**Щерецький Олександр Анатолійович. Теоретичні та технологічні основи одержання литих заготовок із композиційних матеріалів на основі алюмінію та цирконію з дисперсними частинками. : Дис... д-ра наук: 05.16.04 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Щерецький О. А. Теоретичні та технологічні основи одержання литих заготовок із композиційних матеріалів на основі алюмінію та цирконію з дисперсними частинками. Рукопис.**  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.04. – ливарне виробництво. Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ, 2007.  В роботі розроблено методичні основи кількісної оцінки інтенсивності міжфазної взаємодії в дискретно армованих композиційних матеріалах на металевій основі з використанням термодинаміки гетерогенних систем. Виконано кількісний системний аналіз інтенсивності взаємодії матричного сплаву з армуючими елементами в литих дискретно армованих композиційних матеріалах на основі алюмінію з дисперсними частинками SiC, C, TiC, TiB2, B4C, BN, AlB2, AlN.  Вивчено вплив способів одержання (просочування, інжекція, лігатурний метод) та характеристик армуючих частинок (вид, дисперсність, кількість) на структуру та властивості дискретно армованих композиційних матеріалів на основі алюмінію.  Досліджено ливарні властивості композиційних матеріалів армованих дисперсними частинками.  Наведені результати експериментальних досліджень закономірностей вакуумного просочування металевими розплавами дисперсних частинок. Використовуючи встановлені закономірності, розроблені технології одержання литих заготовок із композиційних матеріалів на основі алюмінієвих сплавів.  В роботі встановлено, що перехід з аморфного в кристалічний стан для об’ємноаморфних сплавів на основі систем Al-Y-Ni, Zr-Cu-Ni-Al лімітується дифузією, що дозволяє керувати цим процесом шляхом вибору температурно-часових режимів та одержувати ендогенні композиційні матеріали з різним розміром дисперсної фази.  Показана можливість використання розробленої термодинамічної методики оцінки міжфазної взаємодії для вирішення технологічних задач, зокрема, для оптимізації складу ливарних сплавів та лігатур. | |
| |  | | --- | | У дисертації наведене теоретичне узагальнення досліджень взаємного впливу дисперсних частинок і матричного сплаву на фазовий склад, структуру та властивості композиційних матеріалів на основі алюмінію та цирконію. Розроблено та запропоновано нову термодинамічну методику кількісної оцінки інтенсивності взаємодії компонентів в КМ. Вирішена наукова проблема контролю та керування міжфазними процесами при одержанні КМ. На цій основі розроблені оптимальні технологічні режими одержання литих заготовок із композиційних матеріалів з прогнозовано стабільними характеристиками.  1. Розроблено методичні основи кількісної оцінки інтенсивності міжфазної взаємодії в дискретно армованих композиційних матеріалах на металевій основі з використанням термодинаміки гетерогенних систем. Розрахунки, проведені за розробленою методикою, характеризують систему в цілому, а не відносяться тільки до конкретної хімічної реакції, як це було раніше. Це дає можливість кількісно оцінити вплив взаємодії матричного сплаву і наповнювача на фазовий склад композиційного матеріалу.  2. Виконано кількісний системний аналіз інтенсивності взаємодії матричного сплаву з армуючими елементами в литих дискретно армованих композиційних матеріалах на основі алюмінію з дисперсними частинками: SiC, C, TiC, TiB2, B4C, BN, AlB2, AlN.  Для КМ сплав на основі алюмінію – карбід кремнію встановлено:  метали, які розчиняються в алюмінії або утворюють з ним інтерметаліди, практично не впливають на міжфазну взаємодію в даній системі;  легуючі елементи, які при введені в алюмінієво-кремнієвий розплав утворюють хімічні сполуки з кремнієм, посилюють взаємодію карбіду кремнію з алюмінієм за рахунок зменшення активності кремнію в розплаві;  збільшення активності кремнію в алюмінієвому розплаві призводить до значного послаблення міжфазної взаємодії в КМ.  Термодинамічні розрахунки показали, що всі досліджені алюмінієві сплави згідно інтенсивності взаємодії з частинками карбіду кремнію можливо розмістити в ряд: АМг5Мц АМг5К АМг2АМ5 Д16 АК7 АК9Ц6 АК12.  Для КМ, армованих дисперсними частинками графіту, встановлено:  механізм впливу легуючих елементів та домішок на взаємодію графіту з розплавами на основі алюмінію;  титан та ванадій значно підсилюють міжфазну взаємодію в системі Al-Si-C;  рідкоземельні метали ітрій та неодим максимально послаблюють взаємодію графіту з алюмінієво-кремнієвою матрицею.  Для системи сплав на основі алюмінію – дисперсні частинки TiC встановлено:  більшість досліджених елементів мало впливають на взаємодію в даній системі за виключенням титану, який значно знижує інтенсивність взаємодії фаз;  на відміну від КМ, армованих дисперсними частинками карбіду кремнію, в системі Al – TiC, кремній досить сильно інтенсифікує взаємодію матричного сплаву з наповнювачем. Введення вже 1 % кремнію повністю нівелює позитивний вплив титану на процеси взаємодії в даній системі.  3. Проведено термодинамічний аналіз інтенсивності міжфазної взаємодії захисних металевих покриттів (Nb, Ta, Mo, W, Cr, Nі, Сu) на дисперсних частинках з розплавами на основі алюмінію, досліджено основні закономірності та показано, що використовувати легкорозчинні в алюмінієвих розплавах металізатори, такі як мідь, нікель та інші, недоцільно для КМ на основі сплавів, які не містять кремнію. В цьому випадку необхідно використовувати покриття із тугоплавких металів, наприклад, танталу, ніобію, молібдену, вольфраму. Встановлено, що стійкість покриттів зменшується в ряду Nb Ta Mo W Cr.  4. Методами термічного та диференціально-термічного аналізів експериментально досліджено взаємодію дисперсних частинок графіту та карбіду кремнію з ливарними алюмінієвими сплавами як під час одержання КМ, так і при їх термообробці. Встановлено температури початку інтенсивного карбідоутворення (Ткр) в залежності від складу сплаву, режимів одержання та термічної обробки. В вакуумі (110-2 Па) Ткр для КМ на основі стандартних алюмінієвих сплавів з дисперсними частинками графіту дорівнює: АК7 – 1356 ) 20 К, АК12 – 1363 ) 20 К, АК5М7 – 1341 ) 20 К, АМ5 – 1325 ) 20 К.  5. Розрахунки, виконані за розробленою методикою термодинамічної оцінки міжфазної взаємодії дисперсного наповнювача з матричним сплавом в рівноважних умовах, узгоджуються з експериментальними даними та можуть бути використані для прогнозування інтенсивності та напрямку протікання, міжфазної взаємодії для реальних ливарних композиційних матеріалів, а початок та повнота взаємодії визначаються кінетичними факторами (стійкість оксидної плівки, швидкість охолодження та інші).  6. Методом лежачої краплі досліджено особливості змочування армуючої фази розплавами на основі алюмінію. Встановлено, що початок змочування в даних системах пов’язаний з розривом алюмінієвої оксидної плівки на міжфазних границях. Температура різкого зменшення кута змочування для стандартних алюмінієвих сплавів складає: A95 – 1373 ) 10 К, АК12 – 1390 ) 10 К, Д16 – 1350 ) 10 К.  7. Встановлено, що структурні параметри матричного евтектичного сплаву зменшуються із збільшенням кількості та дисперсності наповнювача за рахунок гальмування їх росту дисперсними частинками. Максимальні механічні властивості КМ при введені дисперсних частинок дисперсністю 100-200 мкм спостерігаються при їх вмісті 0.5-1 %.  8. Експериментально досліджені закономірності вакуумного просочування металевими розплавами дисперсних частинок:  - технологічні параметри просочування практично не залежать від матеріалу частинок, а залежить від їх дисперсності, армуючі елементи менше 50 мкм не просочуються розплавом;  - збільшення розрідження в формі до 20 Па приводить до різкого збільшення глибини просочування, подальше збільшення вакууму мало впливає на процес просочування. Встановлено залежність технологічних параметрів просочування від температури розплаву та форми, часу витримки та дисперсності наповнювача.  9. Розроблена технологія одержання литих заготовок із композиційних матеріалів на основі алюмінієвих сплавів з високим вмістом (біля 60 об. %) дисперсних частинок графіту, карбіду та оксиду кремнію. Розроблені матеріали перспективні для використання в якості рухомих електричних контактів та металокерамічних вставок для головки поршня двигуна внутрішнього згорання.  10. На основі технології примусового вакуумного просочування розроблена технологія одержання литих заготовок із дисперснопористих матеріалів на основі алюмінієвих сплавів, яка включає два етапи: одержання литого композиційного матеріалу, армованого дисперсними частинками, та витравлювання наповнювача відповідним розчинником, при цьому пористість матеріалу може змінюватися від 0,5 до 0,75, а питома вага від 1,1 до 0,6 г/см3.  11. Для одержання виливок, армованих невеликою кількістю дисперсних частинок графіту і карбіду кремнію (1 – 5 %), розроблено лігатурний метод введення наповнювача в розплави на основі алюмінію.  12. Розроблені оптимальні технологічні режими термопластичної обробки литих композиційних матеріалів, армованих дисперсними частинками графіту, що дозволило підвищити фізико-механічні властивості в 1,5 рази, а тріботехнічні характеристики в 2 рази.  13. Встановлено, що ливарні властивості КМ залежать не тільки від ефективної в’язкості розплаву, а і від міжфазної взаємодії дисперсних частинок з матричним розплавом. Введення 4 % частинок оксиду алюмінію розміром 100 мкм призводить до зменшення рідкоплинності на 30 %, при цьому ефективна в’язкість змінюється лише на 15 %. Показано, що рідиноплинність КМ на основі алюмінієвих сплавів за умови вводу однакової масової долі наповнювача зменшується з ростом кількості частинок, зменшенням їх розмірів та питомої ваги. При вмісті частинок менше 5 % рідиноплинність розплавів залишається достатньо високою, тому вироби з таких матеріалів можливо одержувати за звичайними ливарними технологіями. А для забезпечення ливарних властивостей КМ на рівні матричного сплаву необхідно температуру заливання розплаву збільшити в залежності від виду та кількості дисперсних частинок, так, наприклад, при вмісті 2 % частинок Al2O3 температура заливання повинна бути вищою на 30-40 К, для частинок SiC – на 45-55 К, а для частинок графіту – на 50-60 К.  14. Використовуючи розроблену термодинамічну методику та експериментально встановлені закономірності міжфазної взаємодії, вибрано оптимальний склад матричного сплаву АК12М2, розроблено спосіб введення армуючих елементів та визначено оптимальні технологічні режими одержання литих заготовок з КМ для виготовлення рухомих електричних контактів (струмознімачів) для міського електротранспорту на заміну вугільно-графітових.  15. Встановлено, що процес переходу з аморфного в кристалічний стан для об’ємноаморфних сплавів на основі систем Al-Y-Ni та Zr-Cu-Ni-Al має досить високу енергію активації (більше 200 кДж/моль), розпочинається в інтервалі температур tg – tx та має порівняно низьку інтенсивність, що дозволяє керувати цим процесом шляхом вибору температурно-часових режимів та одержувати композиційні матеріали з різним вмістом, розмірами та розподіленням дисперсної фази.  16. Показана можливість використання розробленої термодинамічної методики оцінки міжфазної взаємодії для вирішення технологічних задач, зокрема, для оптимізації складу ливарних сплавів та лігатур. | |