

Винахід відноситься до порошкової металургії, зокрема, до технології виготовлення пористих матеріалів з металевих порошків, і може бути використаний переважно в виробництві фільтруючих матеріалів і конструктивних елементів з підвищеною пористістю.

Серед відомих способів виготовлення пористих матеріалів і виробів з металевих порошків, у тому числі і фільтруючих матеріалів, широке поширення одержав спосіб, що передбачає формування металевого порошку шляхом вільного засипання порошку в форму і наступне спікання порошку в формі. Цей спосіб дозволяє одержати задовільні механічні характеристики матеріалу з пористістю, що не перевищує 0,7. Так, при виготовленні фільтрів з порошків нержавіючої сталі з сферичними частинками з розмірами в межах 589...38мкм шляхом вільного засипання порошку у форму і наступного його спікання в формі досягається пористість матеріалу 0,41...0,49 ("Порошкова металургія", 1979, №9 (201), с.25). Пористість матеріалу, одержаного по зазначеному способу з порошків з частинками спонтанної форми (несферичними частками), досягає 0,7 ("Порошкова металургія. Спечені і композиційні матеріали". Москва, "Металургія", 1983, с.272-273).

Для підвищення пористості матеріалу часто використовують різні добавки, які розкладаються або випаровуються при спіканні порошку, або видаляються сублімацією чи розчиненням, залишаючи після себе відповідні порожнини, які підвищують пористість матеріалу. Так, при введенні в металевий порошок двовуглекислого амонію в кількості до 70 об'ємних відсотків можливе одержання виробів з пористістю 0,7...0,8. ("Порошкова металургія. Довідник", Київ, "Наукова думка", 1985, с.45). Однак використання таких добавок до металевому порошку може значно погіршити корозійну стійкість і інші характеристики матеріалу або виробу в результаті неповного видалення продуктів розкладання вказаних добавок (Нове в житті, науці, техніці. Серія "Техніка", 1983, №12, с.45).

Відомі способи, в яких для поліпшення характеристик пористого матеріалу, в тому числі і для підвищення пористості матеріалу, на феромагнітний порошок в процесі його формування і/або спікання впливають магнітним полем, що дозволяє надавати частинкам феромагнітного порошку задану орієнтацію і укладку і, тим самим, управляти в певних межах пористістю і іншими характеристиками матеріалу чи виробу.

Так, відомий спосіб виготовлення фільтруючого матеріалу по опису винаходу до авторського свідоцтва СРСР № 1623714, пріоритет від 17.02.89, МКВ В01Д 39/10, що передбачає заповнення форми феромагнітними частинками і скріплення їх електрохімічним покриттям. При цьому заповнення форми феромагнітними частинками виконують пошарово, на кожен шар в процесі його формування впливають магнітним полем, причому напрямок магнітного поля змінюють для кожного наступного шару. Так, на форму з латунної сітки наносили шар голчастих частинок і поміщали горизонтально в електролітичну ванну. В електролітичній ванні створювали постійне магнітне поле, перпендикулярне площині частинок, за допомогою якого формували перший шар. Потім над шаром встановлювали анод. Роль катода виконував шар частинок. Пропущенням струму через електролітичну ванну скріплювали частинки шляхом електрохімічного осадження. Після цього відключали струм, змінювали напрямок силових ліній на 90 градусів (уздовж шару часток), насипали чергову порцію голчастих частинок, формували другий шар і повторювали процедуру скріплення частинок. Після закріплення другого шару розташовували магніти так, щоб силові лінії були під кутом 45 градусів відносно шару частинок, насипали шар сферичних частинок і повторювали процедуру формування і скріплення частинок. Після цього форму з фільтруючим елементом витягали з ванни, промивали і висушували.

Загальними ознаками описаного аналога і рішення, що заявляється, є вплив на феромагнітні частинки постійним магнітним полем у процесі формування з наступним з'єднанням частинок у формі.

Використання зазначеного способу дозволяє підвищити пористість матеріалу і виробів в порівнянні з вільним засипанням металевого порошку в форму. Так, в описаному прикладі максимальна пористість, що була отримана в верхньому шарі з сферичних частинок, дорівнювала 0,6. Практичне застосування такого продукту як фільтруючого матеріалу в багатьох випадках неможливо через низьку пористість. Істотно підвищити пористість матеріалів із феромагнітних порошків зазначеним способом практично неможливо.

Відомий спосіб виготовлення пористих виробів з магнітних порошків по опису винаходу до авторського свідоцтва СРСР № 1650354, пріоритет від 18.01.89, МКВ В22F 3/10, що включає операції формування порошку в магнітному полі, при одночасному накладенні механічних коливань і наступне спікання порошку в формі. Формування проводять у немагнітній прес-формі, в магнітному полі, напруженість якого змінюють циклічно по залежності

$$H_{i \text{ мін}} = H_{\text{макс}} \exp(0,1xi-1),$$

де: $H_{i \text{ мін}}$ - мінімальна напруженість магнітного поля 1-го циклу;

$H_{\text{макс}}$ - постійна максимальна напруженість магнітного поля у всіх циклах;

$i = 1-9$ - число циклів.

Механічні коливання накладають при максимумі напруженості магнітного поля в напрямку, перпендикулярному силовим лініям магнітного поля. Перед спіканням проводять нагрівання сформованої заготовки в окисній атмосфері при максимальній напруженості магнітного поля при температурі нижче точки Кюрі матеріалу порошку. По зазначеному способу були отримані вироби з порошку залізного ПЖ-4 з максимальною пористістю 0,85 при наступних параметрах і особливостях технології:

- кількість циклів зміни напруженості магнітного поля (i) - 5;
- відношення $H_{i \text{ мін}}$ до $H_{\text{макс}}$ у кожному циклі - $(H_{i \text{ мін}} / H_{\text{макс}})$ - 0,63;
- відношення температури нагрівання перед спіканням до температури точки Кюрі $(T_{\text{нагр}} / T_{\text{Кюрі}})$ - 0,8;
- механічні коливання накладали при максимумі напруженості магнітного поля перпендикулярно силовим лініям магнітного поля; нагрівання перед спіканням здійснювали в окисній атмосфері;
- формування і спікання здійснювали в одній формі.

Загальними ознаками вище описаного аналога і способу, що заявляється, є вплив на феромагнітний порошок магнітним полем в процесі формування і наступне спікання порошку у формі.

Численні приклади реалізації розглянутого способу виготовлення пористих виробів демонструють його можливості з погляду збільшення пористості матеріалу і виробів. При оптимальному режимі досягнуто максимальне значення пористості виробу (0,8), що характеризує граничні можливості способу в одержанні

високопористих виробів з металевих феромагнітних порошків. Подальше збільшення пористості виробів по розглянутому способу практично неможливо.

Як прототип вибрано спосіб одержання фільтруючого матеріалу з феромагнітного порошку, відомий по патенту України № 20298 А, МКВ⁶ B22F 3/12, пріоритет 29.08.94, який по технічній сутності є найбільш близьким до способу, що заявляється. Відповідно до зазначеного способу феромагнітний порошок продувають газом, утворюючи газопорошкову суміш, що складається з роз'єднаних частинок феромагнітного порошку в газовому середовищі, транспортують отриману суміш в зону дії магнітного поля, пропускають газопорошкову суміш через зазначену зону, піддаючи її впливу магнітного поля, осаджують порошок з газопорошкової суміші в форму при впливі магнітного поля, після чого спікають порошок у формі. Так, порошок карбонільного нікелю крупністю менше 10мкм продували струменем повітря з швидкістю 50м/с. Газопорошкову суміш, що при цьому утворюється, направляють зверху вниз в вертикальний канал з діамагнітного матеріалу, в якому порошок осаджують на горизонтальну підкладку. В вертикальному каналі створюють постійне магнітне поле за допомогою соленоїда, що охоплює канал. Напруженість магнітного поля в каналі складала 8000А/м. Зразок, що отримують в результаті осадження порошку в вертикальному каналі на графітову підкладку, спікають у водні при 800°C протягом 5 годин. Пористість зразка після спікання - 0,88. При відсутності у вертикальному каналі магнітного поля пористість зразка після спікання - 0,43. Збільшення пористості при впливі магнітним полем на газопорошкову суміш пояснюється намагнічуванням частинок феромагнітного порошку, притяганням частинок друг до друга різнойменними магнітними полюсами з утворенням нитковидних форм, які після осадження в форму і спікання забезпечують волокнисту структуру матеріалу чи виробу і збільшення його пористості. Режим продувки порошку для утворення газопорошкової суміші, довжина вертикального каналу, напруженість магнітного поля в каналі, час осадження порошку, режим спікання визначаються матеріалом порошку, а також характеристиками матеріалу чи виробу, і в більшості випадків визначаються експериментально.

Загальними ознаками прототипу і способу, що заявляється, є одержання газопорошкової суміші, пропускання газопорошкової суміші через зону дії постійного магнітного поля, вільне осадження порошку з газопорошкової суміші в форму і спікання порошку у формі.

Спосіб, вибраний як прототип, дозволяє одержати високопористі матеріали і вироби з використанням широко розповсюджених металевих феромагнітних порошків за рахунок агломерації часток порошку в нитковидні структури в умовах газопорошкової суміші. Однак при вільному осадженні порошку в магнітному полі утворення нитковидних структур в основному обмежується утворенням первинних ланцюжків із близько розташованих частинок порошку. Подальший розвиток нитковидних структур за рахунок взаємного з'єднання первинних ланцюжків в умовах вільного осадження порошку в магнітному полі практично не відбувається. В результаті кінцевий продукт характеризується недостатньою розвитою волокнистою структурою, що обмежує можливості способу з погляду подальшого збільшення пористості матеріалів і виробів.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу одержання пористого матеріалу з металевих феромагнітних порошків, у якому за рахунок особливостей виконання технологічних операцій забезпечується збільшення пористості кінцевого продукту.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі одержання пористого матеріалу з феромагнітного порошку, що включає одержання газопорошкової суміші, пропускання газопорошкової суміші через зону дії постійного магнітного поля, вільне осадження порошку з газопорошкової суміші в форму і спікання порошку у формі, відповідно до винаходу, пропускання газопорошкової суміші через зону дії постійного магнітного поля виконують висхідним потоком газопорошкової суміші.

Технічний результат - підвищення пористості кінцевого продукту - забезпечується умовами пропускання газопорошкової суміші через зону дії постійного магнітного поля. Так, при руханні газопорошкової суміші висхідним потоком траєкторії руху дисперсних частинок порошку і їх конгломератів носять складний характер. Під дією сили ваги і гідродинамічного напору газового потоку окремі частинки порошку і їх конгломерати в загальному їх переміщенні можуть затримуватися в потоці, тимчасово переміщатися в зворотному напрямку, мати складову у своєму індивідуальному переміщенні, спрямовану перпендикулярно до потоку газу, тобто рух частинок порошку і їх конгломератів подібний руху частинок в псевдозрідженому шарі. В таких умовах руху первинні ланцюжки частинок порошку, що утворилися під дією постійного магнітного поля, мають велику імовірність з'єднуватися один з одним з подальшим розвитком нитковидних структур, що практично не відбувається при пропусканні газопорошкової суміші через зону дії постійного магнітного поля зверху вниз. В результаті одержання більш розвинутих нитковидних структур порошку в магнітному полі, наступним їх спіканням одержують матеріал з підвищеною пористістю. Отже, ознаки, що складають сутність винаходу - одержання газопорошкової суміші, пропускання її через зону дії постійного магнітного поля висхідним потоком, вільне осадження порошку з газопорошкової суміші в форму і спікання порошку у формі - знаходяться в причинно-наслідковому зв'язку з технічним результатом, що досягається.

Нижче приводяться: докладний опис способу, що заявляється, приклади його конкретної реалізації, а також приклад пристрою, що може бути використаний для здійснення способу, з посиланням на креслення, на якому схематично зображений цей пристрій.

Якими-небудь відомими засобами готують газопорошкову суміш. Найбільш зручно цю операцію виконувати шляхом продувки шару феромагнітного порошку газовим потоком, що несе частинки порошку, з утворенням газопорошкової суміші. Газопорошкову суміш транспортують по в зону дії постійного магнітного поля. Зона дії магнітного поля може бути виконана у виді вертикального каналу, охопленого постійними магнітами чи соленоїдами. Газопорошкову суміш подають в вертикальний канал знизу вгору, забезпечуючи пропускання газопорошкової суміші через зону дії постійного магнітного поля висхідним потоком. На виході з вертикального каналу газопорошкову суміш направляють в камеру осадження, в якій нитковидні конгломерати порошку осаджують у форму. Окремі вільні частки порошку виносяться потоком газу з камери осадження в пилоприймач. Після заповнення форми осілими конгломератами порошок виконують спікання порошку в цій же формі за відомою технологією. Режим продувки порошку газом для одержання газопорошкової суміші, розміри вертикального каналу, параметри магнітного поля, швидкість пропускання газопорошкової суміші через зону дії

магнітного поля (через вертикальний канал), режими осадження порошку у форму і спікання залежать від матеріалу порошку, його фракційного складу, характеристик кінцевого продукту й у більшості конкретних випадків визначаються експериментально, як оптимальні параметри технологічного процесу.

Для реалізації способу може застосовуватися пристрій, схематичне зображення якого представлено на кресленні.

Пристрій містить пневматичний дозатор порошку у виді трубчастого реактора псевдозрідженого шару 1 і системи сопел 2. Над пневмопроводом 3 соосно з ним розташований пристрій 4 порціонного завантаження порошку, який вмонтований в стінку коліна 5. Пневмопровод 3 являє собою вертикальний канал, виконаний з діамагнітного матеріалу, що охоплений соленоїдами 6. Горизонтальна камера 7 являє собою канал прямокутного перерізу з арковим склепінням. Камера 7 з'єднана з пневмопроводом 3 коліном 5. На днищі камери 7 встановлені конвеєрні форми 8, у бокових стінках камери 7 мають завантажувальний 9 і розвантажувальний 10 люки, а в передній торцевій стінці камери змонтований привод конвеєра (не показаний). В арковій частині задньої торцевої стінки камери 7 розташоване вікно 11 для відводу газу-носія, яке з'єднане з фільтруючим пристроєм (не показаний).

Пристрій працює таким чином. В пневматичний дозатор засипають феромагнітний порошок і подають газ-носії. Потік газу створює в дозаторі псевдозріджений шар порошку, далі виносить частинки порошку в вертикальний трубчастий пневмопровод 3. В період перебування частинок в пневмопроводі 3 на них діє магнітне поле, що створюється соленоїдами 6, які розташовані навколо пневмопровода 3. Під дією магнітного поля соленоїдів 6 частинки феромагнітного порошку намагнічуються і, притягаючись друг до друга, утворюють витягнуті конгломерати. Сформовані волокна в каналі пневмопровода 3 виносяться газом через коліно 5 в камеру 7. Внаслідок розширення в камері 7 швидкість газу падає і волокна випадають з газового потоку в конвеєрні форми 8. Пил із дрібних частинок разом з газом виноситься через вікно 11, уловлюється фільтром і повертається в процес. Після завершення процесу осадження форми з осілим в них матеріалом вивантажують через розвантажувальний люк 10 і направляють у піч спікання.

Нижче приводяться конкретні приклади реалізації способу, що заявляється.

Приклад 1.

Вихідна сировина - нікелевий порошок з фракціями менше 10мкм - подавали висхідним потоком в вертикальний трубопровід діаметром 40мм і довжиною 600мм, виконаний з немагнітної сталі. Як газ-носії використовували компресорне повітря, витрати повітря складали 0,7м³/год. Трубопровід знаходився усередині робочої зони круглого соленоїда. Магнітна індукція на осі соленоїда складала 0,015Тл.

В горизонтальній камері довжиною 1,6м установлювали 3 графітові форми довжиною 0,5м і шириною 0,2м кожна, на які осідав порошок. Товщина шару осілого порошку складала 3...5мм. Форми переносили в піч спікання, де матеріал спікали протягом двох годин у струмі водню при 850°C. В результаті одержували пластини розміром 460х90мм і пористістю 94...95%.

Приклад 2.

Пристрій той же, що й у прикладі 1. Вихідна сировина - залізний аспіраційний пил фракції 20мкм. Об'ємні витрати повітря в вертикальному трубопроводі 1,0м³/год, магнітна індукція в центрі соленоїда - 0,035Тл, температура спікання у водні - 980°C.

Отримані пластини мали пористість 91...94% при розмірах, як і в прикладі 1.

Приклад 3.

Вихідна сировина та ж, що й у прикладі 1. Застосовували пристрій з вертикальним трубопроводом діаметром 100мм і довжиною 1,8м, навколо якого розташовували соленоїд довжиною 1м. Магнітна індукція на осі соленоїда - 0,02Тл. Продуктивність дозатора - 1кг/год., об'ємні витрати компресорного повітря - 5м³/год, тривалість процесу - 25хв. В камері довжиною 3м розміщали 6 форм розміром 300х500мм кожна. Після осадження порошку на поверхню форм останні спікали в печі при 810°C протягом 2,5год. Пористість отриманого продукту складала 92...94%.

Вище приведені приклади свідчать, що спосіб, що заявляється, дозволяє одержати високопористі вироби різної форми і розмірів, пористість яких перевищує пористість аналогічних виробів, отриманих з металевих порошків іншими відомими способами.

