

УДК 621.9.025

Колот О. В.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КРІОГЕННОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Розвиток всіх галузей промисловості, а також задача підвищення надійності та якості виробів, вимагає створення нових конструкційних матеріалів. Методи порошкової металургії дозволяють виготовляти вироби, які характеризуються високим коефіцієнтом використання матеріалу (0,85–0,95), низькою трудоемністю [1].

При виготовленні ріжучих пластин твердосплавного інструменту, що застосовується у різцях, фрезах, зенкерах і іншому металообробному інструменті використовується декілька способів [2].

Порошки із карбідів тугоплавких металів – вольфраму, титану, танталу і кобальту, в якості зв'язки, змішуються в спеціальних пристроях, з подальшим формоутворенням за допомогою механічного пресування у прес-формах [1]. Для забезпечення необхідних фізико-механічних якостей здійснюють спікання заготовок і допикання. Допіканню піддають спечені в атмосфері водню або вакууму вироби з щільністю, близькою до теоретичної. Допікання проводять у спеціальних апаратах – газостатах. В якості середовища найчастіше використовують аргон, підданий глибокому очищенню. При цьому спостерігається також збільшення міцності при стиску (границі витривалості) в умовах циклічного знакопостійного навантаження. Так, для сплаву ВК6 границя витривалості збільшується на 30 %. Вплив допикання в газостаті на міцність пояснюється значним зниженням концентрації великих порожнин у сплаві. В процесі такої обробки відбувається начебто розчинення порожнин у рідинній зв'язуючій фазі під дією оточуючого підвищеного тиску газу.

Допікання в газостаті є дорогою операцією. Тому необхідність її застосування слід оцінювати з точки зору рентабельності.

Механічне пресування, крім того, не завжди забезпечує бажаний зв'язок між зернами карбідів до спікання – допикання через виникнення пористості. Пористість досягає 6 мкм. При пресуванні порошок піддається пружним та пластичним деформаціям, в результаті чого в заготовці виникають значні напруження. Після видалення із прес-форми заготовки, розміри її збільшуються в результаті пружної післядії. Одною з причин її виникнення є різне значення температури коефіцієнтів лінійного розширення складових елементів твердосплавної суміші. Наприклад, для вольфраму і титану співвідношення коефіцієнтів складає 2,12 при температурі 600 °С. В технології виробництва твердосплавного інструменту важливе значення має операція спікання, в процесі якої формується структура і властивості твердого сплаву. При спіканні спрацьовує ефект різниці температурних коефіцієнтів лінійного розширення зерен.

Більш високий технічний результат досягається при спіканні суміші у псевдозрідженому шарі попередньо спеченого оксиду алюмінію у відновленій атмосфері [2].

Відомий також спосіб, який включає пресування змішаних порошків в прес-формі з ударним впливом на суміш за допомогою вибухових чи ударних хвиль [3]. На зерна порошку впливає інтенсивна додаткова обробка за допомогою енергетичного середовища зі змінною форми і структури зерна, що сприяють збільшенню міцності твердого сплаву. Здебільше основою твердосплавної суміші служать карбіди металів, вибраних з групи, що містить карбіди вольфраму, танталу та інші.

Метою роботи є обґрунтування застосування метода криогенної технології при механічному пресуванні твердосплавної суміші.

Порошки карбіду вольфраму вживають з середнім розміром зерна 0,5–11 мкм, питомою поверхнею 0,7–2,0 м²/г і активністю, що характеризується шириною рентгенівської лінії

(1122) в FeK_α , випромінюванні $(20-30) \times 10^{-3}$ рад. Це дає можливість отримати суміш для спікання з оптимальною активністю зерен карбіду вольфраму і підвищеною їх однорідністю за розмірами. Спікання такої суміші забезпечує отримання дрібнозернистих і особливо дрібнозернистих сплавів, в структурі яких відсутні аномально крупні зерна карбіду вольфраму. В результаті такі сплави мають підвищені значення міцності і твердості.

Як показав досвід застосування твердосплавних інструментів, міцність останніх, не дивлячись на оптимізацію параметрів зерен карбіду вольфраму, не завжди досягає достатньо високих значень. Істотною причиною такого положення є високий рівень залишкових напружень в спеченому твердому сплаві, який виникає унаслідок дії зерен різних фракцій карбідів металів з різною інтенсивністю один на одного в процесі спікання.

Недоліком його являється те, що вибухове чи ударне пресування є нерегульованою силою імпульсної енергії і сприяє руйнуванню зв'язків металу з вуглецем, порушуючи цілісність карбіду і як наслідок – надмірне дроблення зерен по об'єму заготовки. Наявність дислокацій, кількість яких зростає при ударних діях, приводить до зниження міцності окремих зерен і, в результаті – до одержання заготовок з недостатньо високою міцністю.

В результаті проведених досліджень створені передумови для виготовлення твердосплавного інструменту з підвищеною міцністю твердого сплаву, який може пресуватись без руйнування структури зерен, за рахунок регульованого впливу на структуру і форму зерна і ущільнення дислокацій.

А саме перед змішуванням формують фракції порошків карбідів металів з середніми розмірами початкових зерен b_1, b_2, \dots, b_n , взятими в співвідношенні до середніх розмірів зерен при спіканні $b_{k1}, b_{k2}, \dots, b_{kn}$ з умови:

$$b_1 = \frac{b_{k1}}{1 + a_1 t^\circ C}; \quad b_2 = \frac{b_{k2}}{1 + a_2 t^\circ C}; \quad b_n = \frac{b_{kn}}{1 + a_n t^\circ C},$$

де b_1, b_2, b_n – середні розміри початкових зерен першої, другої, n -ї фракцій карбідів металів;

$b_{k1}, b_{k2}, \dots, b_{kn}$ – середні розміри зерен взятих фракцій карбідів металів при спіканні;

a_1, a_2, \dots, a_n – температурні коефіцієнти лінійного розширення карбідів металів першої, другої, n -ї фракцій.

Параметризація початкових розмірів зерен кожної фракції у зв'язку з середніми розмірами зерен цих же фракцій і умові рівності середніх розмірів зерен при спіканні дозволить забезпечити оптимальну дію зерен різних фракцій карбідів металів при їх зростанні під час нагріву і отримати упаковку зерен з меншим рівнем залишкових напружень.

Крім того, ефект досягається завдяки тому, як порошки після попереднього пресування піддаються глибокому охолодженню і далі здійснюється остаточне пресування.

При попередньому пресуванні відбувається початкове ущільнення порошку і формування структури суміші. При глибокому охолодженні суміші структура окремих зерен стискується й змінюється з одночасним розкриттям порожнин між окремими зернами. Остаточне пресування сприяє завершальному етапу ущільнення суміші з закриттям порожнин між окремими зміцненими зернами.

При другому розробленому варіанті охолодження суміші здійснюється при криогенних температурах, що полягає в дробленні зерен і одержанні особливо дрібнозернистої структури. В результаті отримані сплави мають підвищені значення міцності і твердості.

Найбільш оптимальні параметри глибокого охолодження – від -120 до -210 °С, охолодження при криогенних температурах 30–10 К.

Для досягнення високих технічних результатів необхідно враховувати густину спресованої маси, а також величину самої маси.

Для досягнення більш високої густини маси необхідно зменшити тривалість охолодження, але при цьому більша маса суміші потребує більшої тривалості охолодження. Збільшення зусилля тиску на структуру зерен досягається за допомогою імпульсів за схемою «охолодження-відпуск-охолодження-відпуск». Уникнення зон можливого застою досягається за рахунок впливу низькими температурами циклічно, наприклад, у виді багаторазового застосування коливальних до одного шару, чи застосування коливальних послідовно до кожного шару сполуки порошкової суміші.

Реалізацію запропонованого способу показано на рис. 1.

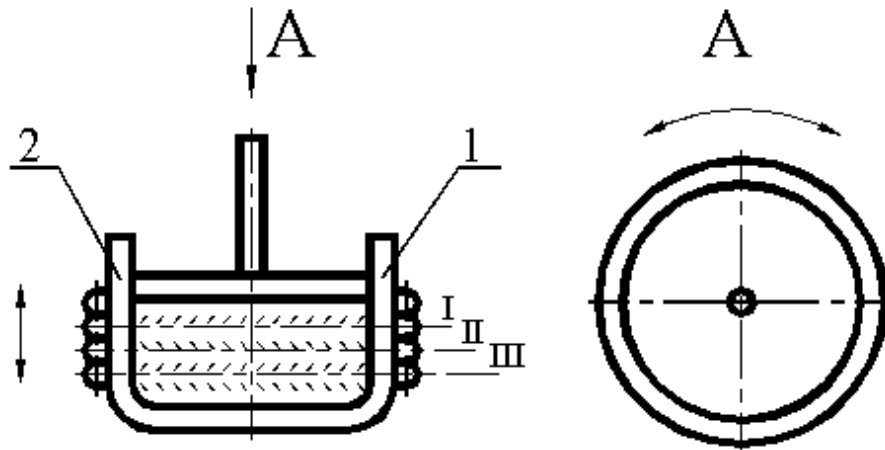


Рис. 1. Схема установки для виготовлення твердого сплаву:
1 – прес-форма; 2 – індуктор (I, II, III – зони охолодження)

Для виготовлення твердосплавного інструменту (пластини), наприклад, порошок карбиду вольфраму (75 мас.), змішується з порошком карбідів титану (15 мас.) і танталу (10 мас.), для заповнення прес-форми 1.

Другий етап – виконання попереднього пресування зусиллям 0,15 ГПа. Ступінь попереднього деформування від загальної величини деформування складає 15–16 %. Далі суміш піддається глибокому охолодженню при температурі $-195,5^{\circ}\text{C}$ у холодильній камері, використовуючи, в якості охолоджуючого агента рідкий азот.

Початкова густина суміші складає 13772 кг/м^3 , після попереднього пресування 16000 кг/м^3 , маса суміші дорівнює 50 г, тривалість охолодження для отриманих величин густини і маси складає 26 хв. При збільшенні густини маси порошкової суміші, при збереженні густини 18000 кг/м^3 тривалість охолодження складає 15 хв. Для розрахунку тривалості охолодження застосована програма CHASOH.

Охолодження здійснюється двома варіантами: безперервно та імпульсами за схемою «охолодження-відпуск-охолодження-відпуск», притому: охолодження – 5 хв., відпуск – 1 хв., охолодження – 5 хв., відпуск – 1 хв. і т. д.

Вплив низькою температурою необхідно здійснювати циклічно, застосовуючи її трикратно до кожного шару I, II, III.

Після глибокого охолодження суміші проводиться остаточне пресування зусиллям 0,5 ГПа для одержання заготовки ріжучої пластини необхідної форми.

У відповідності з другим розробленим варіантом спресована суміш піддається охолодженню при криогенній температурі 20 К в холодильній камері з використанням рідкого гелю.

Наприклад, первісна густина суміші складає 12540 кг/м^3 , густина після попереднього пресування 17000 кг/м^3 , маса суміші дорівнює 30 г, тривалість охолодження для отриманих величин густини і маси складає 35 хв. При збільшенні густини після попереднього пресування до 19500 кг/м^3 тривалість охолодження збільшується до 30 хв.

Охолодження здійснюється також двома варіантами: безперебійно і за схемою «охолодження-відпуск-охолодження-відпуск». Тимчасове значення схеми: «охолодження – 6,5 хв., відпуск – 1 хв., охолодження – 6,5 хв., відпуск – 1 хв.».

Вплив низькою температурою здійснюється по вищезазначеній послідовності. Після пресування заготовка піддається спіканню в електровакуумній печі при температурі $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом години. Отримані пластини досягають межі міцності при вигині 1900 МПа і твердості HRA 98.

Варіанти описаного способу захищені патентом України на винахід [4].

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз існуючих методів формоутворення ріжучих пластин твердосплавного інструменту з порошкової суміші, показані переваги та недоліки при застосуванні різних технологічних прийомів.

2. В результаті досліджень створені передумови для виготовлення твердосплавного інструменту з підвищеною міцністю твердого сплаву, який може пресуватись без руйнування структури зерен, за рахунок регульованого впливу на структуру і форму зерна і ущільнення дислокацій.

3. Запропоновані два підходи з поетапним пресуванням і проведенням на окремих етапах пресування глибокого охолодження, навіть охолодження при криогенних температурах. Відмічені застереження, які можуть виникати за рахунок впливу низьких температур і наведені засоби уникнення недоліків.

4. Приведений приклад застосування криогенної технології за двома варіантами: безперебійно і за циклічною схемою.

5. Отримані в даній роботі результати дозволяють рекомендувати застосування глибокого охолодження і, як найбільш ефективного криогенного охолодження, для якісного отримання твердосплавного інструменту з меншою енергоємністю і трудоємністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент : справочник / В. С. Самолов, Э. Ф. Эйманс, В. А. Фальковский и др. ; редкол. : И. А. Ординарцев (пред.) и др. – М. : Машиностроение, 1988. – 368 с.*
2. *Пат. РФ № 2048266, В22F3/12, С22С1/05 Способ получения твердых сплавов / Тараканов Б. М., Каменщиков Г. П., Крохин А. С., Карданов В. А. ; опубл. 1995, Бюл. № 8.*
3. *Пат. РФ № 2043870, В22F3/26, В22F3/08. Способ изготовления твердосплавного инструмента / Орбинский В.М., Полянчиков Ю. Н. ; опубл. 1995, Бюл. № 10.*
4. *Пат. України № 72835, В22F3/26, В22F3/08, С22С1/0,5. Спосіб виготовлення твердосплавного інструменту (варіанти) / Колот В. О., Колот О. В., Коваленко А. Д.; опубл. 2005, Бюл. № 4.*

Колот О. В. – д-р техн. наук, доц. каф. МСИ ДГМА.

ДГМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

E-mail: avk@minetek.donetsk.ua