

ОСОБЛИВОСТІ ВІБРОІМПУЛЬСНОГО ФОРМУВАННЯ ТРУБЧАСТИХ ФІЛЬТРІВ З ПОРОШКУ ТИТАНУ

Представлены результаты исследования процесса виброимпульсного формирования пористых трубчатых заготовок из порошка титана. Показано, что наиболее интенсивно порошок уплотняется в первые 10-15 с виброформования. С увеличением массы инерционного пригруза увеличивается как плотность прессовки, так и интенсивность прироста плотности в первые 35-40 с вибрирования, а также и разнородность по высоте прессовки. На более поздних стадиях обработки интенсивность прироста плотности практически не зависят от массы инерционного пригруза.

The results of investigation on the vibroimpulsive molding process of porous tubular preforms from titanium powder are presented. It is shown that the most intensive densification of the powder is observed at the initial 10-15 sec. of vibrocompaction. With increase of inertial tightening weight value the preform density increases too as well as intensity of density increment at the initial 35-40 sec. of vibration and density heterogeneity on a height of preform. On the latest stages of processing the intensity of density increment virtually does not depends on inertial tightening weight value.

Вступ. Інтенсифікація технологічних процесів в хімічній, нафтогазовій, металургійній та в інших галузях промисловості вимагає створення для фільтрації різноманітних рідин, технологічних розчинів, суспензій та газів нових високопродуктивних фільтрів, що здатні експлуатуватися при підвищених механічних і теплових навантаженнях, зокрема в агресивних середовищах, та піддаватися регенерації. Таким вимогам в повній мірі відповідають спечені фільтри, виготовлені з титанових порошків. Спечені пористі матеріали використовуються також для виготовлення, зокрема, капілярно-пористих структур високоєфективних пристроїв для теплопередачі (теплових труб); акустичних і механічних демпферів, каркасів композиційних матеріалів, полум'ягасників, носіїв каталізаторів тощо.

Найбільш розповсюдженим методом формування заготовок фільтрів, як правило, невеликих розмірів та простих форм (диски, втулки тощо), є спосіб статичного пресування в жорстких пресформах. Однак він не забезпечує рівномірного розподілення пористості в пре совках, особливо у фільтрах із співвідношенням довжини до поперечного розміру більше $5 \div 10$. Так наприклад, у трубчастих фільтрів з порошку титану довжиною більше 100 мм, одержаних статичним пресуванням в жорстких пресформах, внаслідок нерівномірності пористості по довжині, робочою є тільки середня частина фільтру. Методи гідростатичного пресування та шлікерного литва, хоч і забезпечують рівномірний розподіл густини, використовуються досить рідко, оскільки перший відносно затратний, а другий – технологічно складний.

В той же час, значними перевагами в цьому сенсі відзначається спосіб вібраційного і, зокрема, віброімпульсного формування порошкових виробів [1], який забезпечує одержання пористих пресовок з рівномірним розподілом пористості по об'єму та вузьким інтервалом розмірів пор, що назвичайно важливо для цілей фільтрації.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження можливості застосування методу віброімпульсного ущільнення для формування трубчастих виробів із великим відношенням висоти до поперечного розміру з порошку титану.

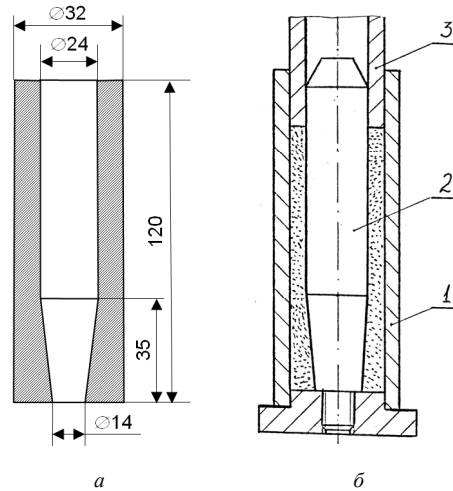
Постановка задачі. Оскільки при віброімпульсному формуванні частинки порошку не деформуються, а лише щільно укладаються одна відносно одної, то це має забезпечити більш рівномірний розподіл пористості по всьому об'єму та вузький інтервал розмірів пор, що надзвичайно важливо для якісної фільтрації.

Дослідження проводили на гідроімпульсному вібростенді [2], який забезпечував прискорене переміщення вібростолу вгору на величину амплітуди, а потім під дією зворотних пружин стіл різко опускався на пружні підкладки високої жорсткості. Цим забезпечувався імпульсний режим формування виробу з порошку.

В якості вихідного матеріалу використовували електролітичний порошок титану марки ПТЕМ фракції – $0,2 + 0,1$ мм. Для реєстрації параметрів коливань вібростолу використовували датчик, що являє собою первинний індукційний перетворювач переміщень трансформаторного типу. Досліди проводили при постійній частоті коливань стола вібростенда 15 ± 1 с⁻¹ при амплітуді $0,8 \div 0,9$ мм з піковою формою імпульсу.

В якості модельного виробу для дослідження ефективності процесу віброімпульсного формування використовували тонкостінний фільтр для фільтрування віскози (рис. 1, а).

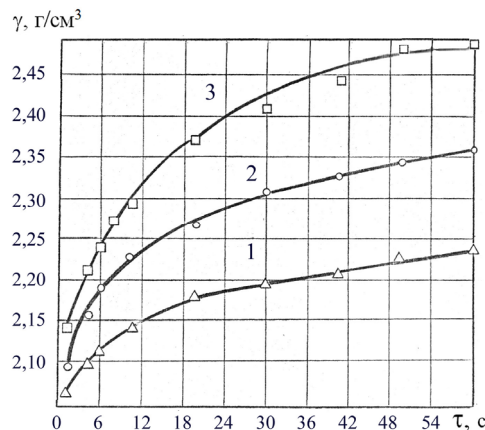
Для забезпечення інтенсифікації ущільнення та попередження розпушення верхніх шарів порошку в процесі вібрації на верхній пуансон 3 (рис. 1, б) закріплювали інерційну масу, що забезпечувала в статичному режимі навантаження від 0 до $4,0$ кг/см² на порошок. Ущільненню піддавалася наважка (250 г) шихти порошку титану зі зв'язкою -5 %-ного розчину полівінілацетатної емульсії.



**Рис. 1. Пористий фільтр для фільтрування
віскози (а) та схема пресформи для його
віброімпульсного формування (б):
1 – матриця; 2 – осьовий стрижень; 3 – верхній
пуансон**

При дослідженні кінетики віброуцільнення середня густина зразків визначалася за результатами послідовних замірів верхнього рівня пуансону. В інших випадках після закінчення процесу ущільнення пресформа з порошком знімалася з вібростола та парамічалася разом із сформованою заготовкою в сушильну шафу, де проводилася сушка при температурі 170-200 °С на протязі 1 години. Після цього форма охолоджувалася на повітрі до кімнатної температури, розбиралася, відформований зразок вилучався з неї для проведення дослідження густини останнього.

Результати дослідження. Дослідження кінетики віброуцільнення показали (рис. 2), що найбільш інтенсивно порошок ущільнюється в перші 10-15 с вібрування. Надалі швидкість усадки матеріалу і, отже, підвищення щільності значно знижується, а після 90 с вібрування щільність пресовки практично не збільшується. Із збільшенням маси інерційного навантаження збільшується і щільність пресовки, а також інтенсивність приросту щільності в перші 35-40 с вібрування. На більш пізніх стадіях обробки інтенсивність приросту щільності практично не залежать від маси інерційного пригрузу.



**Рис. 2. Залежність середньої щільності пресовки
від тривалості віброуцільнення.
Величина статичного навантаження: 1 – без
пригрузу; 2 – 2,5 кг/см²; 3 – 4,0 кг/см²**

Для оцінки впливу висоти пресовки на величину щільності останньої за однакових умов навантаження проводили віброформування наважок порошку різної маси від 100 до 200 г. Результати експериментів показали (рис. 3), що із збільшенням вертикального розміру виробу його середня щільність зменшується за лінійним законом. Така закономірність обумовлена, очевидно, тим що хоча застосування вібрації при ущільненні порошоків у значній мірі і збільшує рухливість часток, однак коливання у середовищі порошку, поширюючись від джерела вібрації, загасають. Крім того, вібрація істотно зменшує, але не повністю усуває тертя порошку об стінки пресформи, у зв'язку із чим і цей фактор у значній мірі впливає на рівномірність укладання часток по висоті брикету в напрямку тиску пресування й поширення коливань. Отже, зі зростанням висоти брикету втрати енергії на подолання сил тертя збільшуються. Обидва ці фактори викликають зменшення інтенсивності дії вібрації на частинки порошку із збільшенням висоти брикету і, як результат, зменшення середньої щільності заготовки.

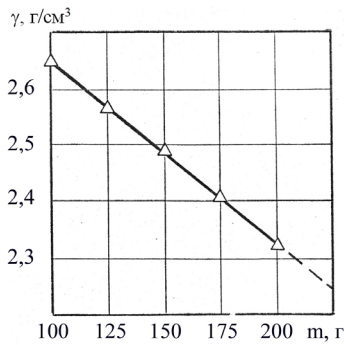


Рис. 3. Залежність середньої щільності пресовки від величини наважки порошку

Вкрай важливою характеристикою трубчастих фільтрелементів є розподіл пористості по висоті виробу. У зв'язку з цим, для оцінки розподілу щільності по висоті пресовки проводили віброформування деталей з різною масою інерційного пригрузу ($0,51 - 1,36 \text{ кг/см}^2$). Після формування та наступного сушіння у сушильній шафі при температурі $180 \text{ }^\circ\text{C}$ зразок витягали з форми і розрізали по висоті на 6 частин, середню щільність кожної з яких визначали гідростатичним зважуванням.

Як показали результати дослідження (рис. 4) при всіх значеннях інерційних пригрузів верхні шари зразків (ділянки 5 і 6), як і при статичному пресуванні, ущільнені до більше високого ступеня, однак характер розподілу щільності по висоті виробів різко відрізняється від характеру розподілу при статичному пресуванні. Найменшу щільність, на відміну від одностороннього статичного пресування, має центральна частина зразків (ділянки 3 і 4); щільність же нижньої частини приблизно відповідає загальній середній щільності зразка. Середня по об'єму щільність підвищується зі збільшенням інерційного пригрузу, однак збільшується і максимальна різнощільність по висоті (4,23; 3,94 і 2,28 % для величин інерційного пригрузу $1,36; 0,71$ та $0,51 \text{ кг/см}^2$ відповідно).

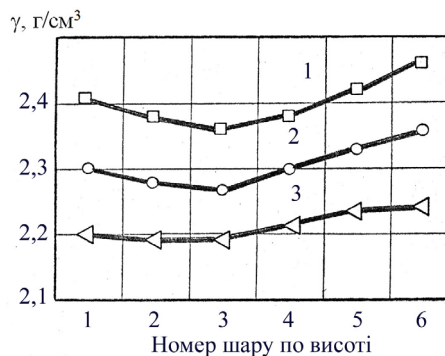


Рис. 4. Розподіл щільності по висоті пресовки.
Величина статичного навантаження:
1 – $1,36 \text{ кг/см}^2$; 2 – $0,71 \text{ кг/см}^2$; 3 – $0,51 \text{ кг/см}^2$.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що основним видом силового впливу на ущільнюваний матеріал є ударна взаємодія між порошком і пуансоном, а також між порошком і дном прес-форми, внаслідок чого найбільша щільність спостерігається біля торців зразка.

Збільшення різнощільності з підвищенням величини інерційного пригрузу пояснюється, очевидно, тим, що більш висока амплітуда динамічних напруг, що виникають внаслідок ударної взаємодії порошку з елементами оснастки, викликає появу зон підвищеної щільності біля торців пресовки, які завдяки силам тертя між пресовкою і стінками пресформи перешкоджають переміщенню шарів і подальшому ущільненню центральної частини зразка. Такий характер розподілу густини по висоті пресовки вказує на особливості механіки процесу віброімпульсного формування, при якому фронт ущільнення поширюється зверху вниз від ударної взаємодії верхнього торця пресовки з пуансоном, і знизу нагору - від взаємодії її нижнього торця із дном пресформи.

Враховуючи вищевказані результати можна зробити **висновок** що, незважаючи на наявність незначної різнощільності по висоті пресовки, яка, як видно з рис. 4, не перевищує $0,1 \text{ г/см}^3$, використання віброімпульсного формування показало високу ефективність для одержання з порошку титану пористих виробів (в тому числі із підвищеним відношенням висоти деталі до товщини стінки H/s, яке в нашому випадку досягає значення 30-ти).

Список літератури

1. Ивашенко В.В. «Способ вибрационного формования изделий из порошковых материалов». Авторское свидетельство № 635672 от 07.08.1975
2. Баглюк Г.А., Ивашенко В.В. и др. «Установка для виброимпульсного формования изделий из порошков». Авторское свидетельство № 1175605, 27.01.1984г.