

НАНОМОДИФІКУВАННЯ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВІВ

Матеріалом досліджень послуговував жароміцний нікелевий сплав ЖСЗДК-ВИ, який застосовується для виготовлення робочих лопаток ГТД.

Для введення порошків модифікатора в розплав розроблена технологія, що складається з трьох етапів. На першому етапі методом порошкової металургії в атриторії змішували порошки нікелевого сплаву з порошком модифікатора. На другому етапі проводили пресування порошків в сталевій пресформі. Третім етапом було введення порошку в рідкий розплав жароміцного нікелевого сплаву. Атриторну обробку сумішей порошків проводили в три етапи. На першому відбувалося розплющення і розмелювання окремих частинок; на другому - руйнування і перебудова структури частинок за рахунок холодного зварювання різнорідних частинок та утворення шаруватої структури; третім етапом було витончення компонентів шарів і підвищення внутрішньої однорідності частинок. Теоретичною основою атриторної обробки є уявлення про систему куля-порошок як багатокомпонентної в'язкої рідини, інтенсивність переміщення компонентів якої визначається турбулентною дифузією. При обертанні мішалки в рух приводиться вся маса куль, що знаходяться в робочій камері. Безпосередньо мішалкою приводиться в обертання відносно невелика кількість куль, інші приводяться в рух шляхом естафетної передачі імпульсів від кулі до кулі.

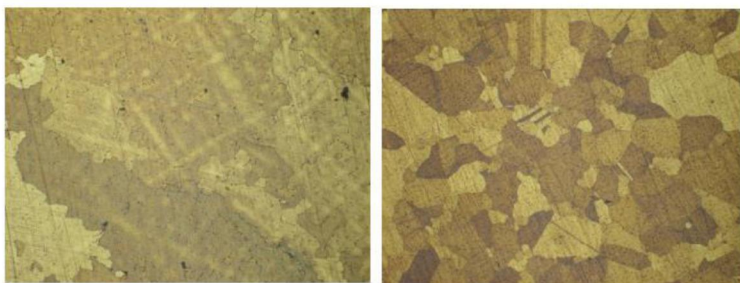
Основою модифікатора є нанодисперсний модифікатор - карбонітрид титану Ti (C, N), відповідний ТУ У 24.6-2424050-001-2002. склад спресованих таблеток: нанопорошок Ti (C, N) і Ti розміром 50...100 нм; порошок Al розміром 20...40 мкм; Al-пудра. Пігулка комплексного модифікатора, потрапляючи в розплав, розчиняється в ньому і рівномірно розподіляється за обсягом розплаву шляхом індукційного перемішування.

Механізм дії наномодифікатора в розплаві полягає в тому, що на поверхні часток Ti (CN) відбувається зародження первинних кристалів аустенітної γ -фази. Наномодифікатор робить дисперсними дендрити первинного аустеніту в сплаві ЖСЗДК-ВИ.

Дослідження макроструктури сплаву в початковому стані показало, що структура сплаву вкрай неоднорідна по перетину. Вихідні зразки мали крупнокристалічну структуру з розміром зерен 3...10 мм. Модифіковані зразки мали більш однорідну, дрібнозернисту структуру з розміром зерен до 1 мм. Таким чином, внаслідок наномодифікування середній розмір зерна зменшився в 6...10 раз.

Дослідження мікроструктури сплаву показало, що у немодифікованому зразку присутні достатньо крупні включення різної морфології, що розташовані по межах зерен. Тугоплавкі карбіди утворюються на стику зерен, що значно знижує міцність сплаву - вони можуть служити осередком руйнування. Деякі включення досягали 14 мкм. У модифікованому сплаві включення значно дисперсніші і розташовуються переважно всередині зерен.

Модифікування сплаву ЖСЗДК-ВІ приводить до істотної зміни структури. Утворення тугоплавких зміцнюючих фаз мають розмір одного порядку 1...3 мкм, одномірно розподілені по всьому об'єму сплаву, не розташовуються в групі. Розмір включень зменшився в 4...5 разів у порівнянні із вихідним станом. [1].



а

б

а - до модифікування; б - після модифікування.

Рисунок 1 - Макроструктура сплаву ЖСЗДК-ВІ, х50.

Формування при модифікуванні зміцненого нікелевого твердого розчину і більш розвиненої зерномежевої структури привело до підвищення комплексу механічних властивостей модифікованого сплаву ЖСЗДК-ВІ (межі міцності, межі текучості, відносного подовження і ударної в'язкості) в порівнянні з немодифікованим станом. Механічні властивості визначали на пальчикових зразках після стандартної термозміцнюючої обробки. Досягнуто значне підвищення міцностних і пластичних властивостей: σ_B вдалося підвищити на 8...10 %; σ_T - на 11...13 %; δ - в 1,1...1,3 рази; КСЧ різко підвищена на 40...44 %.

Встановлено, що у всіх зразках мало місце внутрішнє окислення. Більш інтенсивне високотемпературне окислення спостерігали в немодифікованому зразку глибиною ~ 40 мкм в порівнянні з модифікованим зразком, де глибина корозії складала 30 мкм. Таким чином, досягнуто зниження корозійного ушкодження на 10 мкм або 25 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Калініна, Н.Є. Отримання високоміцних алюмінієвих сплавів модифікування ультрадисперсними композиціями [Текст] / Н.Є. Калініна, О.А. Кавець // Авіаційно-космічна техніка та технологія. – Харків, 2005. - №8 (24). - С. 18-20.