних матеріалів.

Повнота опублікованих результатів дисертації

За темою дисертаційної роботи Шишкіна Ю.О. опублікувала 28 наукових робіт, в тому числі – 9 статей у фахових виданнях, 16 тез доповідей на науково-технічних конференціях, семінарах, симпозіумах, що є достатнім для ознайомлення наукової громадськості зі змістом роботи та отримано 3 патенти на корисну модель.

Зміст автореферату в основному відображає основні результати, положення й підсумкові висновки і відповідає змісту дисертаційній роботі.

Оцінка змісту роботи

Дисертаційна робота Шишкіної Ю.О. складається з вступу, п'яти розділів, основних висновків, списку цитованих джерел з 185 найменувань та 6 додатків. Повний обсяг дисертації складає 221 аркуш, включає 14 таблиць та 77 рисунків.

У вступі автор визначила актуальність досліджень по створенню принципово нових конструкційних і функціональних матеріалів, що відзначаються достатнім рівнем механічної міцності при високих навантаженнях. Розвитку теоретичних та технологічних основ отримання високоміцних, легких композиційних матеріалів. Сформулювала мету та задачі дослідження, обґрунтувала наукову новизну і практичне значення передбачуваних результатів.

У першому розділі автором виконано аналіз теоретичних та експериментальних досліджень в області отримання найпоширеніших алюмоматричних композиційних матеріалів та проведено оцінку ефективності

використання зміцнюючих добавок. Як наслідок показано, що використання методів порошкової металургії дозволяє розширити можливості керування хімічним складом і структурою матеріалів. Вибрано один з перспективних методів отримання безпористих композиційних матеріалів з рівномірно розподіленою зміцнюючою фазою, яка не взаємодіє з металевою матрицею - гаряче штампування.

У наслідок аналізу літературних даних ставляться задачі роботи та визначаються методи досліджень.

У **другому розділі** надається характеристика вихідних матеріалів – порошоків алюмінію (ПА-4, ГОСТ 6058-73), титану (ПХТ-80, ТУ48-10-78-83), вуглецю (лампова сажа), порошку титану (ТУ 1798-111-75420116-2006), а також порошки міді (ПМС-1, ГОСТ 4960-2009) та латуні (ПРВ-Л80, ПРВ-ЛН65-5, ISO 9001:2008). Викладені методики та характеристики обладнання для змішування, пресування, спікання та термічного синтезу порошоків. Наведено технологічні схеми гарячого штампування отриманої порошкової шихти. Надається характеристика обладнання, яке використовувалось в роботі. Приводиться характеристика умов, за яких визначались оптимальні умови гарячого пресування – тиск, час, температура.

Висвітлюються методики дослідження структури, фазового та хімічного складу сплавів, фізико-механічних властивостей, зносо- та корозійної стійкості.

Використані методики дослідження відповідають сучасному рівню, що може свідчити про достовірність отриманих результатів.

У **третьому розділі** викладені результати досліджень особливостей структуроутворення та фазового складу лігатури системи Al-Ti-C в процесі термічного синтезу. За результатами рентгеноструктурних досліджень встановлено вплив температури синтезу на фазовий склад, і вибрано оптимальну температуру синтезу лігатури для гарячої штамповки композитів. Проведені мікроструктурні дослідження гарячеспресованих композитів та

визначено локальний вміст кожної фази з використанням мікрорентгеноспектрального аналізу. На базі аналізу результатів, викладених в розділі, дисертант робить висновок про оптимальний склад лігатури 20Al-16С- 64Ti (% мас.) з більшою дисперсністю зміцнюючої фази.

У четвертому розділі наводяться дані про результати отримання алюмоматричних композитів системи Al-Ti-C за різними технологічними схемами. Описані переваги і недоліки кожної. Показано, що міцність та твердість композитів, виготовлених із шихти після розмелу в планетарному млині суттєво перевищують аналогічні характеристики матеріалів, вихідна шихта для яких отримана механічним змішуванням. Встановлено вплив схеми штампування на структуру та властивості гарячештапованих композитів. Показано, що як твердість, так і міцність матеріалів, отриманих із заготовок конічної форми, помітно (на 15-20 %) перевищує аналогічні характеристики матеріалів, виготовлених з циліндричних заготовок. Відзначено, що структура гарячештапованих зразків з алюмоматричних композитів відрізняється наявністю помітної текстурованості, ступінь якої зростає при використанні вихідних заготовок конічної форми

У розділі відзначено вплив вмісту лігатурної складової у вихідній шихті на показники твердості, міцності і пластичності. Відмічено значну ефективність подрібнення конгломератів твердої фази в шихті при використанні енергонасичених режимів розмелу суміші, що призводить до забезпечення характеристик міцності та твердості композитів, які на 15-30 % перевищують аналогічні характеристики матеріалів, вихідна шихта для яких отримана механічним змішуванням.

В п'ятому розділі викладені результати дослідження функціональних властивостей алюмоматричних композиційних матеріалів та дослідно-промислової апробації результатів роботи. За результатами комплексних триботехнічних випробувань гарячештапованих алюмоматричних

композитів показано, що найкращими триботехнічними характеристиками відзначаються композити з 15 % карбідотитанової лігатури з добавками 5,6 % міді, що забезпечують майже в 2 рази збільшення зносостійкості при стабільному коефіцієнті тертя ($0,3 \div 0,45$) у порівнянні із композитами, матрична фаза яких не легована міддю. Відмічається пропорційне зростання значення інтенсивності зношування при збільшенні навантаження з 0,4 до 1,0 МПа при незначній зміні коефіцієнту тертя, тоді як при зростанні лінійної швидкості випробувань з 1,0 до 4,0 м/с значення зношування знижується, що може пояснюватись утворенням захисних оксидних плівок під дією навантаження та зростання температури зразків під час випробувань.

Показано, що введення до складу алюмоматричних композитів міді або мідних сплавів суттєво знижує корозійну стійкість досліджуваних зразків, переводячи їх до 7-го (понижено стійкі) – 10-го (нестійкі) балу за корозійною стійкістю, що пояснюється утворенням гальванічної пари між алюмінієм та міддю, де алюміній починає виступати в якості аноду.

По дисертаційній роботі можна висловити наступні зауваження:

1. В роботі переважно контролюється фазовий склад матеріалів, проте дані по хімічному складу практично відсутні. Чи не пов'язано підвищення механічних характеристик металокерамічного композиту із зміною властивостей металевої матриці обумовленої вмістом домішок кисню, азоту, співвідношенням титану та вуглецю в карбіді?
2. При додаванні міді та латуней було визначено, що твердість зростає, але не пояснено чому, і при цьому не наводиться фазовий склад сплаву.
3. У авторефераті відсутній рисунок 2д, на який є посилання.
4. Недостатнє порівняння властивостей з іншими алюмоматричними композитами.
5. Не вказані похибки у значеннях твердості, міцності.

6. У роботі стверджується, що найбільш дрібні частинки або зерна карбїду титану формуються у термічно синтезованих лігатурах зі складом вихідних компонентів суміші порошків титану і вуглецю, що відповідають стехіометричному карбїду титану, при цьому вплив концентраційної залежності, як якісної, так і кількісної в тексті дисертації не наводиться.
7. На рис.3.1 дисертації вказана нумерація кривих, але не зрозуміло до яких реакцій вони відносяться.
8. Рис.3.3. дисертації невдало підписаний, адже представлені результати термічного аналізу, а не «...термічний аналіз...».

Загальні висновки стосовно дисертації

Висловлені зауваження не знижують наукове та практичне значення роботи у цілому. Вважаю, що дисертаційна робота Шишкіної Ю.О “Вдосконалення процесів отримання алюмоматричних композитів на основі системи Al-TiC методами термічного синтезу та гарячого штампування”, за обсягом експериментальних даних і теоретичних узагальнень, актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам пунктів 9, 11 “Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника” до кандидатських дисертацій, а її автор – Шишкіна Ю.О. заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.06 – Порошкова металургія і композиційні матеріали.

Офіційний опонент,

чл.-кор. НАН України, декан

Інженерно-фізичного факультету

КПІ ім. Ігоря Сікорського

д.т.н., проф.



П.І. Лобода