

УДК 621.77:621.762

Манжос В.Г.¹, Івасішин О.М.², Торба Ю.І.³

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² проф., акад. НАН України, Інститут металофізики НАН України

³ доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗРОБКА ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСНОВ ОТРИМАННЯ ВИРОБІВ ДЛЯ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕКЦІЙНОГО ФОРМУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ

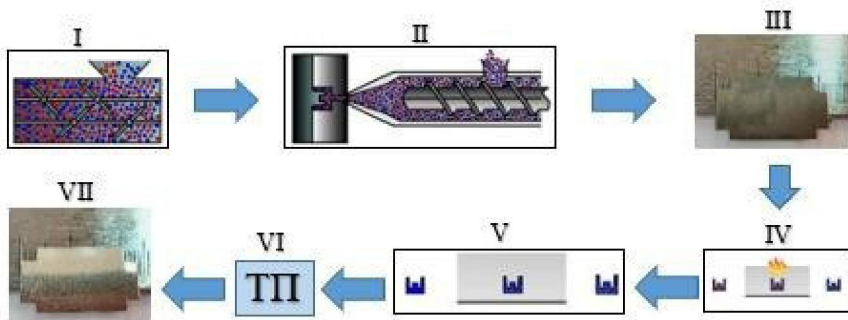
Виробництво авіаційних двигунів з високими характеристиками є стратегічною задачею, успішне вирішення якої відіграє важливе значення для підвищення обороноздатності країни. Важливим завданням авіабудування є розробка прогресивних технологій створення таких ключових деталей двигунів, як лопатки та диски газових турбін тощо, з високими експлуатаційними характеристиками. При виготовленні цих відповідальних деталей є необхідним забезпечення їх механічних та експлуатаційних властивостей одночасно із високою точністю складної геометричної форми, що працюють при підви-

щених температурах, тому для їх виготовлення використовують жароміцні та корозійностійкі матеріали: високовартісні сплави на основі нікелю (робочі температури до 1000°C) та титанові сплави (до 550-600 оС). Вказані деталі зазвичай виробляють складними та багатостадійними технологіями штампування з подальшою механічною обробкою, але, на жаль, при виробництві лопаток складної геометричної форми значна кількість дорогих матеріалів втрачається у вигляді відходів. Це вимагає розробки нових економічних методів виробництва відповідальних деталей складної форми із заданими характеристиками з нікелевих та титанових сплавів.

Нікелевий сплав Inconel 718 (Ni-Cr-Fe-Nb-Al-Ti) широко використовується при виготовленні лопаток авіаційних двигунів завдяки високій стійкості до повзучості і окислення та необхідних механічних властивостей при температурах близько 650оС [1-3]. Даний сплав досягає потрібних характеристик твердості та міцності завдяки механізму дисперсійного зміцнення. Одночасно з цим необхідно уникнути появи небажаних фаз, які ведуть до погіршення механічних властивостей. Тому правильний вибір режимів термообробки сплаву для забезпечення формування бажаного фазового стану і мікроструктури є ключовим при отриманні виробів з відповідними властивостями.

Головною проблемою легких, високоміцних та корозійностійких титанових сплавів [4] є їх відносно висока ціна. Тому ключовою задачею матеріалознавства титанових сплавів також є розробка економічних технологій отримання виробів складної форми при досягненні усіх привабливих характеристик.

Для вирішення вищевказаних проблем при отриманні виробів складної форми із заданою структурою та характеристиками широкого застосування набуває технологія інжекційного формування металевих порошків (metal injection molding - MIM) [5], яка є перспективною саме для масового виробництва точних деталей відносно невеликого розміру (до 30-40 мм). MIM-технології полягають в формуванні при відносно низьких тисках сумішей металевих порошків та органічних зв'язок у заготовки складної геометричної форми, з наступним видаленням зв'язки та спіканням порошків, в результаті чого отримується готовий виріб заданої геометрії. При необхідності після спікання виріб піддається фінішній термічній та механічній обробці, забезпечуючи досягнення заданого комплексу властивостей (рис.1). Ціна складних деталей, виготовлених за MIM-технологією, значно нижча, ніж вартість деталей, виготовлених за допомогою класичних методів, враховуючи меншу кількість технологічних операцій та мінімальну кількість відходів матеріалу.



I – змішування металевого порошку зі зв’язуючою речовиною;
 II – процес інжекційного формування металевого порошку МІМ;
 III – напівфабрикат; IV – видалення зв’язуючої речовини; V – спікання (термообробка по спец. техпроцесу); VI – механічна обробка; VII – готовий виріб.

Рисунок 1 – Структура технології інжекційного формування металевих порошків виробництва лопаток компресорів ГТД.

Основні переваги МІМ технології полягають у зниженні витрат на технологічну підготовку, скорочення циклу виробництва, виробничих витрат устаткування та збільшення обсягів готової продукції порівняно з традиційними методами виготовлення, а також у можливості отримання компактних напівфабрикатів зі складнолегованих жароміцних та титанових сплавів, що важко піддаються обробці. Технологія дозволяє мінімізувати кількість відходів матеріалу та сприяє підвищенню екологічності виробництва.

Окрема увага у дослідженні приділяється точності формоутворення основних профільних поверхонь лопаток. Формоутворення виконується за технологією інжекційного пресування. Цей метод дозволяє набагато швидше змінювати конструкцію типових деталей, внаслідок чого зменшуються витрати на оснащення та скорочується час підготовки виробництва, що є критично важливим для дослідних і ремонтних виробництв, де потреби у виробництві малих серій з різноманітними характеристиками є звичним явищем. Він дозволяє отримувати як малі та великі партії напівфабрикатів різного хімічного складу так і різні за профілем лопатки ГТД.

Таким чином, розроблена технологія представляє собою сучасний ефективний метод для виробництва лопаток компресора ГТД, що задовольняє світовим вимогам до якості, вартості виробництва та екологічності. Можливість швидкої адаптації до змінних потреб виробництва робить цю технологію особливо цінною для підприємств, де потреба у високій змінності та оптимізації виробничих процесів є вирішальною.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sutton G. P. Rocket Propulsion Elements / G. P. Sutton, O. Biblarz. – 7th ed. – John Wiley & Sons, 2001. – 764 p.
2. Donachie M. J. Superalloys: A Technical Guide / M. J. Donachie, S. J. Donachie. – 2nd ed. – ASM International, 2002. – 439 p.
3. Qi H. et al. Metall. Mater. Trans. A. – 2009. – 40 (10). – P. 2410–2422.
4. Lutjering G. Titanium / G. Lutjering, J. C. Williams. – 2nd ed. – Springer, 2007. – 385 p.
5. Handbook of Metal Injection Moulding / edited by Donald F. Heaney. – Woodhead Publishing Limited, Sawston, Cambridge, UK, 2012. – 602 p.