

УДК 669.24.002.8:621.74.045

Кудін В.В.¹, Бойчук Р.В.², Кармазін М.О.³, Коняхін А.О.⁴

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

^{2, 3} асп. НУ «Запорізька політехніка»

⁴ студ. гр. ІФ-514м НУ «Запорізька політехніка»

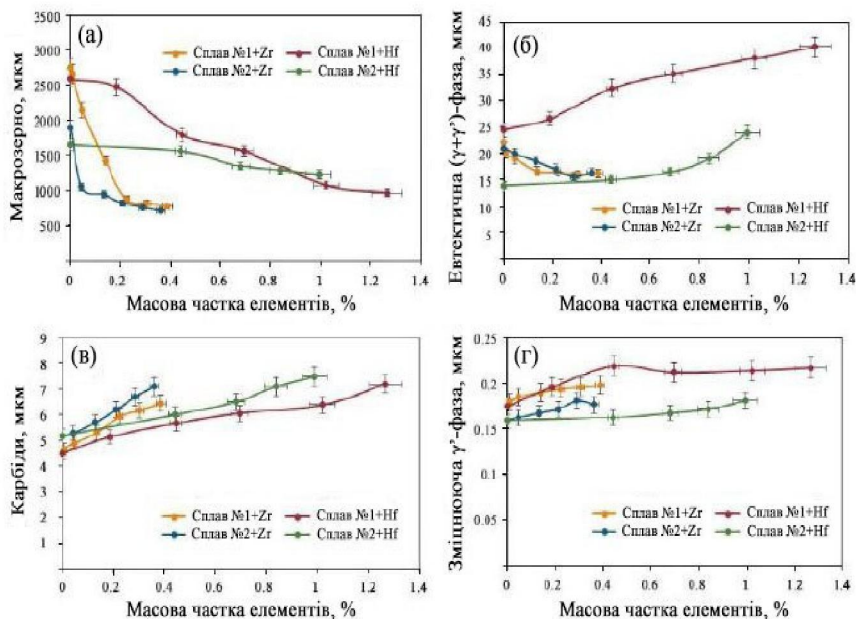
ВДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ ІЗ ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ

Розвиток авіаційного газотурбобудування направлений на зростання робочих параметрів газотурбінних двигунів (ГТД), яке супроводжується збільшенням рівня температур, питомої потужності, економічності та навантаженості деталей турбіни з одночасним підвищенням вимог до надійності та ресурсу роботи ГТД. Надійність і тривалість роботи ГТД залежать від експлуатаційної довговічності деталей гарячого тракту турбіни: лопатки та соплові апарати. Основними сплавами для виготовлення цих деталей є високолеговані жароміцні сплави на нікелевій основі [1]. Експлуатаційна довговічність лопаток залежить від стабільності структури та властивостей жароміцних нікелевих сплавів. Поліпшення цих показників можливо шляхом вдосконалення технології виробництва лопаток додаванням раціональної кількості модифікаторів гафнію та цирконію.

Металографічний аналіз макроструктури лопаток показав, що введення гафнію та цирконію в нікелеві сплави сприяло зменшенню середнього розміру макрозерна (рис. 1 а), кількості та розмірів крихкої складової у вигляді фасеток внутрішньо зеренного сколу. Модифікування лопаток гафнієм та цирконієм зменшувало розміри дендритних осередків та відстані між осями дендритів, дробленню гілок карбідів типу «китайських ієрогліфів» та їх глобуляризації (рис. 1 в).

В мікроструктурі сплавів виділялася евтектична ($\gamma+\gamma'$)-фаза у міжвісних просторах та на межах зерен у вигляді цілісних конгломератів «пелюсток» ($\gamma+\gamma'$)-фази і прожилок γ -фази. Модифікування сплавів гафнієм та цирконієм призводило до зміни її морфології, кількості та розмірів. Кількісна оцінка евтектичної ($\gamma+\gamma'$)-фази показала, що середній розмір фази збільшувався з підвищенням вмісту гафнію. В сплавах модифікованими гафнієм кількість збільшилася в 2 рази, середній розмір 1,6 рази. Модифікування сплавів цирконієм збільшувало вміст, але зменшувало середній розмір ($\gamma+\gamma'$)-фази з 20 до 16 мкм (рис. 1 б).

Термічна обробка призводила до збільшення розмірів зміцнюючої γ' -фази в осях і міжосних просторах дендритів та вирівнюванню за хімічним складом в об'ємі металу. Кількісний аналіз показав, що модифікування гафнієм та цирконієм збільшувало її середній розмір (рис. 1 г).



а - макрозерно; б - $(\gamma+\gamma')$ -фаза; в - карбіди; г - зміцнююча γ' -фаза.
Рисунок 1 – Розміри складових сплавів з гафнієм та цирконієм.

Розроблені технології виробництва лопаток ГТД з жароміцних нікелевих сплавів модифікованих гафнієм та цирконієм підвищили межу міцності лопаток на 7%, відносне подовження на 50%, ударну в'язкість на 30% і тривалу міцність при 850°C на 20%, при 975°C на 30%. Розроблені технології модифікування жароміцних нікелевих сплавів гафнієм та цирконієм покращують структуру лопаток, що дозволяє забезпечити більш високий рівень фізико-механічних властивостей, збільшити термін служби деталей гарячого тракту, що в цілому підвищить експлуатаційну довговічність роботи газотурбінних двигунів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патон Б., Халатов А., Костенко Д., Білека Б., Письменний О., Боцула А., Парафійник В., Коняхін В. Концепція (проект) державної науково-технічної програми «Створення промислових газотурбінних двигунів нового покоління для газової промисловості та енергетики». Вісник НАН України. 2008. № 4. С. 3-9. ISSN 2518-1203. <https://doi.org/10.15407/vision>.