

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  $\alpha$ -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].

На сьогодні особливе значення адитивні технології (AF – additive fabrication) мають для пришвидшеного виробництва литих деталей. AF-машини використовують для отримання: ливарних моделей, майстер-моделей, ливарних форм та ливарного оснащення. Сутність AF-технологій полягає в пошаровій побудові, пошаровому синтезі виробів – моделей, форм, майстер-моделей і т. д. шляхом фіксації шарів модельного матеріалу і їх послідовного з'єднання між собою різними способами: спіканням, сплавленням, склеюванням, полімеризацією – в залежності від нюансів конкретної технології. Ідея адитивних технологій базується на цифрових технологіях, в основі яких лежить цифровий опис виробу, його комп'ютерна модель (CAD-модель). При використанні AF-технологій всі стадії реалізації проекту від ідеї до матеріалізації знаходяться в єдиному технологічному середовищі, де кожна технологічна операція виконується в цифровій CAD\CAM\CAE – системі, що практично означає реальний перехід до «безпаперових» технологій [3].

На сьогодні передовими світовими виробниками AF-обладнання, яке набуває поширення у ливарному виробництві, є такі провідні компанії світу як FORMLABS, Photocentric, Voxeljet. Отже, адитивні технології, разом з розвитком CAD\CAM\CAE систем змінюють нашу технологічну цивілізацію. Ці зміни будуть й надалі впливати на розвиток всієї світової економіки та культури виробництва.

#### Література:

1. Колесніков В.О., Коровін Я.В., Савченко Е. Перспективи використання 3D-принтерів // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД», 20 квітня 2012 р. – С. 338 -341.
2. Технологии без модельного литья. Тенденции их развития. [Электронный ресурс]. МирПром. Режим доступа: <http://www.mirprom.ru/public/tehnologii-bezmodelnogo-litya-i-tendencii-ih-razvitiya.html>.
3. Зленко М., Забеднов П. Аддитивные технологии в опытном литейном производстве. Технологии литья металлов и пластмасс с использованием синтез-моделей и синтез-форм [Электронный ресурс]. Системы и технологии. Режим доступа: [http://ksystec.ru/download/additiv\\_tech.pdf](http://ksystec.ru/download/additiv_tech.pdf).

**Глотка А.А.**

*(ЗНТУ, г. Запорозжє)*

## **ПРИРОДА КАРБИДОВ В ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЯХ**

E-mail: [Glotka-alexander@ukr.net](mailto:Glotka-alexander@ukr.net)

В связи с возрастающим дефицитом основных легирующих элементов (W, Mo, Co, V) становится актуальным проведение работ по созданию более экономнолегированных быстрорежущих сталей, чем сталь «базовой» производительности P6M5, применяемой для обработки при обычных скоростях резания углеродистых и среднелегированных конструкционных сталей с прочностью 900...1000 МПа (HB 150...200), а также нержавеющей сталей.

Как известно, в литой стали типа P3AM3Ф2 кристаллизуются карбиды типа  $M_6C$ ,  $MC$  и  $M_2C$  которые могут образовывать эвтектические колонии. Такая структура определяется концентрацией ванадия и суммарным содержанием вольфрама и молибдена, то есть количеством карбидообразующих элементов и их соотношением. После проведения термической обработки, как правило, карбид  $M_2C$  распадается на  $M_6C$  и  $MC$ .

Дополнительное легирование ниобием не приводит к изменению типа карбидов в литом состоянии. Однако в структуре отсутствуют карбиды типа  $M_6C$ , которые заменены вновь появившимися карбидами на основе титана и ниобия. Также карбид типа  $VC$  стал дополнительно легированным титаном и ниобием.