

УДК 669.2

Ланін В.Ю.¹, Доновський І.О.¹, Кононенко А.В.¹,
Скребцов А.А.², Кононенко Ю.І.³

¹ асп. «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

³ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ПОЛІПШЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРЕСУВАННЯ ТА СПІКАННЯ ТИТАНОВИХ ПОРОШКІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ AEROSIL®

Високі вимоги до матеріалів в авіакосмічній галузі та медицині зумовлюють необхідність розробки нових перспективних сплавів або вдосконалення технології отримання вже існуючих. Застосування методів порошкової металургії дозволяє виготовляти деталі майже без відходів, що забезпечує суттєву економію сировини. Це є особливо актуальним для дороговартісних виробів із титану та його сплавів.

Основними технологічними етапами порошкової металургії, які визначають формування заготовки, є пресування та спікання. Незадовільне компактування під час пресування призводить до високої залишкової пористості та неоднорідності щільності, що унеможливорює використання таких матеріалів у відповідальних вузлах. Низький ступінь ущільнення часто спричинений недостатньою текучістю порошку, наявністю дефектів частинок, а також порушенням суворих умов його пакування та зберігання (зокрема, через адсорбцію вологи). Знизити чутливість титанових порошків до умов зберігання та покращити їхнє формування можна за допомогою спеціальних допоміжних речовин.

Ефективним рішенням для покращення текучості є використання продуктів лінійки AEROSIL® (виробництва Evonik Industries AG), які являють собою високодисперсний діоксид кремнію (SiO_2). Згідно з рекомендаціями виробника, для істотного підвищення сипкості достатньо ввести мінімальну кількість цієї добавки. Водночас, відповідно до діаграми стану системи Ti-Si, кремній має вкрай обмежену розчинність в титані. Встановлено, що граничною концентрацією, яка не чинить негативного впливу на процеси структуроутворення під час спікання, є 0,2 % діоксиду кремнію.

Для вивчення того, як допоміжна речовина впливає на структуру та властивості пресованих матеріалів, було підготовлено дослідні зразки на основі порошку ПТ5. До вихідної суміші додавали діоксид кремнію у кількості від 0,05 % до 0,2 % із кроком 0,05 %. Процес виготовлення відбувався за класичною технологією порошкової металургії: суміш пресували під тиском 18 т/см², після чого спікали у вакуумі за температури 1200 °C з ізотермічною витримкою протягом 240 хвилин.

Проводили статистичну обробку результатів вимірювання: діаметру, висоти, усадки лінійних розмірів та об'єму після пресування та спікання. Отримані дані дозволили встановити, що при збільшенні вмісту діоксиду кремнію в порошковій суміші не відбуваються зміни діаметру і висоти. При цьому усадка діаметру зменшується з 2,3 % до 2,1 %, а висоти від 3,0 % до 2,5 %. Критерієм позитивного перебігу процесу спікання є об'ємна усадка зразків. Спостережуване зменшення усадки зі збільшенням вмісту добавки після спікання можна пояснити таким чином. За умов високотемпературного нагріву активізується взаємна дифузія між контактуючими частинками титанового порошку. Інтенсифікація цих дифузійних процесів зумовлює зростання міжчастинкових контактів (формування "шийок"), об'єднання частинок та подальшу рекристалізацію. Однак наявність залишків діоксиду кремнію на поверхні частинок створює бар'єрний прошарок, який перешкоджає безпосередньому контакту між ювенільними поверхнями металу. Відповідно, збільшення концентрації SiO_2 гальмує процеси масопереносу та негативно впливає на величину усадки. Наряду з цим, оцінка дисперсії усадки діаметру показала, що вона збільшується від 0,01 % (при 0,05 % SiO_2) до 0,17 % (при 0,15 % SiO_2), а потім знижується до 0,04 % (при 0,20 % SiO_2). Зміна дисперсії усадки висоти відбувалась за схожою тенденцією: збільшувалась від 0,4 % (при 0,05 % SiO_2) до 1,7 % (при 0,15 % SiO_2), а потім знижувалась до 0,5 % (при 0,20 % SiO_2).

Результати досліджень усадки та її дисперсії дозволяють рекомендувати для поліпшення процесів пресування та спіканні порошку титану ПТ5 Aerosil у концентрації до 0,05 %.