

**Верховлюк А.М., Щерецький О.А., Щерецький В.О., Сергієнко Р.А.,
Железняк О.В.**

(ФТІМС НАН України, Київ)

МІЖФАЗНА ВЗАЄМОДІЯ ДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК З ЛИВАРНИМИ СПЛАВАМИ НА ОСНОВІ АЛЮМІНІЮ

На даний час накопичено значний матеріал щодо застосування нанодисперсних порошків для модифікування різного типу сплавів. У зв'язку з незначною кількістю модифікатора, що вводиться (не більше 0,05 мас. %) і, відповідно, кількістю фаз, які утворюються в результаті взаємодії з розплавом не можна їх дослідити, тому що їх кількість знаходяться поза зоною чутливості сучасних рентгенофазових аналізаторів.

Фізичні властивості порошків приведено в табл. 1.

Таблиця 1. Властивості дискретних порошків [1]

Властивість	TiB ₂	SiC	Al ₂ O ₃	B ₄ C
Крист. структура	Гекс.	Гекс.	Гекс.	Ромб.
Густина, г/см ³	4,52	3,19-3,21	3,9-4,0	2,51
ТКЛР×10 ⁶ , К ⁻¹	4,6-8,1	4,63-4,70	3,6-9,6	4,78-5,00
E,×10 ⁹ Н/м ²	500	350-490	380-490	440-480
σ _в ,×10 ⁹ Н/м ²	1,29	0,4-1,7	0,2-6,5	0,35-3,5
HV,×10 ⁹ Н/м ²	–	24-28	15-18	37
T _{пл} , К	3253	2873-2970	2313	2723
Властивість	TiC	AlB ₂	AlN	WC
Крист. структура	Кубіч.	Гекс.	Гекс.	Кубіч.
Густина, г/см ³	4,9-5,0	3,17	3,25-3,30	15,0-15,3
ТКЛР×10 ⁶ , К ⁻¹	6,52-7,15	4,2-8,1	5,3	5,8-8,4
E,×10 ⁹ Н/м ²	440	350	350-380	450
σ _в ,×10 ⁹ Н/м ²	1,20-1,54	0,8-1,4	3,5-7,0	1,1-1,8
HV,×10 ⁹ Н/м ²	–	–	–	–
T _{пл} , К	3433	~850	2703	2873

Інтенсивність міжфазної взаємодії карбіду кремнію з матричним сплавом на основі системи алюміній – мідь, представником якої є ливарний сплав АМ5 (АЛ19), досить висока за рахунок присутності в його складі марганцю та титану. Дослідження показали, що максимально агресивним до частинок SiC є ливарний сплав АМг5Мц. Великий вміст магнію та цинку в ньому приводить до переходу введених частинок в карбід алюмінію при температурах значно нижчих температури солідус. Сплави на основі системи алюміній – магній також досить активно взаємодіють з дисперсними частинками. При цьому додаткове легування іншими елементами уповільнює взаємодію (наприклад, кремній в сплаві АМг5К) або значно її підсилює (наприклад, марганець в сплаві АМг5Мц).

Карбіди титану, бору та вольфраму вводять в алюмінієві розплави в основному для підвищення фізико-механічних та триботехнічних характеристик сплавів, а високодисперсний TiC використовують також для їх модифікування. Взаємодія TiC та алюмінієвого розплаву відбувається за рахунок розчинення титану в алюмінії та вивільнення при цьому активного вуглецю, який, в свою чергу, взаємодіє з розплавом і утворює карбід алюмінію. З цього витікає, що присутність в матричному сплаві титану позитивно впливає на стан розплаву і блокує утворення карбіду алюмінію. Ці висновки підтверджуються розрахунками. Наприклад, при вмісті титану в базовому сплаві 0,2 мас. % кількість можливого утворення карбіду алюмінію зменшується, а при збільшенні концентрації його до 1,0 мас. % виникнення Al₃C практично припиняється.

Карбід бору (B₄C) також досить активно взаємодіє з розплавами на основі алюмінію. При цьому утворюється борид алюмінію та карбід алюмінію, але на відміну від інших карбідів B₄C при високій температурі (вище 1200 К) більш стабільний ніж при низькій. Легування базового сплаву Cu, Mg, Ni, Mn, Fe, Zr, Y не впливає на міжфазну взаємодію наповнювача (B₄C) з матричним сплавом на основі алюмінію. Введення в базовий сплав кремнію менше одного відсотка також мало впливає на взаємодію в даній системі. Використання базових алюмінієвих сплавів, які містять 5,0 мас. % кремнію і більше приводить до зміни механізму міжфазної взаємодії в системі: дисперсні частинки карбіду бору – розплав на основі

алюмінію, борид алюмінію продовжує утворюватися, але замість карбіду алюмінію синтезується карбід кремнію.

Література:

1. Чернышова Т. А., Кобелева Л. И., Болотова Л. К., Панфилов А. В., Панфилов А. А. Дисперсно упрочненные композиционные материалы, полученные в процессе реакционного литья // Международная конференция/ Структура и свойства материалов и покрытий для работы в экстремальных условиях / Кацевели, 2004. – С. 226-227.

Волошко С.М.¹, Бурмак А.П.¹, Ворон М.М.^{1,2}, Фурманюк Я.Г.^{1,2}

(¹КПІ ім. Ігоря Сікорського; ²ФТІМС НАН України, Київ)

**АНИЗОТРОПІЯ МІКРОСТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЛАВУ
INCONEL 718, ОТРИМАНОГО МЕТОДОМ SLM**

E-mail: mykhailo.m.voron@gmail.com

Адитивні технології виробництва металевих виробів активно розвиваються у сучасному машинобудуванні, авіаційній та космічній техніці. Однією з найбільш перспективних технологій виготовлення деталей складної геометрії зі спеціальних сплавів є селективне лазерне плавлення (Selective Laser Melting, SLM). Цей метод дозволяє створювати деталі безпосередньо за цифровою моделлю шляхом пошарового сплавлення металевого порошку лазерним променем [1]. Використання цієї технології забезпечує значну економію матеріалу та дозволяє виготовляти складні конструкційні елементи, які неможливо отримати традиційними методами металургії.

Одним із матеріалів, що широко застосовується в адитивному виробництві, є жароміцний нікелевий жароміцний сплав Inconel 718, який характеризується високою міцністю, корозійною стійкістю та стабільністю властивостей при високих температурах [2]. Саме тому він широко використовується у виробництві елементів