

УДК 662.24:621.762:621.777:621.78

Біліонок Д. І.
інженер-технолог, ПАТ «Мотор Січ»,
м. Запоріжжя, Україна

Шило В. Г.
начальник бюро, ПАТ «Мотор Січ»,
м. Запоріжжя, Україна

Педаш О. О.
канд. техн. наук, начальник відділу досліджень, ПАТ «Мотор Січ»
м. Запоріжжя, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТАЛУРГІЇ ГРАНУЛ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДИСКІВ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

Металургія гранул, що поєднує в собі виготовлення мікррозливків-гранул з високою швидкістю охолодження з наступною консолідацією процесом гарячого ізостатичного пресування, дозволяє досягти в сплаві щільної безпористої структури, уникнення дендритної й зональної ліквації, відсутності утворення пор, рихлот та мікротріщин. Окрім того, за допомогою металургії гранул є можливим отримувати заготовки деталей з мінімальними припусками під механічну обробку й тим самим забезпечуючи високий коефіцієнт використання матеріалу. Створення в гранулах бездефектної та безлікваційної структури, відповідно, чинить позитивний вплив на рівень механічних властивостей, жароміцності, опору втомі кінцевого виробу.

До дисків авіаційних двигунів висуваються вимоги щодо необхідного комплексу механічних та експлуатаційних характеристик, які включають опір високотемпературній повзучості та руйнуванню, високу високотемпературну міцність, тріщиностійкість, високу міцність при розтягненні, пластичність та опір малоциклової втомі.

Герметизовані заготовки, заповнені гранулами жароміцного нікелевого сплаву ЕП741НП (фракція гранул 50...140 мкм, виготовлених за технологією відцентрового плазмового розпилення) перевіряли на герметичність й піддавали гарячому ізостатичному пресуванню (ГП) на ізостатичному пресі Quintus.

В процесі ГП (при температурі $1200 \pm 10^\circ\text{C}$, з тиском 140 МПа та наступною витримкою 4–4,5 години) в герметизованих заготовках відбувалася консолідація порошків в єдиний монолітний матеріал.

Пленарне засідання

Скомпактовані заготовки були піддані механічній обробці, а також термічній обробці у вакуумній печі. Термічна обробка складалася з гартування при $1200 \pm 10^\circ\text{C}$ протягом 4 год. з наступним прискореним охолодженням, а також потрійного старіння: при $910 \pm 10^\circ\text{C}$ протягом 3 год., при $750 \pm 10^\circ\text{C}$ протягом 8 год., при $700 \pm 10^\circ\text{C}$ протягом 17 год.

З технологічного припуску заготовок було вирізано зразки для дослідження макро- та мікроструктури, короткочасних випробувань, довготривалої міцності, малоциклової втоми.

Результати досліджень показали, що макроструктура зразків характеризувалась рівномірною, дрібнозернистою будовою, величина макрозерна не перевищувала 1 мм. Дефектів металургійного походження не було виявлено.

Злами, досліджені на зруйнованих ударних зразках, внутрішньогранульні, ознак міжгранульного руйнування не виявлено.

Мікроструктура зразків являла собою γ -твердий розчин, що зміцнений інтерметалідною γ' - фазою з наявністю карбідів та карбонітридів, яка характерна для термообробленого жароміцного сплаву ЕП741НП. Мікроструктура характеризувалась дрібним, рівномірним зерном основного γ -твердого розчину.

Проведені ГП та термообробки сприяли майже повній відсутності мікропористості в зразках. В структурі також були виявлені границі окремих гранул, що допускаються НТД.

Рентгеноспектральним мікроаналізом на границях гранул виявили скупчення вторинних дрібнодисперсних карбідів титану, молібдену, вольфраму, ніобію, гафнію, що утворилися в процесі ГП та термообробки

За результатами контролю механічних властивостей, довготривалої міцності, МЦВ встановлено їх повну відповідність технічним умовам, відмічено тенденцію до забезпечення високого рівня дослідних властивостей.