

Ворон М.М., Дрозд Е.О., Матвієць Е.А.

(ФТІМС НАН України, м. Київ)

ДОСЯГНЕННЯ У ЗАСТОСУВАННІ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ЛИВАРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

E-mail: mihail.voron@gmail.com

Електронно-променева ливарна технологія (далі ЕПЛТ) є похідною від металургійного способу одержання злитків – електронно-променевого переплаву. Ці методи дозволяють вирішувати важливу задачу одержання виливків готових виробів та напівфабрикатів з високореакційних і тугоплавких металів та сплавів на їх основі. ЕПЛТ досі є доволі рідкісною технологією, не дивлячись на явні економічні переваги у вирішенні широкого спектру задач [1].

Метод характеризується різко нестаціонарним нагрівом металу, можливістю контрольованої витримки розплаву, проведенням термочасової обробки останнього та іншими важливими технологічними особливостями. Так, наприклад, для даної технології можливе використання до 100% шихтових матеріалів у вигляді губки або різноманітних відходів. Також в умовах ЕПЛТ можливо здійснювати дошихтовку та модифікування під час плавки. На ряду з гравітаційною заливкою реалізується відцентрове лиття та лиття у форму з накладання електромагнітних полів [1, 2].

Важливою перевагою ЕПЛТ є можливість роботи з невеликими масами металу, вивчення «поведінки» різних шихтових матеріалів, моделювання, відпрацювання та перевірка режимів одержання тих чи інших сплавів та виробів з них. В Україні максимальні об'єми виплавки металу в таких установках складають приблизно 20 кг (по титану), в світі – близько 50 кг.

Першочерговим об'єктом для застосування ЕПЛТ був титан та його сплави. Згодом цей метод було ефективно використано при одержанні виливків з цирконію, ніобію, молібдену, кремнію, міді, сплавів алюмінію, нікелю та ін. Завдяки ЕПЛТ було виготовлено велику кількість промислових та експериментальних складнолегованих титанових сплавів, сплавів на основі інтерметалідів систем Ti-Al та Ti-Si [1, 3-6].

Для серійних титанових сплавів електронно-променевої виплавки було вирішено ряд технологічних задач, пов'язаних із забезпеченням необхідного хімічного складу, структури та властивостей виливків. В рамках великої кількості робіт із серійними сплавами та сплавами деяких найбільш розповсюджених систем було досліджено можливість управління структурно-фазовими параметрами та механічними властивостями сплавів [7, 8]. Для литого технічно чистого титану було досягнуто збільшення межі міцності на 40...70% при одночасному збільшенні пластичності на 30...50% порівняно з деформованим станом. Для найбільш розповсюдженого титанового сплаву ВТ6 в литому стані вдалося підвищити межу міцності на 15...30% при збереженні пластичності на рівні деформованого металу [8, 9].

Важливим в багатьох аспектах досягненням стало створення технології одержання литих трубних заготовок із сплаву Zr-1Nb на основі вітчизняного цирконію кальцій-термічного відновлення, з яких було виготовлено трубні оболонки ТВЕЛ ядерних реакторів. Також проводились дослідження по виплавці сплаву E635 системи Zr-Nb-Sn-Fe для деталей ядерних реакторів.

Електронно-променеву ливарну технологію також було використано для виплавки злитків кремнію, переплаву алюмінієвих сплавів та рафінування мідних та нікелевих сплавів [1].

Загалом, ЕПЛТ можна впевнено віднести до числа найбільш унікальних ливарних технологій з широким спектром можливостей, що можна повною мірою застосовувати для виробництва найбільш складних та відповідальних металів та сплавів.

Література:

1. Электронно-лучевая плавка в литейном производстве / Под ред. С.В. Ладохина. – К: Сталь, 2007. – 626 с.
2. Левицкий Н.И., Матвиец Е.А., Лапшук Т.В. и др. Особенности получения титановых сплавов из отходов производства в электронно-лучевой литейной установке // Процессы литья. – 2013. – № 5. – С. 55-59.
3. Ladokhin S., Chernyavsky V. The Use of Secondary Copper for the Production of Rods and Tubes by Continuous Casting in an Electron Beam Installation // Proceed. 4-th Intern. Symposium “Recycling of Metals and Engineered Materials” Pittsburg (USA), TMS, 2000, p. 529-536.
4. Левицкий Н.И., Матвиец Е.А., Лапшук Т.В., и др. Получение сложнелегированных титановых сплавов методом электронно-лучевой гарниссажной плавки // Металл и литье Украины – 2012. – № 4. – С. 6-9.
5. Матвієць Є.О. Особливості виплавки титанових сплавів з високим вмістом ніобію в електронно-променевої установці // Металл и литье Украины». – 2013. – № 1. – С. 33-34.
6. Левицкий Н.И., Лапшук Т.В., Матвиец Е.А. и др. Использование электронно-лучевой литейной технологии для производства материалов системы Ti-Al-Si // Процессы литья. – 2011. – № 6. – С. 70-75.
7. Ворон М.М. Управление структурными параметрами титана и сплавов на его основе // Вісник СевНТУ. – Серія: Механіка, енергетика, екологія. – 2012. – №133. – с. 184-190.
8. M. Voron, A. Doniy. Structure and properties management of cast α -titanium alloys, produced by electron beam skull melting with electromagnetic stirring // Electrotechnika & elektronika E+E.– 2014.–vol. 49.–№ 5/6.– p. 144-150.
9. Ворон М.М., Левицький М.І., Лапшук Т.В. Структура та властивості литих сплавів системи Ti-Al-V електронно-променевої виплавки // Металознавство та обробка металів. – 2015.– № 2 (74). – С. 29-37.

Восколович В.С.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

**ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЛИВАРНОМУ
ВИРОБНИЦТВІ**

E-mail: vosvalera96@gmail.com

Останнім часом у різних галузях науки і техніки, в тому числі і в ливарному виробництві, стрімко зростає інтерес до технологій, в яких використовуються 3D-принтери [1]. 3D-друк або «адитивне виробництво» являє собою процес створення цілісних тривимірних об'єктів практично будь-якої геометричної форми на основі цифрової моделі. 3D-друк заснований на концепції побудови об'єкта послідовно нанесеними шарами, що відображають контури моделі.

В умовах сучасного гнучкого багатонаменклатурного виробництва великий інтерес представляють безмодельні способи отримання ливарних форм [2]. Їх загальними перевагами є: малий час технологічної підготовки виробництва; скорочення витрат і зниження трудомісткості; виготовлення ливарних форм практично будь-якої складності; відсутність необхідності проектування і виготовлення моделей; можливість отримання виливків без ливарних ухилів з елементами, отримання яких утруднено при традиційних технологіях внаслідок необхідності вилучення моделей; можливість об'єднання стрижнів в єдину систему, що підвищує точність складання і, як наслідок, точність виливків. Адитивні технології можуть застосовуватися як для отримання піщаних форм з холоднотвердною сполукою або лазерним селективним спіканням (SLS), так і керамічних оболонкових форм [2].