

Цей винахід належить, до теплообмінників, у яких використовуються апарати теплового обміну, засновані на циркуляції плинного середовища, і які призначені для використання у важких термічних умовах навколишнього середовища.

Специфічними, але не винятковими галузями застосування винаходу є системи перетворення матеріалів, наприклад, реактори ядерного перетворення, а також системи приводу, зокрема, елементи стінок камери згоряння реактивних двигунів, а саме прямоструминних повітряно-реактивних двигунів.

Застосовувані в даних галузях техніки теплообмінники звичайно виготовляють із металу, щонайменше частково. У той же час термічні і механічні властивості металів і сплавів обмежують галузь їхнього застосування як за критерієм їхніх робочих характеристик, так і у відношенні безпеки. Крім того, металеві теплообмінники важкі і громіздкі, і це негативно позначається при використанні, щонайменше у визначених умовах застосування.

Відомі спроби використання вогнетривких композитних матеріалів у якості єдиних матеріалів або в сполученні з металами для виготовлення теплообмінників, призначених для використання у важких термічних умовах навколишнього середовища, зокрема, для стінки реактора ядерного перетворення. Так, у патентній заявці № WO 98/03297 описаний спосіб виготовлення такого теплообмінника за допомогою кріплення припаюванням деталей із композитного матеріалу вуглець/вуглець (C/C) на металевій основі (мідній) з охолодженням за рахунок циркуляції плинного середовища. У цьому технічному вирішенні застосовується метал. Відомий також патент США № 5583895, у якому для тієї ж галузі застосування описана конструкція теплообмінника у виді блока з композитного матеріалу C/C, у якому утворені проходи для циркуляції плинного середовища. Стінки проходів ущільнені металевим покриттям, наприклад, мідним, що припаюють до композитного матеріалу C/C.

Задачею, на вирішення якої спрямований цей винахід, є створення теплообмінника, що може використовуватися у важких термічних умовах навколишнього середовища.

Винахід спрямований також на вирішення задачі створення теплообмінника, у якому реалізація різноманітних термічних і конструктивних функцій може бути оптимізована для істотного зниження маси, габаритів і вартості.

Крім того, винахід спрямований на вирішення задачі створення простого у виготовленні теплообмінника.

Ще одним предметом винаходу є спосіб виготовлення теплообмінника.

Відповідно до винаходу теплообмінник відрізняється тим, що він містить проміжну частину з вогнетривкого композитного матеріалу, у якій виконані канали циркуляції плинного середовища, причому проміжна частина укладена між частиною з вогнетривкого композитного матеріалу, що утворює тепловий екран, і частиною з термоконструкційного композитного матеріалу, що утворює несучу конструкцію теплообмінника, при цьому складові частини теплообмінника сполучені в одне ціле за допомогою припаювання.

Термоконструкційний композитний матеріал являє собою композитний матеріал, механічні характеристики якого дають можливість виготовляти з нього елементи конструкцій і який зберігає свої властивості при підвищених температурах. У загальному випадку термоконструкційні композитні матеріали є композитними матеріалами, що мають волокнистий каркас із вогнетривких волокон, таких як вуглецеві або керамічні волокна, ущільнений вогнетривкою матрицею, такою як матриця з вуглецю або кераміки. Прикладами термоконструкційних композитних матеріалів є композитні матеріали вуглець/вуглець (C/C) із волокнистим каркасом і матрицею з вуглецю і композитні матеріали з керамічною матрицею (КМК), наприклад, матрицею з карбиду кремнію (SiC).

У оптимальному виконанні термоконструкційний композитний матеріал несучої конструкції теплообмінника являє собою композитний матеріал C/C. Він може бути поданий у виді матеріалу з стільниковими заповнювачами або у виді композитного матеріалу, у якому волокнистий каркас утворений накладеними один на одного волокнистими прошарками, що сполучені між собою волокнами, що проходять поперечно прошаркам, як це описано, наприклад, у патенті США № 4790052.

Оптимально також, щоб матеріал проміжної частини також був композитним матеріалом C/C, що тут використовується скоріше завдяки своїм вогнетривким, ніж конструктивним властивостям.

Можливий варіант виконання частини, що утворює несучу конструкцію, і проміжної частини у виді єдиного блока з композитного матеріалу C/C, до якого припаюють частину, що утворює тепловий екран.

Має переваги також, щоб матеріал, що утворює тепловий екран частини, був матеріалом типу КМК, наприклад, матеріалом C/SiC або SiC/SiC (каркас із вуглецевих волокон або волокон карбиду кремнію, ущільнений матрицею з карбиду кремнію). У порівнянні з композитними матеріалами C/C такі матеріали краще підходять для використання при впливі інтенсивного теплового потоку, і зокрема, в атмосфері, що окислює. Перевага теплообмінника відповідно до цього винаходу полягає в можливості вибору матеріалів, найбільше підхожих для забезпечення теплових і механічних функцій теплообмінника, і отже, дозволяють оптимізувати його конструкцію у відношенні робочих характеристик і габаритних розмірів.

Відповідно до ще однієї особливості теплообмінника згідно винаходу канали циркуляції рідини виконані в поверхні проміжної частини, наприклад, способом механічної обробки, і частково обмежені суміжною стінкою однієї з двох інших частин. При цьому виконання каналів циркуляції рідини особливо просте.

При необхідності надання непроникності каналам може забезпечуватися і за допомогою формування на їхніх стінках покриття, наприклад, у виді тонкого прошарку металевого покриття. Таке покриття може бути сформоване на всіх поверхнях складання частин із тим, щоб спростити припаювання шляхом утворення прошарку зчеплення для припою.

Приклади виконання цього винаходу будуть докладніше описані нижче з посиланнями на креслення, що прикладаються, на яких:

фіг. 1 зображує в розрізі елемент теплообмінника відповідно до першого прикладу здійснення винаходу,

фіг. 2 надає етапи способу виготовлення елемента теплообмінника по фіг. 1,

фіг. 3 зображує в розібраному виді елемент камери згоряння реактивного двигуна, що утворює теплообмінник у відповідності з другим прикладом здійснення винаходу, і

фіг. 4 схематично зображує камеру прямострумінного повітряно-реактивного двигуна і частковий вид елемента стінки камери згоряння, що утворює теплообмінник відповідно до третього прикладу здійснення винаходу.

Відомості, що підтверджують можливість здійснення винаходу

На фіг. 1 показаний у розрізі єдиний блок 10, що являє собою елемент теплообмінника. Блок 10 може бути елементом стінки оболонки, у якій існують важкі термічні умови. Так наприклад, він може бути елементом стінки камери утримання плазми в реакторі ядерного перетворення.

Теплообмінний блок 10 містить тепловий екран 12, зовнішня поверхня 12а якого схильна впливу теплового потоку, проміжну частину 14 із каналами 16 циркуляції плинного середовища і несучу конструкцію 18. Проміжна частина 14 укладена між тепловим екраном 12 і несучою конструкцією 18 і сполучена з ними паянням. Канали 16 циркуляції плинного середовища виконані механічною обробкою у тій поверхні проміжної частини 14, що розташована з боку теплового екрана 12, і перекриті внутрішньою поверхнею 12б теплового екрана, так що ця внутрішня поверхня 12б також частково обмежує канали 16. Канали 16 призначені для сполучення із системою циркуляції тепловідводного плинного середовища.

Тепловий екран 12, схильний впливу найбільш важких термічних умов, виконаний із вогнетривкого композитного матеріалу, краще з композитного матеріалу з керамічною матрицею (КМК), наприклад, із композитного матеріалу типу C/SiC з волокнистим каркасом із вуглецевих волокон, ущільненим матрицею з карбіда кремнію.

Проміжна частина також являє собою вогнетривкий композитний матеріал, наприклад, композитний матеріал C/C з волокнистим каркасом із вуглецевих волокон, ущільненим матрицею з вуглецю. Несуча конструкція виготовлена з термоконструкційного композитного матеріалу і виконана таким чином, щоб забезпечувати конструктивну функцію блока 10. Так, наприклад, можна використовувати несучу конструкцію у виді конструкції з стільниковими заповнювачами з композитного матеріалу C/C. Спосіб виготовлення такої конструкції описаний у патенті США № 5415715. Можна також використовувати несучу конструкцію у виді композитного матеріалу C/C, у котрій волокнистий каркас утворений плоскими прошарками волокнистої структури, пов'язаними між собою волокнами, що проходять поперечно прошаркам. Прошарки можуть бути утворені, наприклад, сітчастими прошарками, накладеними один на одного в різноманітних напрямках полотнами з одностороннім напрямком волокна, повстяними прошарками і т.д., при цьому краще прошарки сполучені між собою за допомогою голкопробивання. Спосіб виготовлення такого композитного матеріалу C/C описаний у патенті США № 4790052.

На фіг. 2 надані етапи способу виготовлення блока 10 теплообмінника. Тепловий екран із матеріалу КМК, наприклад, композитного матеріалу C/SiC, проміжну частину з композитного матеріалу C/C і несучу конструкцію з композитного матеріалу C/C виготовляють по окремі (етапи 20, 22, 24). Способи виготовлення виробів із композитного матеріалу типу C/C або C/SiC шляхом підготування волокнистого каркаса або попередньої форми й ущільнення волокнистого каркаса матрицею добре відомі. Ущільнення може здійснюватися за допомогою хімічної інфільтрації з парової фази або за допомогою просочення напівпродуктом матриці в рідкому виді з наступним перетворенням напівпродукту за допомогою термообробки.

Канали 16 на поверхні проміжної частини 14 виконують способом механічної обробки (етап 26).

Далі може бути сформоване металеве покриття на всіх поверхнях проміжної частини, теплового екрана і несучої конструкції (етап 28). Металеве покриття вибрано з метою поліпшення змочуваності з урахуванням застосовуваної далі пайки для з'єднання різноманітних частин і для поліпшення міцності паяних з'єднань. Крім того, металеве покриття забезпечує непроникність стінок каналів циркуляції плинного середовища. Справа в тому, що композитні матеріали C/C або КМК, отримані показаним вище чином, неминуче мають залишкову пористість, яку необхідно ущільнити на поверхні, щоб забезпечити непроникність каналів.

Металеве покриття, наприклад, із титану, хрому, цирконію, гафнію або берилію може бути нанесене за допомогою хімічного осадження з парової фази або нанесення у вакуумі.

У тому випадку, коли немає необхідності в металевому покритті для зчеплення з припоєм, необхідно проте забезпечити непроникність стінок каналів 16. Цю непроникність забезпечують за допомогою нанесення непроникного покриття щонайменше на механічно оброблені ділянки проміжної частини і на ділянки суміжної поверхні теплового екрана. Непроникний прошарок наносять шляхом хімічного осадження з парової фази. Покриття може бути металевим або неметалевим, наприклад, вуглецевим або керамічним.

Припаювання (етап 29) виконують таким чином: наносять прошарок припою на поверхні проміжної частини, теплового екрана і несучої конструкції, що підлягають з'єднанню, потім їх збирають і витримують в оснастці при бажаній температурі пайки з урахуванням використовуваного припою. Припой вибирають із відомих припоїв для з'єднання паянням кераміки і вогнетривких композитних матеріалів один з одним або з металами. До них належать, наприклад, припої марок "TiCuSi" або "SiABA" фірми США «Wesgo, Inc». У якості посилання можна навести вже згадану патентну заявку № WO 98/03297, а також статтю авторів A.G. Foley, D.G. Andrews «Ефективне паяння металевим припоєм для з'єднання кераміки з металами», GEC ALSTROM TECHNICAL REVIEW, No. 13, лютий 1994, Франція, стор. 49 - 64.

Фіг. 3 зображує в розібраному виді інший приклад виконання теплообмінника згідно винаходу, що утворює елемент 30 камери згоряння реактивного двигуна. Тепловий екран 32 являє собою симетричну щодо осі кільцеву деталь із передньою циліндричною частиною, що продовжена назад частиною у формі зрізаного конуса. Тепловий екран 32 виготовлений у виді єдиної деталі з композитного матеріалу КМК, наприклад, композитного матеріалу C/SiC. Волокнистий каркас композитного матеріалу виготовляють за допомогою намотки волокнистої структури на осердя відповідної форми, потім отриманий каркас ущільнюють матрицею з композитного матеріалу.

Канали 36 циркуляції плинного середовища виконують шляхом механічної обробки в осьовому напрямку на поверхні проміжної частини 34, зверненої до теплового екрана 32. Проміжна частина 34 виготовлена з композитного матеріалу C/C. Тепловідвідне плинне середовище являє собою паливо, що нагрівається при

проході крізь теплообмінник перед упорскуванням у камеру згоряння. Отвори 33а, 33б впуску і випуску плинного середовища проходять поперечно через стінку теплового екрана 32 поблизу його кінці по осі на рівні канавок, таких як кільцеві канавки 37, що виконані механічним способом на проміжній частині попереду і позаду і призначені для розподілу плинного середовища в канали 36 на однім кінці і для його збору на іншому кінці каналів.

Проміжна частина 34 виконана спільно з несучою конструкцією 38 у виді кільцевої конструкції з композитного матеріалу С/С. Її виготовляють за допомогою намотки на осердя волокнистої структури з накладенням прошарків один на одного і з'єднанням прошарків між собою за допомогою волокон, що проходять поперечно прошаркам, наприклад, за допомогою голкопробивання. Отриманий каркас ущільнюють вуглецевою матрицею. Спосіб виготовлення пророблених голкопробиванням кільцевих каркасів у якості основи, що армує, для конструктивних виробів із композитних матеріалів С/С описаний у вже згаданому патенті США № 4790052. Несуча конструкція 38 і проміжна частина можуть виконуватися у виді двох окремих частин із їхнім з'єднанням паянням або ж у виді єдиної частини, як у даному прикладі виконання.

Тепловий екран 32 припаюють до поверхні проміжної частини, у якій виконані канали 36 і канавки 37.

Припаювання виконують описаним вище чином з посиланнями на фіг. 1 і 2, у визначених випадках після нанесення металевого покриття для зчеплення з припоєм, і щонайменше, після нанесення непроникного покриття на стінки каналів 36 і канавок 37.

Фіг. 4 у дуже схематичному виді зображує конструкцію прямострумінного повітряно-реактивного двигуна, стінка 40 якого утворює теплообмінник відповідно до винаходу.

Стінка 40 має конструкцію, аналогічну блоку 10 по фіг. 1, і виготовлена подібним способом. Тепловий екран 42 розташований із внутрішньої сторони стінки і виконаний із композитного матеріалу КМК, наприклад, композитного матеріалу С/31С. Він припаян до проміжної частини 44 із боку її поверхні, у котрій механічним способом виконані канали 46, і перекривають ці канали.

По каналах 46 проходить текуче середовище у виді палива, що вприскується в камеру згоряння після підігріву при проході через стінку 40.

Проміжна частина 44 виготовлена з композитного матеріалу С/С и припаяна до несучої конструкції 48, також виготовленої з композитного матеріалу С/С. Краще проміжна частина виконана у виді конструкції з стільниковими заповнювачами для максимального полегшення усього вузла.

Припаювання, нанесення у визначених випадках металевого покриття на поверхні, що підлягають з'єднанню паянням, і нанесення непроникного покриття на стінки каналів циркуляції плинного середовища виконують таким же чином, як і для приклада здійснення по фіг. 1 і 2.

У описаних вище прикладах передбачене утворення каналів циркуляції плинного середовища в поверхні проміжної частини з боку теплового екрана. Це розташування каналів є кращим, проте не виключається варіант їхнього виконання з боку несучої конструкції.

Надписи на кресленні, фіг.2

20 - Формування теплового екрана С/СiС

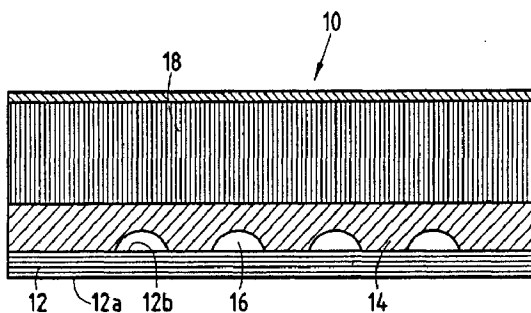
22 - Формування проміжної частини С/С

24 - Формування несучої конструкції С/С

26 - Виконання каналів механічною обробкою

28 - Формування металевого покриття

29 – Припаювання



Фіг. 1

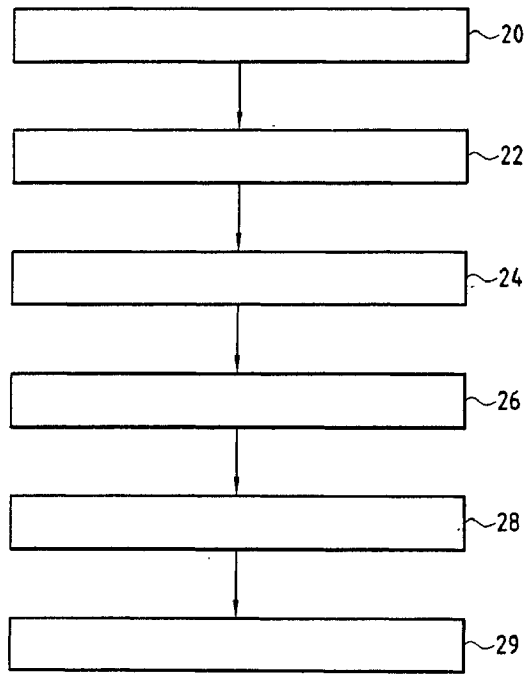


Fig. 2

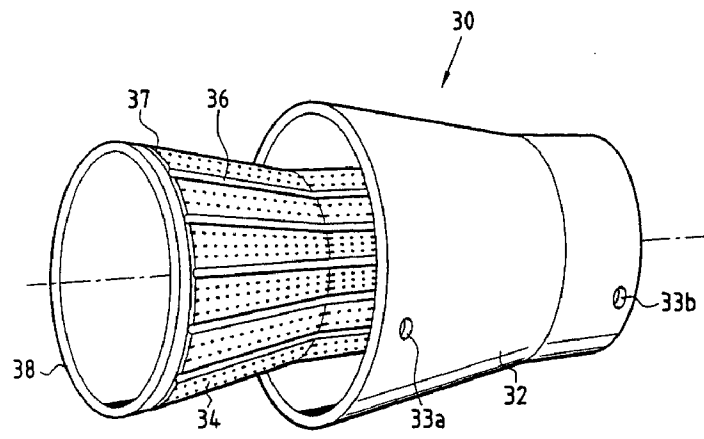


Fig. 3

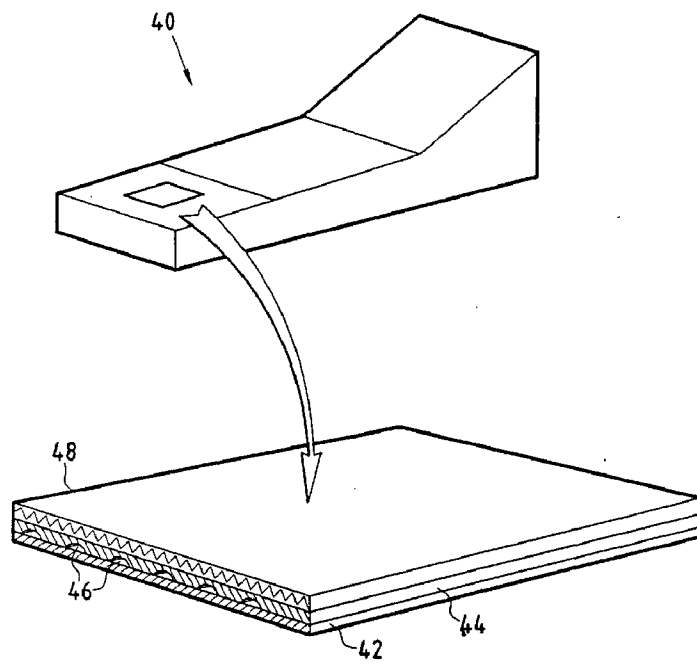


Fig. 4