

Винахід відноситься до порошкової металургії, а саме до способів отримання деталей з титанових сплавів і може бути використаний в різних галузях техніки: автомобільне машинобудування, машинобудування для нафтової, газової, хімічної промисловості, тощо.

Відомий спосіб виготовлення спечених виробів з порошку титанового сплаву (Патент №6092605, Японія, Бюл. ИСМ №4 1998р., МКП В22F3/24), який включає пресування вихідних елементарних порошків, спікання у вакуумі, гаряче ізостатичне формування сплаву в двофазній альфа+бета області та дробеструйну обробку отриманої заготовки для усунення залишкових пор у поверхневому шарі.

Недоліком цього методу є наявність залишкової пористості у внутрішніх об'ємах виробів, що знижує їх механічні властивості, зокрема, міцність.

Відомий спосіб отримання титанових сплавів методом змішування елементарних порошків (Заявка №1-29864, Японія, Бюл. ИСМ №3 1990р., МКП С22F1/18, В22F3/24, С22C1/4), який включає пресування суміші металевих порошків, спікання у вакуумі, закалку отриманого сплаву від температур бета-області, пресування при температурі  $>800^{\circ}\text{C}$

Головним недоліком деталей, отриманих цим способом, є їх окислення в процесі гарячого пресування при високих температурах, і зниження внаслідок цього механічних властивостей.

Найбільш близьким до заявляемого є "Спечений порошковий титановий сплав і спосіб його отримання" (Патент №4432795, США, 1984, ИСМ №10 84, МКП С22C14/00, С22C1/04, Е22F1/00), який включає розмелювання часток легуючих елементів, які утворюють з титаном сплави, до розмірів менше 20мкм, змішування їх з частками основи, що містить титан, розміром більше 40мкм, пресують суміші у виріб необхідної конфігурації і спікання при температурах, при яких не утворюються рідкі фази. Це дозволяє отримати сплав з густиною, наближеною до теоретичного значення.

Недоліком цього способу є погіршення механічних властивостей сплаву внаслідок забруднення шихти киснем, залізом та іншими домішками.

Технічною задачею пропонуемого винаходу є створення способу отримання виробів з титанових сплавів, які мають високий комплекс механічних властивостей.

Технічна задача вирішується за рахунок того, що порошок основи, що містить титан, змішують з порошками легуючих елементів, які утворюють з титаном сплави, пресують у виріб та спікають у вакуумі при температурах, при яких не утворюється жодної рідкої фази, причому, як основу, яка містить титан, використовують порошок гідриду титану з розміром часток  $<100\text{мкм}$ , змішують з порошками легуючих елементів з розміром часток не більше  $1/3-2/3$  від розмірів часток основи, пресують при тиску 400-1000МПа, при цьому при нагріванні в інтервалі температур  $400-900^{\circ}\text{C}$  контролюють водень, який виділяється у вакуумованій камері, до тиску  $10^4\text{Па}$ , потім продовжують нагрів виробів до температури спікання з одночасним зниженням тиску у камері до  $10^2\text{Па}$ , нагрів до температури спікання проводять зі швидкістю  $10-15^{\circ}\text{C/хв}$ .

Використання порошків гідриду титану і порошків легуючих елементів вказаного розміру обумовлено тим, що швидка хімічна гомогенізація і висока відносна густина матеріалу після спікання досягається при мінімальному розмірі часток основи і легуючих елементів, але з іншого боку, при зменшенні розмірів часток в порошках різко зростає вміст хімічних домішок. Вказаний розмір порошків основи і легуючих елементів дозволяє досягати швидкої гомогенізації і високої густини спеченого матеріалу при збереженні вмісту домішок на необхідному рівні. Використання порошку гідриду титану як основи, що містить титан, створює в порошкових заготовках умови для прискореного фазоутворення і активації процесів спікання [Порошкова металургія №9-10, 1999, стор.63-70]. При нагріванні у вакуумі гідрид титану розпадається з виділенням водню в температурному інтервалі  $400-900^{\circ}\text{C}$ , в результаті чого утворюється титан з високою густиною дефектів кристалічної структури, що значно прискорює дифузійні процеси. Атомарний водень, що виділяється при цьому, позитивно впливає на процеси спікання і утворення сплаву, відновлюючи окисли, які містяться, головним чином, по поверхні порошкових часток, тим самим очищаючи міжчасткові границі і сприяючи більш швидкому протіканню взаємної дифузії між компонентами суміші. Для максимального використання позитивного впливу водню необхідне збереження його високої концентрації в порошкових пресовках і поступовий (повільний) вихід водню з матеріалу в процесі нагрівання до температур, при яких починається спікання. Оскільки з підвищенням температури концентрація водню, розчиненого в титані, різко зменшується, то для збереження водню в ґратці титану до температури  $900^{\circ}\text{C}$ , поступово підвищують парціальний тиск водню в камері до  $10^4\text{Па}$  при нагріванні в інтервалі температур  $400-900^{\circ}\text{C}$ . Подальше нагрівання до температури спікання з одночасним видаленням водню з камери і відновленням вакууму  $10^2\text{Па}$  проводять для видалення водню з матеріалу, перетворення багатофазної вихідної порошкової суміші в хімічногетерогенний матеріал і утворення сплаву з високою відносною густиною (до 99%), що забезпечує високі механічні властивості, такі як міцність і пластичність. Водень, позитивний вплив якого використовують на стадії нагрівання, при спіканні у вакуумі повністю видаляють, щоб він не впливав негативно на властивості кінцевого матеріалу.

Для отримання високих механічних властивостей спечених виробів використовують порошок гідриду титану з розміром часток  $<100\text{мкм}$ , оскільки при розмірах часток  $>100\text{мкм}$  відносна густина спеченого сплаву зменшується до 98% і нижче. Розмір часток порошків легуючих елементів не повинен перевищувати  $1/3-2/3$  від розмірів часток основи. Використання порошків основи і порошків легуючих елементів з розмірами, меншими від вказаних, веде до надмірного забруднення матеріалу домішками. При використанні порошків легуючих елементів крім необхідності швидкої хімічної гомогенізації, досягнення високої густини і збереження відносно низького вмісту домішок, необхідно враховувати температуру плавлення легкоплавких легуючих порошків при нагріванні. Необхідно, щоб порошки легуючих елементів повністю вступали в реакцію сплавоутворення з титаном ще у твердому стані, до температур плавлення. З цієї причини при використанні легкоплавких порошків легуючих елементів, розмір їх часток повинен бути не більше  $1/3$  від розмірів часток титанової основи. Використання більшого розміру часток приводить до реакції порошків легкоплавких елементів з титаном частково або повністю у рідкому стані. Пресування

заготовок необхідної форми проводять в прес-формах при тиску 400-1000МПа. При тиску <400МПа порошкові заготовки недостатньо міцні, а при тиску >1000МПа розтріскуються внаслідок значних внутрішніх напруг.

Спінання заготовок проводять у вакуумній камері при тиску не вище  $10^{-2}$  Па тому, що при вищому тиску зразки окислюються в процесі нагрівання і спікання, а менший тиск є необхідною умовою для отримання високих характеристик спеченого матеріалу. Нагрівання отриманих заготовок проводять із швидкістю 10-15°C/хв тому, що при швидкості нагрівання >15°C/хв заготовки розтріскуються внаслідок інтенсивного виділення водню при розпаді гідриду титану, а швидкість <10°C/хв не покращує характеристик спеченого матеріалу. Тиск водню в камері контролюють в процесі нагрівання в інтервалі температур 400-900°C тому, що при температурах <400°C кількість водню, що виділяється, незначна, а при >900°C процес, виходу атомарного водню з матеріалу майже завершується, що зводить до мінімуму позитивний вплив водню на сплав. Зниження тиску водню в камері і відновлення початкового тиску не вище  $10^{-2}$  Па з одночасним нагрівом до температури спікання знижує у спеченому матеріалі концентрацію водню до рівня, який не впливає негативно на механічні властивості. Спосіб дозволяє отримати хімічно гомогенний матеріал з високою густиною, що забезпечує механічні властивості виробів, які не поступаються властивостям литих сплавів відповідного хімічного складу.

#### Приклад 1

До порошку гідриду титану з розміром часток менше 100мкм додають порошки лігатур Ti-Al та Al-V з розміром часток не більше 65мкм, що складає 2/3 від розмірів часток титанової основи, у кількості, яка відповідає стехіометричному складу Ti-6Al-4V. Порошки змішують протягом 6 годин, суміш пресують при тиску 700МПа у заготовку необхідної форми, яку нагрівають у вакуумованій при тиску  $10^{-2}$  Па камері зі швидкістю 10°C/хв до температури 1350°C, при якій не утворюються рідкі фази. В процесі нагрівання в інтервалі температур 400-900°C контролюють підвищення тиску у камері до  $10^4$  Па за рахунок водню, що виділяється, а при температурі після 900°C тиск поступово знижують до  $10^{-2}$  Па і заготовку спікають при 1350°C протягом 4 годин. За даними мікроструктурного, рентгенівського і мікрорентгеноспектрального аналізу, одержують хімічно і мікроструктурно гомогенний сплав Ti-6Al-4V, відносна густина якого складає 98.9%. Межа міцності отриманого матеріалу 960МПа, пластичність при розтягу 7%.

#### Приклад 2

До порошку гідриду титану з розміром часток менше 75мкм додають порошки алюмінію і ванадію з розміром часток не більше 25мкм, що складає 1/3 від розмірів часток титанової основи у кількості, яка відповідає стехіометричному складу Ti-6Al-4V. Порошки змішують протягом 5 годин, суміш пресують при тиску 800МПа у заготовку необхідної форми, яку нагрівають у вакуумованій при тиску  $10^{-2}$  Па камері зі швидкістю 10°C/хв до температури 1250°C. В процесі нагрівання в інтервалі температур 400-900°C контролюють підвищення тиску у камері до  $10^4$  Па за рахунок водню, що виділяється. При нагріванні порошок легкоплавкого алюмінію вступає в реакцію з основою при температурі 600-620°C, тобто нижче температури плавлення. Після 900°C тиск поступово знижують до  $10^{-2}$  Па і заготовку спікають при 1250°C протягом 4 годин. Отримують хімічно і мікроструктурно гомогенний сплав Ti-6Al-4V, відносна густина якого складає 98.7%. Межа міцності отриманого матеріалу 990МПа, пластичність при розтягуванні 3%.

#### Приклад 3

До порошку гідриду титану з розміром часток менше 100мкм додають порошки лігатур Mo-Al та Al-V з розміром часток менше 65мкм, що складає 2/3 від розмірів часток основи у кількості, що відповідає стехіометричному складу Ti-3Al-5Mo-5V. Порошки змішують протягом 6 годин, суміш пресують при тиску 700МПа у заготовку необхідної форми, яку нагрівають у вакуумі  $10^{-2}$  Па з швидкістю 15°C/хв до 1300°C. В процесі нагрівання в інтервалі температур 400-900°C контролюють підвищення тиску у камері до  $10^4$  Па, при температурі після 900°C тиск знижують до  $10^{-2}$  Па і заготовку спікають при 1300°C протягом 7 годин. За даними мікроструктурного, рентгенівського і мікрорентгеноспектрального аналізу, одержують хімічно і мікроструктурно гомогенний сплав Ti-3Al-5Mo-5V, відносна густина якого складає 98.4%. Межа міцності отриманого матеріалу 920МПа, пластичність при розтягу і 5%.

#### Приклад 4

До порошку гідриду титану з розміром часток менше 100мкм додають порошки легуючих елементів Al та Mo з розміром часток менше 33мкм у кількості, що відповідає стехіометричному складу Ti-6Al-3Mo. Порошки змішують протягом 7 годин, суміш пресують при тиску 600МПа у заготовку необхідної форми, яку нагрівають у вакуумованій камері при тиску  $10^{-2}$  Па зі швидкістю 10°C/хв до 1250°C. В процесі нагрівання в інтервалі температур 400-900°C контролюють підвищення тиску у камері до  $10^4$  Па, порошок легкоплавкого алюмінію вступає в реакцію з основою при температурі 620-640°C, тобто нижче температури плавлення, а при температурі після 900°C тиск знижують до  $10^{-2}$  Па і заготовку спікають при 1250°C протягом 7 годин. За даними мікроструктурного, рентгенівського і мікрорентгеноспектрального аналізу, одержують хімічно і мікроструктурно гомогенний сплав Ti-6Al-3Mo, відносна густина якого складає 98.2%.

Спосіб, який заявляється, може бути реалізований як у лабораторних, так і в промислових умовах.