

борирования до 6 ч образовывается двухслойное покрытие толщиной 120 мкм при 1323 К и 90 мкм при 1273 К, состоящее из внешнего борида W_2B_5 с микротвердостью 23...25 ГПа и внутреннего – α -WB с микротвердостью 31...33 ГПа. Толщина обоих слоев растет с увеличением выдержки, причем внутренний слой α -WB растет быстрее, чем внешний. Фазы подобного состава, при аналогичных температурах, обнаруживались в покрытиях и при электролитическом синтезе боридов вольфрама.

Покрытие состава α -WB было испытано на жаростойкость при 1373 и 1473 К. Защитный слой разрушается в течение 1,5 ч.

Силицирование вольфрама. Кинетику силицирования вольфрама в расплавленных солях изучали при 1073, 1123 и 1223 К в течение 2...12 ч в атмосфере аргона. Рост покрытия подчиняется параболическому закону. Температурная зависимость скорости процесса выражается уравнением:

$$K = 1,1 \cdot 10^2 \exp(-61400/RT) \text{ см}^2 \cdot \text{с} \quad (2)$$

Скорости силицирования вольфрама в расплавленных солях и в порошках близки по величине. На поверхности вольфрама образуется однослойное покрытие, состоящее из WSi_2 с микротвердостью 13...15 ГПа.

При 1223 К и продолжительности силицирования 12 ч был получен слой толщиной 35 мкм. Испытание данного покрытия при 1373 К показало увеличение жаростойкости до 60...140 ч, при 1723 К – 2,0 ч. Фазы подобного состава, при аналогичных температурах, обнаруживались в покрытиях и при электролитическом синтезе силицидов вольфрама. Защитные свойства дисилицида вольфрама связаны с образованием стекловидной пленки из α - SiO_2 на его поверхности, что отмечалось нами и ранее.

Кивгило Б.В.

(КПИ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

3D ДРУК У ЛИТТІ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ВИТОПЛЮЮТЬСЯ

E-mail:kyvgylo.bogdan@gmail.com

В основі процесу лиття за моделями, що витоплюються, лежить використання легкоплавких модельних матеріалів: модель вилівка і ливникова система виготовляється з воску, парафіну, стеарину та ін. Будь-який із цих легкоплавких матеріалів в розплавленому стані запресовують у прес-форму, а після затвердіння отримують “воскову” модель. Отриману модель разом з ливниковою системою покривають вогнетривкою суспензією. Після просушування на моделі утворюється вогнетривка оболонка, з якої виплавляють модельний склад і отримують тонкостінну ливарну форму, яку після прожарюють і заливають розплавом [1, 2].

Світові тенденції розвитку сучасних технологій та автоматизації процесів принесли у ливарне виробництво технологію 3D друку [3]. Взявши до уваги особливості технології 3D друку при виготовленні для лиття за моделями, що витоплюються, можна сказати, що ця технологія займає свою нішу у процесі виготовлення моделей.

Технологія 3D друку допомагає нівелювати значну частину підготовки виробництва та приступити безпосередньо до виготовлення моделей практично будь-якої складності (рис. 1). Розвиток 3D друку сприяв розвиненню полімерних матеріалів для друку моделей, підбір яких здійснюється конкретно під задачі виробництва [4], робочий діапазон температур яких лежить у широких межах [4].

Використання в модельних композиціях легкоплавких матеріалів з мінімальною зольністю дозволяє відразу витоплювати модель, пропускаючи стадію виплавляння та переходити відразу до прожарювання оболонки. Така технологічна особливість виробництва дозволяє збільшити продуктивність та точність, минаючи отримання

можливих дефектів, пов'язаних із складанням блоку моделей та випалюванням модельного складу. Однак при цьому збільшуються витрати модельного матеріалу.



Рис. 1. 3D принтер в процесі виготовлення моделі для лиття за моделями, що витоплюються

Переваги методу 3D друку: точність виготовлення моделі, швидкість виробництва (для невеликої кількості виробів), можливість автоматизації всього процесу.

Недоліки методу 3D друку: висока вартість та складність устаткування, неможливість повторного використання модельної композиції (без спеціального устаткування).

Беручи до уваги переваги і недоліки застосування методу 3D друку у ливарному виробництві, можна зробити висновок, що 3D друк економічно обґрунтований на початковому етапі виготовлення виливків, в одиничному або дрібносерійному виробництві та виготовленні складних моделей. Однак при подальшому розвитку цієї технології з кожним разом знижується собівартість виготовлення виробів.

Література:

1. <http://ukrarticles.pp.ua/nauka/13631-texnologiya-litya-po-vyplavlyаемым-modelyam.html>
2. https://monofilament.com.ua/science_articles/abs-pla-ili-copet-что-vybrat
3. <https://znaj.ua/techno/3d-druk-zrujnuye-zvychnyj-svit>
4. http://3dtoday.ru/wiki/FDM_materials/

Кисла Г.П., Сисосєв М.О., Черевко В.О., Любарєць Є.Б., Лобода П.І.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ SiB₆, ОТРИМАНІ РЕАКЦІЙНИМ СПІКАННЯМ

E-mail: kiparis-gpk@ukr.net

Необхідність у нових керамічних матеріалах з високими характеристиками спонукає на розробку нових композитів, виробу з яких можуть використовуватись в різних галузях техніки.

Гексаборид кремнію цікавий тим, що має високу теплоелектропровідність, високу твердість (на рівні SiC) та низьку густину (2,47 г/см³), нижчу ніж карбід бору (2,52 г/см³). Композити, отримані на основі цих сполук, повинні володіти високим значенням співвідношення властивість/питома вага. Такі композити були отримані та досліджені авторами робіт [1, 2], в яких джерелом карбону використовували фенольну смолу.

В даній роботі гексаборид кремнію синтезували з гомогенної суміші порошків бору і кремнію у вакуумній печі при температурі 1650 °С протягом 4 годин. Дифрактограма отриманого порошку наведена на рис. 1.

Порошок SiB₆ змішували з вуглецевими волокнами (5 та 10 мас. %) різної товщини в розчині каучуку в бензині та пресували зразки діаметром 8 мм та висотою 1 см. Реакційний синтез та просочування кремнієм відбувалось за одну операцію в електронно-променевої установці ЕЛА-6. Гексаборид кремнію реагує з карбоном та кремнієм з утворенням карбіду кремнію (SiC) та карбіду бору (B₄C):

