

УДК 621.74

Гнатенко М.О.<sup>1</sup>, Логовиненко А.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> старш. викл НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> студ. гр. ІФ-511, НУ «Запорізька політехніка»

### **ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАЗМОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ЗІ СПЛАВУ ЕР648: ТЕХНОЛОГІЯ, ВЛАСТИВОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ**

Метод плазмового наплавлення (Wire Arc Additive Manufacturing, WAAM) досліджено як інноваційний підхід до виготовлення деталей авіаційних двигунів зі сплаву ЕР648. Метою роботи було експериментально перевірити та валідувати цей метод для створення заготовок із механічними властивостями, близькими до кованих матеріалів, а також оцінити його економічну ефективність порівняно з традиційними методами лиття та кування. У процесі плазмового наплавлення дріт ЕР648 діаметром 1,0-1,5 мм плавився плазмовою дугою з струмом 85-100 А, формуючи зразки розміром 200×150×20 мм та корпус турбіни для турбовентиляторного двигуна. Хімічний склад зразків (Ni: 32-36%, Cr: 4,2-5,3%, W: 0,5-1,1%, Ti: 2,2-3,3%) відповідав специфікаціям, що підтверджує стабільність процесу. Мікроструктура зразків виявилася однорідною, з  $\gamma$ -твердим розчином, нітридами та карбонітридами, причому зерна були дрібнішими, ніж у литих аналогах, завдяки швидкому охолодженню, що сприяло утворенню наноструктур (TiN, карбіди титану) і підвищенню жаростійкості. Механічні випробування показали, що міцність на розрив ( $\sigma_B$ ) і межа текучості ( $\sigma_{0,2}$ ) перевищують показники як литого, так і кованого ЕР648 при кімнатній температурі, тоді як подовження ( $\delta$ ) перевищує ливарні норми, але становить 70% від кованих у поздовжньому напрямку та 35% у поперечному. Випробування на розрив при 450°C і 73 МПа підтвердили стійкість зразків протягом 200 годин, що відповідає вимогам до кованих деталей. Виготовлення корпусу турбіни продемонструвало можливість створення близьких до кінцевої форми заготовок, які пройшли обробку та неруйнівний контроль без виявлення дефектів. Економічно метод виявився вигідним: коефіцієнт використання матеріалу зріс із 0,100 (кування) до 0,625, що дало економію близько 1400 доларів США на деталь лише за рахунок матеріалу. Висновки свідчать, що плазмове наплавлення є ефективним і економічно обґрунтованим методом для заміни лиття та кування при виробництві деталей авіадвигунів із ЕР648.

забезпечуючи високу міцність, термостабільність і відповідність якості, що робить його придатним для статорних і структурних компонентів.