

Винахід стосується способу хімічної інфільтрації в паровій фазі для ущільнення пористих волокнистих заготовок, розташованих кільцеподібно штабелями, тобто волокнистих заготовок, розміщених по колу з центральним проходом по колу або отвором, які розташовані принаймні у вигляді штабелю, який обмежує внутрішній прохід, створений центральними отворами волокнистих заготовок, або волокнистих заготовок, що мають необов'язково кільцеподібну форму, але розташованих так, щоб створювати штабель з внутрішнім проходом, обмеженим штабельованими волокнистими заготовками.

Галузь застосування згідно з винаходом є, зокрема, виготовлення деталей з композиційних матеріалів, що містять волокнисту заготовку, пористу, ущільнену матрицею.

Для виготовлення деталей з композиційного матеріалу, зокрема деталей з термоструктурного композиційного матеріалу, створених з вогнестійкої волокнистої заготовки (наприклад, вуглецеві або керамічні волокна), ущільненої вогнестійкою матрицею (наприклад, вуглець або кераміка), звичайно застосовують способи хімічної інфільтрації в паровій фазі. Прикладами таких деталей є патрубки ходових двигунів з композиту вуглець-вуглець (C-C) або гальмові диски, зокрема гальмові диски в літаках, з композиту (C-C).

Ущільнення пористих волокнистих заготовок хімічною інфільтрацією в паровій фазі полягає в розташуванні волокнистих заготовок у реакційній камері установки інфільтрації за допомогою пересувного набору інструментів і в дії в цій камері газової фази, один або декілька компонентів якої являють собою первинні сполуки матеріалу, внесеного всередину волокнистих заготовок для гарантованого їх ущільнення. Умови інфільтрації, особливо склад та витрати газової фази, а також температуру і тиск у камері вибирають для забезпечення можливості дифузії газової фази в межах досягаємої внутрішньої пористості волокнистих заготовок з метою реакції бажаного внесеного матеріалу розкладенням компонента газової фази або реакції між кількома компонентами цієї газової фази.

Умови хімічної інфільтрації в паровій фазі піролітичного вуглецю або піровуглецю вже давно відомі спеціалісту. Первинною сполукою вуглецю є алкан, алкил або алкен, звичайно пропан, метан або їх суміш. Інфільтрацію здійснюють при температурі близько 1000°C при тиску, наприклад, близько 1кПа. Умови хімічної інфільтрації в паровій фазі інших матеріалів, окрім вуглецю, особливо керамічних матеріалів, також добре відомі. Можна послатися, зокрема, на патент Франції A-2 401 888.

В промисловій установці хімічної інфільтрації в паровій фазі звичайно завантажують реакційну камеру кількома волокнистими заготовками для одночасного ущільнення, використовуючи набір інструментів, що містить, зокрема, тарілки та розпірки. Якщо волокнисті заготовки кільцеподібні, то вони можуть бути розташовані штабелями в повздовжньому напрямку до реакційної камери. Газова фаза, що містить одну або декілька первинних сполук матеріалу, розміщеного всередині волокнистих заготовок, надходить з повздовжнього краю реакційної камери, тоді як залишкові гази виводять на протилежному краї, звідки їх видаляють за допомогою відкачування. Звичайно передбачені засоби для попереднього нагріву газової фази перед тим, як вона досягає волокнистих заготовок для ущільнення, наприклад у формі перфорованих тарілок попереднього нагріву, через які проходить газова фаза, що надходить у реакційну камеру.

Реальною трудностю, котра трапляється у відомих способах хімічної інфільтрації в паровій фазі, є гарантія стійкої мікроструктури матеріалу, внесеного всередину волокнистих заготовок. В особливому випадку для деталей з композиційного матеріалу необхідно у відповідності з властивостями, притаманними цим деталям, щоб мікроструктура матриці була постійною і відповідала цим вимогам. Таким чином, у прикладі інфільтрації піролітичного вуглецю або піровуглецю навіть мінімальні зміни умов інфільтрації можуть призвести до модифікації мікроструктури піровуглецю. Отже, піровуглеці ламінарного рівного, ламінарного нерівного та ізотопного типів мають дуже відмінні властивості. Якщо намагаються одержати, наприклад, графітізовану піровуглецеву матрицю термообробкою, то має бути одержана переважно мікроструктура ламінарного нерівного типу. Насправді, всупереч піклуванню про контроль умов інфільтрації, були надбані модифікації мікроструктури піровуглецю, внесеного всередину волокнистих заготовок, особливо найбільш віддалених від місця надходження газової фази в реакційну камеру. Ці порушення мікроструктури можуть призвести до створення сажі та небажаних деревоподібних наростів у реакційній камері.

Для вирішення цієї проблеми намагалися значно збільшити витрати газової фази, що надходить у реакційну камеру так, аби газова фаза знаходилася в цілому напроти різних завантажених волокнистих заготовок. Але в цьому випадку необхідно передбачати потужніший і, як наслідок, дорожчий пристрій для відкачування, а витрати газової фази є вагоміші. Крім того, ефективність попереднього нагріву зменшується, якщо газова фаза проходить швидше крізь тарілки попереднього нагріву. Для доведення газової фази до потрібної температури пізніше при її першому контакті з волокнистою заготовкою для ущільнення необхідно збільшити число тарілок попереднього нагріву, але це призводить до зменшення корисного об'єму реакційної камери, і, як наслідок, виходу установки в цілому.

Предметом винаходу є створення способу, який дозволяє уникнути вищезгаданих недоліків, тобто способу хімічної інфільтрації в паровій фазі, який дозволяє гарантувати постійність мікроструктури всередині ущільнюємих волокнистих заготовок без збільшення витрат газової фази або обмеження об'єму завантаження, що економічно не вигідно.

Ця мета досягається завдяки способу хімічної інфільтрації в паровій фазі для ущільнення пористих волокнистих заготовок матеріалом, внесеним всередину останніх, який полягає у завантаженні ущільнюємих волокнистих заготовок у реакційну камеру печі інфільтрації, розташування волокнистих заготовок принаймні кільцеподібно або полим штабелем, який розташований у повздовжньому напрямку реакційної камери, розмежовуючи внутрішній канал з проміжками, заданими волокнистими заготовками, впуск біля першого краю реакційної камери газової фази, що містить, принаймні, одну первинну сполуку внесеного матеріалу, а також виведення залишкових газів через вихід, розташований поблизу протилежного першому краю реакційної камери.

Спосіб, згідно з винаходом, відрізняється тим, що газову фазу через канал вводять у реакційну камеру в один з двох її об'ємів, створених внутрішньою та зовнішньою частинами штабелю або штабелів волокнистих заготовок на його ділянці, найближчій до першого краю реакційної камери; об'єм у якому газова фаза має канал, закритий на його краї, що найбільш віддалений від першого краю реакційної камери так, що циркуляція газової фази між

впуском у реакційну камеру і виведенням з реакційної камери ведеться з внутрішньої частини до зовнішньої частини штабелю чи кожного штабелю або навпаки, газова фаза проходить крізь проміжки між волокнистими заготовками і просочується всередину останніх.

Корисно, коли газову фазу подають у реакційну камеру після попереднього нагріву пропуском крізь зону попереднього нагріву, розташовану в першій краї реакційної камери, відвід газової фази у внутрішній або зовнішній об'єм кожного штабелю здійснюють на виході з зони попереднього нагріву.

Цей спосіб значно вдосконалює умови інфільтрації для досягнення поставленої мети, зокрема в порівнянні з відомими способами, в яких газову фазу подають безпосередньо в реакційну камеру, тобто, коли реакційна камера містить один або декілька штабелів волокнистих заготовок і газова фаза подається водночас усередину і назовні штабеля або кожного зі штабелів.

Дуже важливою перевагою способу згідно з винаходом є те, що час перебування газу в реакційній камері може бути значно скорочено без зміни витрат потоку. Насправді, газова фаза поступає тільки в об'єм, обмежений або вільним проміжком, створеним одним чи декількома центральними каналами одного або декількох штабельованих волокнистих заготовок, або вільним проміжком навкруги штабельованих волокнистих заготовок. Цей об'єм значно зменшено у відношенні до повного об'єму реакційної камери, не зайнятому завантаженням (волокнисті заготовки та набір інструментів), тобто до повного об'єму так званих вільних проміжків, таким чином, уся кількість газу витікає значно швидше. В промисловій установці інфільтрації в паровій фазі піровуглецю спосіб згідно з винаходом дає змогу легко обмежувати час перебування величиною, що дорівнює максимально 1сек. Зниження часу перебування дозволяє уникнути перезрівання та погіршення газової фази, яке може призвести до зміни мікроструктури внесеного матеріалу.

Крім того, оскільки запропоновано можливість значного скорочення часу перебування при однакових витратах, є можливість при вимірах, коли отримані результати є досить задовільними, менш скорочувати час перебування і навіть не змінювати його; витрати газової фази в цьому разі будуть зменшені. Зменшення витрати приводить до економії газової фази. Воно також дозволяє знизити габарити засобів попереднього нагріву, отже збільшити корисний об'єм печі і застосовувати менші засоби відкачування.

Для оптимізації скорочення часу перебування та/або витрат газової фази бажано відведення газової фази, що надходить, здійснювати до меншого з двох об'ємів, створених внутрішньою та зовнішньою частинами штабельованого або штабельованих волокнистих заготовок.

Додаткова перевага способу полягає в тому, що, примушуючи газову фазу циркулювати з внутрішньої частини до зовнішньої частини штабелю чи кожного з штабелів волокнистих заготовок або навпаки, гарантують постійне поновлення газової фази, котра омиває поверхні волокнистих заготовок і на основі яких проходить дифузія всередину волокнистих заготовок. Коли газова фаза поступає одночасно в об'єми, створені внутрішньою та зовнішньою частинами штабелю чи штабелів волокнистих заготовок з одного їх боку, і ці об'єми не закриті з іншого боку, відбувається витікання переважно в повздовжньому напрямку. Постійне оновлення газової фази не може бути гарантовано в цьому випадку в проміжках між волокнистими заготовками, якщо тільки передбачені доволі широкі проміжки. Отже, непроточність газової фази в проміжках між волокнистими заготовками потребує більше часу перебування, а отже, пошкодження мікроструктури внесеного матеріалу. І, якщо волокнисті заготовки віддалені одні від одних на відстань досить велику для сприятливої циркуляції газової фази між ними, це шкодить кількості завантаження волокнистих заготовок у піч інфільтрації.

При застосуванні способу згідно з винаходом циркуляція відбувається безперервно в проміжках між волокнистими заготовками з внутрішньої частини до зовнішньої кожного штабелю або навпаки. В цьому випадку ймовірно, щоб проміжки, залишені між волокнистими заготовками штабелю, були невеликі завширшки, тільки достатні для гарантованої рівноваги тиску між внутрішньою та зовнішньою частинами штабелю. Це дозволяє оптимізувати ступінь заповнення печі волокнистими заготовками.

Багато підтримувати постійну швидкість витікання газової фази в повздовжньому напрямку у внутрішній або зовнішній об'єм, до якого веде канал, всупереч витратам на завантаження, що спричиняються боковими витоками в проміжках між волокнистими заготовками і дифузією всередині них. З цією метою можна розташовувати в цьому об'ємі принаймні компенсаційний елемент, котрий подовжується в повздовжньому напрямку з поперечним перетином, що збільшується в напрямку витікання газової фази.

Спосіб згідно з винаходом з успіхом використовується для ущільнення кільцеподібних волокнистих заготовок гальмових дисків. Волокнисті заготовки можуть бути розташовані одним штабелем або кількома штабелями, паралельними в повздовжньому напрямку реакційної камери. Переважно газова фаза надходить у цьому випадку крізь канал до внутрішньої частини штабелів волокнистих заготовок.

Спосіб згідно з винаходом можна також використовувати для ущільнення інших кільцеподібних або подібних до них волокнистих заготовок, зокрема волокнистих заготовок розходжуючихся патрубків двигуна. Волокнисті заготовки розташовані в цьому випадку одні над одними, переважно таким чином, що одна волокниста заготовка частково введена в іншу. Внутрішній отвір кожної волокнистої заготовки має відносно більший діаметр, і газова фаза надходить у цьому випадку через канал до зовнішньої частини кожного штабелю волокнистих заготовок, що має звичайно менший об'єм, ніж внутрішня частина.

Спосіб згідно з винаходом може використовуватися також для ущільнення не обов'язково кільцеподібних волокнистих заготовок, тобто необов'язково замкнених по колу з центральним проходом чи отвором. У цьому випадку штабелювання здійснюють таким чином, щоб створити кільцеподібний або полий штабель з внутрішнім отвором, окресленим штабельованими волокнистими заготовками.

Приклади здійснення способу згідно з винаходом пояснюють його, але не мають обмежувального характеру.

На наведених кресленнях показано:

Фіг.1. Ілюструє схематично завантаження реакційної камери установки хімічної інфільтрації в паровій фазі згідно з відомим способом.

Фіг.2. Ілюструє схематично приклад застосування способу згідно з винаходом для ущільнення кільцеподібних волокнистих заготовок гальмівних дисків.

Фіг.3. Ілюструє схематично інший приклад застосування способу згідно з винаходом для ущільнення

волокнистих заготовок розходжуючихся патрубків двигуна.

Фіг.4. Ілюструє схематично інше завантаження волокнистих заготовок, що дозволяє застосовувати спосіб згідно з винаходом.

На Фіг.1 схематично показана реакційна камера 1 установки хімічної інфільтрації в паровій фазі. Реакційна камера 1 має звичайну циліндричну форму з вертикальною віссю. Кільцеподібні волокнисті заготовки 2, призначені, наприклад, для виготовлення гальмових дисків літаків з композиційного матеріалу вуглець-вуглець, завантажують в реакційну камеру 1 звичайної форми рівня техніки.

Волокнисті заготовки 2 розташовані в кілька штабелів, видовжені у вертикальному повздовжньому напрямку реакційної камери 1 (наведено тільки два штабелі). Штабелі підтримуються обладнанням, що містить нижню завантажувальну тарілку 5а та проміжні 5в, які обладнані отворами 5 для проходу газів, і розпірні балки 5с між тарілками. Система спирається на підмурок реакційної камери.

Для забезпечення ущільнення волокнистих заготовок 2 газову фазу, що містить первинну сполуку вуглецю, таку, як пропан у суміші з метаном або природним газом, впускають в реакційну камеру 1. У даному прикладі газову фазу подають крізь кілька каналів, які виходять у нижній частині реакційної камери і розташовані приблизно рівномірно. Залишкові гази видаляють у верхній частині реакційної камери крізь канали 7.

У нижній частині реакційної камери газова фаза минає зону попереднього нагріву 8, що містить перфоровані тарілки попереднього нагріву, перед досягненням нижньої завантажувальної тарілки 6а. Тарілки попереднього нагріву розташовані в реакційній камері 1, вони постійно наближені до температури, що переважає в останній, і дозволяють забезпечити ефективний попередній нагрів газової фази.

Внутрішній обігрів реакційної камери проводять за допомогою нагрівного елементу з графіту 9, що створює спарений електромагнітний якір з індуктором (не наведено). Нагрівний елемент 9 розгалужує внутрішній об'єм камери з вертикальною віссю з підмурком 1а, крізь який проходять канали 6, та кришку 1в, крізь яку проходять канали 7. Підмурок та кришка також виконані з графіту, як і розпірки, розташовані в реакційній камері.

Ущільнення волокнуватих волокнистих заготовок 2 забезпечують добре відомим способом шляхом подачі всередину останніх піролітичного вуглецю, створеного розкладом первинної сполуки, присутньої в газовій фазі, що дифундує всередину волокнистих заготовок при допустимій внутрішній пористості. Газова фаза циркулює в реакційній камері і між зоною попереднього нагріву 8 та випускними трубами 7, проходячи всередині та назовні штабельованих волокнистих заготовок 2. Щоб забезпечити доступ до газової фази на поверхнях волокнистих заготовок 2, останні в кожному штабелі підтримуються на відстані одні від одних за допомогою розпірок 3, які залишають проміжки між волокнистими заготовками.

Для здійснення ущільнення кільцеподібних волокнистих заготовок за способом згідно з винаходом, завантаження реакційної камери змінюють, як наведено на Фіг.2.

Як показано на Фіг.2, реакційна камера 11 має циліндричну форму з вертикальною віссю, розгалужену нагрівним елементом з графіту 19, підмурок 11а з графіту, що закриває реакційну камеру в її нижній частині, а також кришку з графіту 11в, що закриває реакційну камеру в її верхній частині.

Як можна бачити, установка інфільтрації містить індуктор (не наведено), що огорожує нагрівний елемент 19. Індуктор з'єднано з нагрівним елементом 19, що створює якір, для нагрівання реакційної камери 11. Живленням індуктора керують таким чином, щоб підтримувати потрібну температуру, що переважає в реакційній камері 11, визначаючи її за допомогою датчика (не наведено).

Волокнисті заготовки 12 являють собою волокнисті заготовки з волокон вуглецю, призначені для ущільнення матрицею піролітичного вуглецю, наприклад волокнисті заготовки гальмових дисків в літаках. Вони створені з шарів волокнуватого вуглецю, що накладені один на одне та пов'язані між собою орієнтуванням. Спосіб виготовлення волокнистих заготовок з волокнуватого вуглецю, створеного шарами, які укладають в штабелі пласко, описано в патенті Франції FR-OA-2 584 106.

Газову фазу, що містить одну або декілька попередніх сполук вуглецю, впускають в реакційну камеру 11 крізь підведені трубопроводи 16, що примикають до нижнього краю реакційної камери крізь підмурок 11а. Газова фаза, що постачає піролітичний вуглець, створена, наприклад, пропаном, первинною сполукою вуглецю та природним газом. Залишкові гази вивільнюють у верхній частині реакційної камери за допомогою відвідних трубопроводів 17 крізь кришку 11в. Відвідні трубопроводи з'єднані з відкачуючим пристроєм (не наведено), що дозволяє встановити потрібний тиск всередині реакційної камери.

Газову фазу, що надходить в реакційну камеру 1, попередньо нагрівають пропускаючи її крізь перфоровані тарілки попереднього нагріву 20, розмежовані проміжками одна від одної, підмурок 11а відокремлено розпірками 21. Тарілки попереднього нагріву 20 і розпірки 21 виконано з графіту. Пропускаючи крізь тарілки 20, газову фазу нагрівають до температури близької до температури, що переважає в реакційній камері 11.

Газова фаза, що була попередньо нагріта, далі минає тарілку дифузора 22, котра встановлюється на підмурку 11а за допомогою опори 23. Тарілка 22 має отвори 22а з регулярними інтервалами для розподілу газової фази рівномірно по реакційній камері 11.

Волокнисті заготовки 12 однакові за розміром і розташовані вертикальними штабелями 30 на круглих опорних тарілках 15а, 15в. Останні мають отвори 15 і розмежовані проміжками одна від одної розпірками 24. Опорні тарілки 15а, 15в та розпірки 24 виконано, наприклад, з графіту. Нижня опорна тарілка 15а спирається на тарілку дифузора 22 за допомогою встановлюючих клинів 25, які зберігають проміжки з останньої. Перфорована верхня кругла тарілка 26 може бути розташованою вище завантаження з метою термічної гомогенізації завантаження і, створюючи захисне розмеження відносно теплового випромінювання волокнистих заготовок, розташованих у верхній частині завантаження. Тарілка 26 спирається на верхню опорну тарілку за допомогою розпірок 27. Кілька штабелів волокнистих заготовок створено та розподілено майже рівномірно на поверхні тарілок 15а, 15в (на Фіг.2 наведено тільки два штабелі). Кожний штабель 30 містить декілька волокнистих заготовок 12, розташованих одна над одною на тій самій вертикальній вісі і займаючих проміжок між двома тарілками. Волокнисті заготовки, що складено в штабеля на різних тарілках 15а, 15в, викладено в низку вертикально з отворами 15, останні мають діаметр, що дорівнює або перевищує внутрішній діаметр волокнистих заготовок 12. Таким чином, штабелі 30 волокнистих заготовок, викладених у низку вертикально, обмежують центральний прохід у формі труби 31,

створеної центральними отворами кільцеподібних волокнистих заготовок 12 і отворами 15 у тарілках. Ці проходи 31 зачинено в своїй верхній частині суцільними захисними розмеженнями 32.

Попередньо нагріту газову фазу, що виходить з тарілки дифузора 22, відводять через канал в об'єм, створений внутрішніми проходами 31 штабелів 30. З цією метою установчі клини 25, розташовані між тарілкою дифузора 22 та нижньою опорною тарілкою 15а, являють собою кільця з внутрішнім діаметром, що дорівнює або перевищує внутрішній діаметр отворів 15, і викладені в ряд з останніми для спрямування газової фази виключно до проходів 31. Тарілка дифузора 22 має отвори 22а тільки відповідні проходам.

Розміжні елементи 33 не товсті і розташовані в кожному штабелі між волокнистими заготовками 12 або, якнайменше, між групами викладених в штабелі волокнистих заготовок. Такі розміжні елементи розташовані також між опорними тарілками і першими волокнистими заготовками, що розташовуються на них, а також між останніми волокнистими заготовками штабелів 30 і захисними розмеженнями 32. Ці розміжні елементи 33 створюють канали перетікання 34 газової фази між внутрішньою і зовнішньою частинами волокнистих заготовок, зрівнюють тиск між проходами 31 і внутрішнім об'ємом камери 11 і забезпечують дифузію газової фази спочатку на рівних поверхнях волокнистих заготовок 12. Таким чином, газову фазу, що надходить із зони попереднього нагріву, спрямовують через канал до внутрішніх проходів 31 штабелів 30, потім вона надходить з внутрішньої до зовнішньої частини кожного штабелю 30, далі в об'єм з зовнішньої камери 36 на штабелі 30, звідки її видаляють крізь перфоровану тарілку 26 і крізь випускні трубопроводи 17.

Для компенсації витрат завантаження, спричинених цими боковими каналами, що підсилюються дифузією газової фази у волокнисті заготовки, а також для підтримання постійної швидкості потоку газової фази в проходах 31, круглий пропускний перетин останніх може бути поступово зменшений у зоні циркуляції газової фази знизу догори. Це обмеження пропускного перетину може бути здійснено шляхом встановлення в кожному проході 31 вертикального центрального елемента 35 оформлення перетину, що розширюється в напрямку витікання газового потоку. Цей елемент 35 оформлення (один з них наведено на Фіг.2) у вигляді "сталактиту" закріплено, наприклад, під захисним розмеженням 32, розташованим у верхній частині проходу.

Значна перевага способу згідно з винаходом полягає в скороченні часу перебування газової фази в реакційній камері 11 у порівнянні з розташуванням, наведеним на Фіг.1, для тих самих витрат уведеної газової фази, а також у гарантованому постійному оновленні газової фази, що омиває зовнішні поверхні волокнистих заготовок.

Час перебування визначають у реакційній камері промислової печі. Для даних витрат притоку час перебування, що визначається між впускними трубопроводами 16 і верхом штабелів волокнистих заготовок, складає 0,4сек для розташування, наведеного на Фіг.2, тоді як воно складає 1,8сек для розташування, наведеного на Фіг.1. Це зменшення часу перебування спричинено тим, що газова фаза спрямована крізь канал до невеликого об'єму, створеного внутрішніми проходами штабелів, і гарантує постійну мікроструктуру піровуглецю, нанесеного по всій довжині штабелів волокнистих заготовок.

Крім того, здійснюючи обов'язкову циркуляцію між внутрішньою і зовнішньою частинами кожного штабелю, отримують безперервне оновлення газової фази в проміжках між викладеними в штабелі волокнистими заготовками, за допомогою розпірок 34. Таким чином, ці проміжки можуть бути не широкими, доволі меншими ніж 5мм, наприклад, приблизно між 0,1мм і 5мм, що дозволяє оптимізувати ступінь завантаження печі. Навпаки, при розташуванні згідно з Фіг. 1 переважна циркуляція газової фази встановлюється в напрямку, вертикальному до внутрішньої та зовнішньої частини штабелів волокнистих заготовок. Для забезпечення існування достатньої циркуляції в проміжках між укладеними в штабелі волокнистими заготовками, проміжки мають бути досить широкими, що шкодить ступеню завантаження печі. При відсутності цього існує ризик непроточності газової фази в проміжках між волокнистими заготовками і, як наслідок, ризик пошкодження мікроструктури піровуглецю, внесеного дифузією цієї газової фази.

Крім того, оскільки витрати постійні, то час перебування може бути значно скорочений у способі згідно з винаходом, а при постійному часі перебування витрати можуть бути зменшені в тій самій пропорції. Таким чином, якщо значне скорочення часу перебування не є корисним для забезпечення постійної мікроструктури піровуглецю, внесеного в реакційну камеру, витрати газової фази можуть бути зменшені. Споживання первинної сполуки вуглецю в цьому випадку зменшується, розміри зони попереднього нагріву можуть бути зменшені без впливу на якість попереднього нагріву, отже збільшується корисний об'єм реакційної камери, а необхідність відкачування для підтримання тиску в реакційній камері на бажаній величині зменшується.

Спосіб згідно з винаходом може бути застосований для інших кільцеподібних пористих волокнистих заготовок, окрім наведених на Фіг.2, звичайно для волокнистих заготовок, що мають замкнуту форму з проходом чи отвором в центрі по осі.

Таким чином, в реакційній камері 1 установки інфільтрації, наведеної схематично на Фіг.3, пористі волокнисті заготовки для ущільнення являють собою волокнисті заготовки з розходжуваними патрубками для двигунів. Мова йде, наприклад, про волокнисті заготовки з вуглецевих волокон, призначених для ущільнення матрицю з піролітичного вуглецю.

Як проілюстровано на Фіг.3, реакційна камера 41 має форму циліндра з вертикальною віссю і розгалужена нагрівним елементом з графіту 49, підмурок 41а з графіту, що закриває реакційну камеру в її нижній частині, і кришку з графіту 41в, що закриває реакційну камеру в її верхній частині. Нагрівний елемент 49 створює якір, пов'язаний з індуктором (не наведено), оточуючим реакційну камеру.

Газову фазу, що містить одну або декілька первинних сполук вуглецю, вводять у реакційну камеру 41 крізь підвідні трубопроводи 46, що закінчуються на долішньому краї реакційної камери, крізь підмурок 41а. Газова фаза містить, наприклад, пропан у суміші з метаном або природним газом. Залишкові гази виводять у верхній частині реакційної камери за допомогою відвідних трубопроводів 47 крізь кришку 41в. Відвідні трубопроводи поєднані з відкачуючим пристроєм (не наведено), що дозволяє встановити всередині реакційної камери потрібний тиск.

Газову фазу, що надходить у реакційну камеру 41, попередньо нагрівають у зоні попереднього нагріву 48 шляхом проходу крізь перфоровані тарілки попереднього нагріву, розташовані з проміжками між ними, і підмурок 41а крізь розпірки 51. Тарілки попереднього нагріву і розпірки 51 виконано, наприклад, з графіту. При проході в

зоні попереднього нагріву 48 крізь тарілки 50, газову фазу доводять до температури, що наближається до температури, що переважає в реакційній камері 41. Потім попередньо нагріта газова фаза проходить крізь тарілку дифузора 52 з отворами 52а і встановлену на підмурку 41а за допомогою опори.

Волокнисті заготовки для ущільнення 42а, 42в, 42с в цьому прикладі у кількості трьох, розташовані таким чином, що їх вісі збігаються з вертикальною віссю реакційної камери 41 і вони розходяться, відкриваючись донизу, їх форма зрізаного конусу або форма "кокетки" дозволяє розташовувати волокнисті заготовки таким чином, щоб вони частково вкладалися одна в одну, створюючи вертикальний штабель, верхівки волокнистих заготовок 42а, 43в, розташовані відповідно всередині волокнистих заготовок 42в, 42с.

Волокнисті заготовки підтримуються за допомогою відповідних горизонтальних тарілок, відповідно нижньої тарілки 45а і двох кільцеподібних проміжних тарілок 45в, 45с, що підтримуються з проміжками одна від одної за допомогою розпірок 54. Кругла верхня тарілка знаходиться на верхній волокнистій заготовці 42а. Вона має центральний отвір 58, що розташоване в лінію з вертикальним проходом 51, який створено за рахунок розташування по прямій лінії центральних каналів волокнистих заготовок.

Попередньо нагріту газову фазу, що надходить з тарілки дифузору 52, спрямовують по каналу до об'єму 66, розташованому в реакційній камері 41 назовні волокнистих заготовок 42а, 42в, 42с. З цією метою попередньо нагріту газову фазу відводять до каліброваних отворів, створених в периферійній зоні тарілки 45а, назовні зони, де знаходиться нижній край волокнистої заготовки 42а, а також крізь калібровані отвори 45, створені в периферійних зонах тарілок 45в, 45с, назовні зони, де знаходяться нижні краї волокнистих заготовок 42в, 42с. Нижня тарілка 45а може мати кільцеподібну форму для зменшення маси, в цьому випадку кільце 53 розташоване між тарілкою дифузора 52 і нижньою тарілкою 45а аби перешкодити доступу до газової фази крізь прохід 61 на виході з зони попереднього нагріву. В цьому випадку тарілка дифузору 52 має отвори тільки в периферійній зоні.

Проміжні опорні тарілки 45в, 45с мають центральний отвір 67, стінка якого може мати форму зрізаного конусу, що відповідає формі зовнішньої поверхні волокнистих заготовок, що їх оточують, і розмір яких визначено таким же чином, що і висота розпірок 54; тому тарілки 45в, 45с не шкодять зовнішнім поверхням волокнистих заготовок 42а, 42в проміжків певної зниженої ширини, наприклад, одна чи декілька десятків мм. Проміжок такої ширини забезпечується за допомогою розпірок 64 між верхівкою волокнистої заготовки 42с і верхньою тарілкою 56.

Можна використовувати такі додаткові елементи устаткування, як кільцеподібні прокладки 68, що закривають простори між зовнішніми краями опорних тарілок 45а, 45в, 45с та внутрішньою стінкою нагрівного елементу 49 і верхньою тарілкою 56 навкруги зовнішньої поверхні волокнистої заготовки 42с для розгалуження зменшеного об'єму навкруги останньої. Стінка в формі зрізаного конусу 69 закріплена під верхньою тарілкою 56.

Опорні тарілки, розпірки та інші елементи устаткування, що використовуються в реакційній камері 41, виконано, наприклад, з графіту.

При розміщенні, що описано вище, витікання газової фази відбувається, починаючи від зовнішнього в штабелі 60 до внутрішнього проходу 61, звідки її видаляють крізь відвідні канали 47. Інтервали між волокнистими заготовками 42а, 42в та проміжними опорними тарілками 54в, 45с дозволяють зрівноважувати тиск між внутрішньою та зовнішньою частиною штабелю 60 та забезпечувати безперервну циркуляцію газової фази в цих інтервалах для того, щоб зовнішні поверхні волокнистих заготовок 42а, 42в постійно омивалися поновлюваною газовою фазою до їх верхівки. Інтервал між верхівкою волокнистої заготовки 42с та верхньою тарілкою 56 також дозволяє вирівнювати тиск і забезпечує видалення газової фази, що надходить у верхню частину об'єму 66.

Вивід газової фази, що виходить із зони попереднього нагріву, до зовнішнього об'єму 66 на волокнистих заготовках має перевагу в порівнянні з відводом до внутрішнього об'єму 61 для оптимізації часу перебування. Насправді, всупереч виконанню згідно з фігурою 2, зовнішній об'єм на волокнистих заготовках менший за внутрішній об'єм і час перебування значно знижують, коли спрямовують газову фазу до меншого з цих двох об'ємів. Калібровані отвори 45 дозволяють контролювати витікання потоку, тоді як стінка 69 сприяє зменшенню об'єму 66, забезпечуючи достатній проміжок навколо волокнистої заготовки 42с.

Таким чином, знову мають місце переваги, зумовлені значним скороченням часу перебування, особливо у відношенні до постійної якості мікроструктури матеріалу, розташованого всередині волокнистих заготовок по всьому повздовжньому напрямку реакційної камери 41, а також можливості, наданої для скорочення витрат газової фази, що надходить.

Слід особливо зазначити, що кількість волокнистих заготовок може відрізнятися від трьох у залежності від їх розмірів і від розміру камери інфільтрації і необов'язково, щоб вони були частково введені одна до одної, при цьому інтервал між суміжними волокнистими заготовками може бути закрито за винятком проміжку, ширина якого зменшена елементами устаткування, які доповнюють у разі необхідності опорні тарілки.

Спосіб згідно з винаходом можна застосовувати необов'язково для кільцеподібних волокнистих заготовок. У цьому випадку досить розташувати волокнисті заготовки таким чином, щоб розмежувати реакційну камеру на один або декілька об'ємів, всередині яких приймають газову фазу, і на один або декілька об'ємів, з яких видаляють залишкову газову фазу після проходження її між волокнистими заготовками або дифузії крізь них. Волокнисті заготовки розташовані в формі одного або декількох кільцеподібних або полих штабелів, що мають внутрішній прохід, розгалужений волокнистими заготовками.

Таке розташування наведено схематично на Фігурі 4. Волокнисті заготовки 70 мають форму перекладин у вигляді паралелепіпеду, які викладено штабелями у вигляді шарів, що накладено один на один таким чином, що утворюється в кожному шарі замкнутий або майже замкнутий багатокутник, наприклад трикутник. У штабелі перекладини 70 розгалужують також прохід або внутрішній об'єм 80 і зовнішній об'єм 81, розпірки 71 розташовані між перекладинами 70, які викладено одна на одну для зберігання інтервалів між ними.

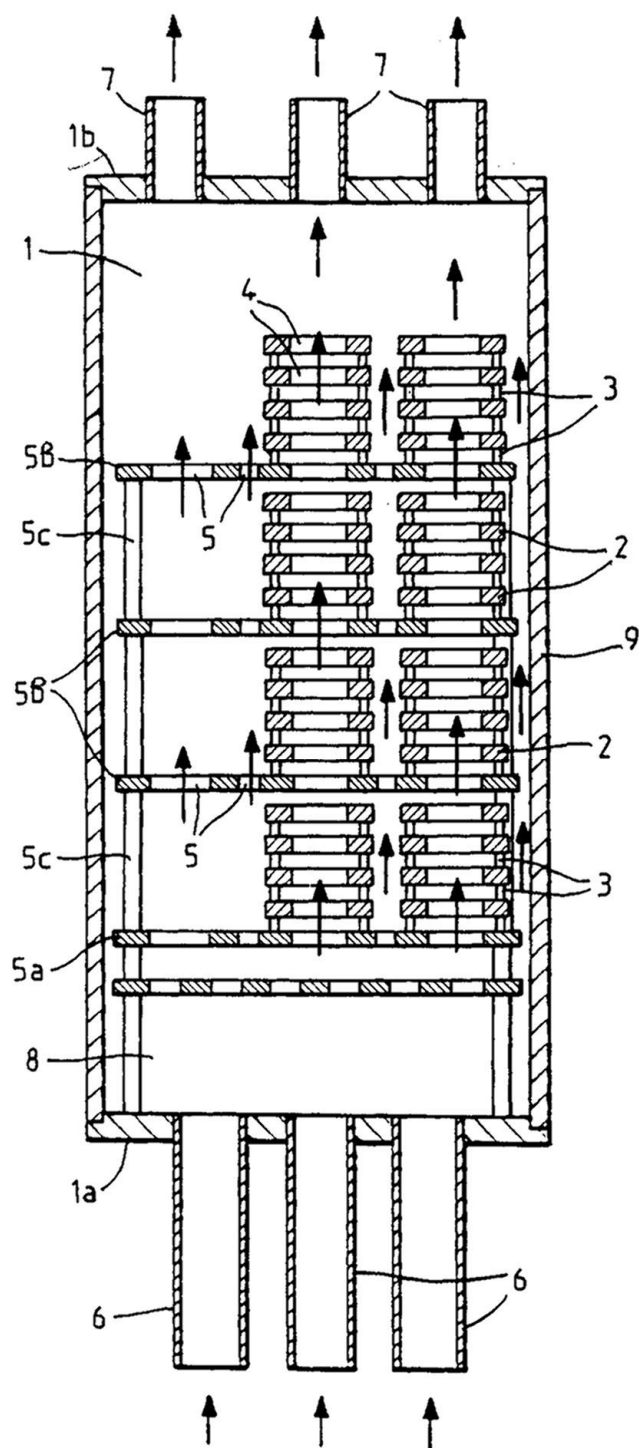
Волокнисті заготовки 70 завантажують у реакційну камеру вертикальними штабелями, наприклад так, як наведено на Фіг.2. Суттєва відзнака полягає в тому, що кожен кільцеподібну волокнисту заготовку замінено кількома волокнистими заготовками, розташованими з можливістю створення багатокутної форми.

В разі потреби розподіл внутрішнього об'єму реакційної камери на два об'єми, в один з яких газова фаза надходить, а з іншого видаляється, може бути здійснено шляхом комбінації волокнистих заготовок і елементів устаткування. Це також присутнє у випадку, коли волокнисті заготовки різних форм і/або розмірів завантажують

одночасно.

Хоча в попередніх прикладах було передбачено ущільнення волокнистих заготовок піролітичним вуглецем, певна річ, що винахід придатний до хімічної інфільтрації в паровій фазі інших матеріалів, крім вуглецю, зокрема, кераміки, зокрема для виготовлення деталей з композиційного матеріалу з керамічною матрицею.

Крім того, живлення реакційної камери в газовій фазі та видалення залишкових газів може бути здійснено відповідно у верхній і в нижній частині реакційної камери, тобто з витіканням газової фази в реакційній камері згори донизу, не відмовляючись від принципів винаходу.



ФІГ. 1

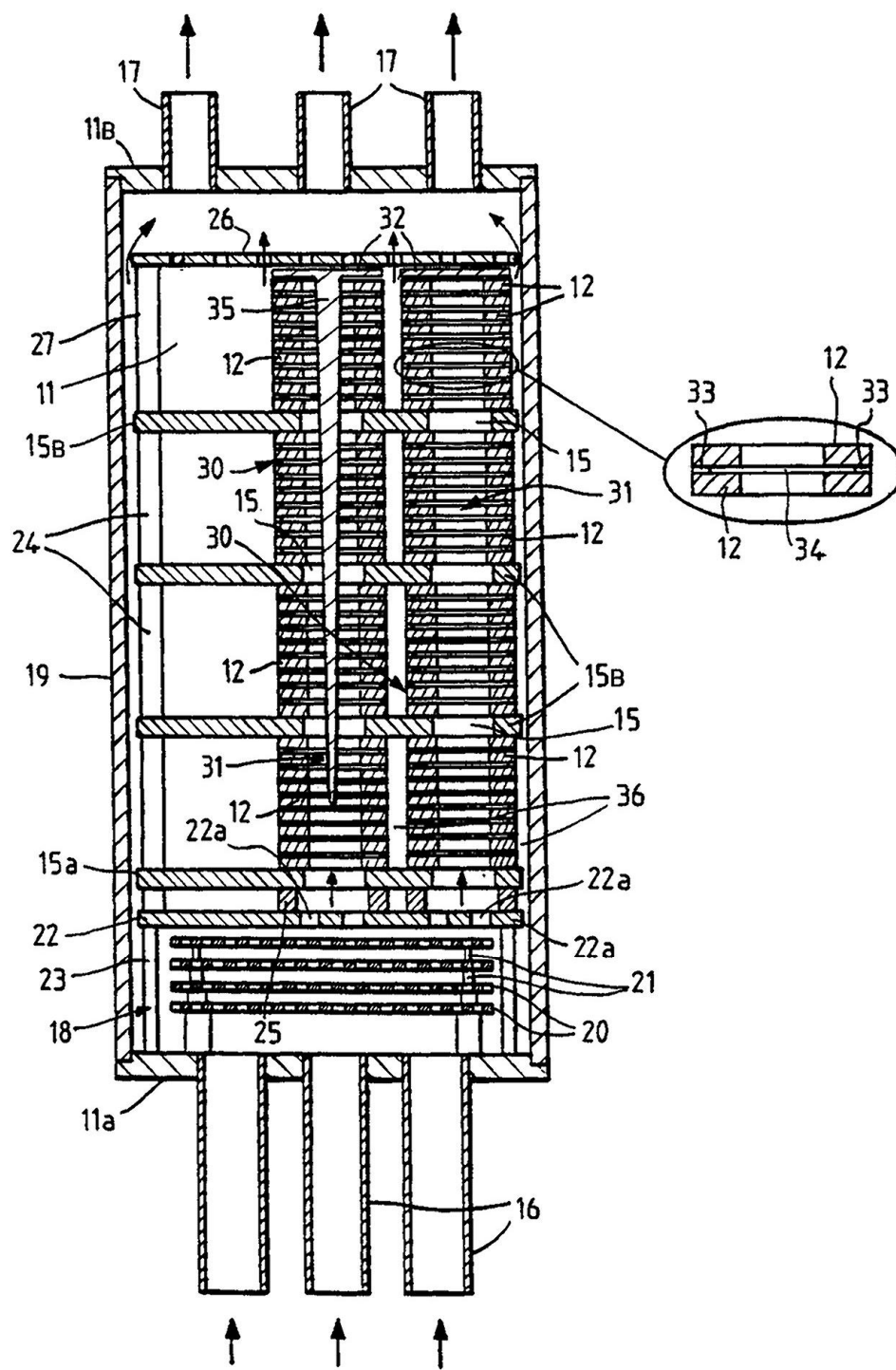
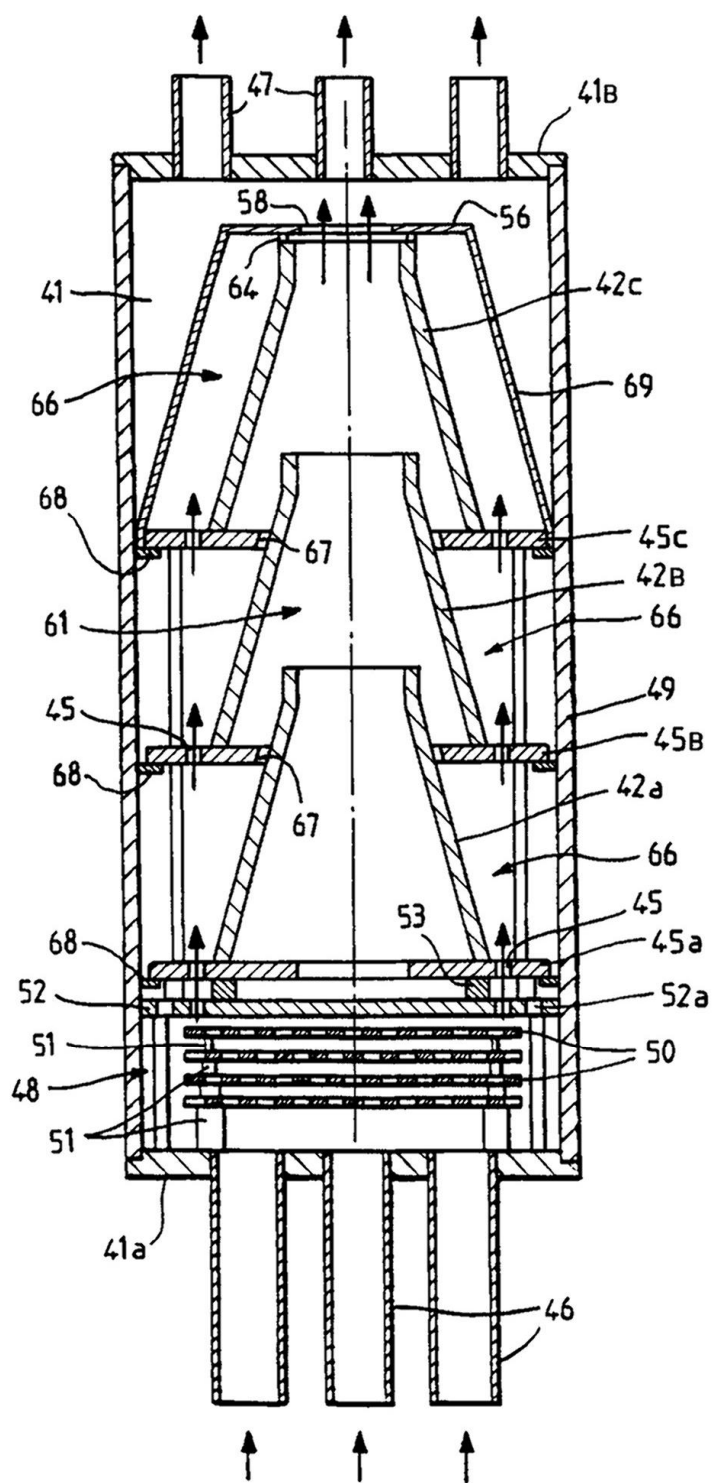


FIG. 2



ФИГ. 3





FIG. 4