

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4249396号
(P4249396)

(45) 発行日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(24) 登録日 平成21年1月23日(2009.1.23)

(51) Int.Cl.

F I

F 2 8 F 21/02 (2006.01)
C O 4 B 35/00 (2006.01)
C O 4 B 35/80 (2006.01)
C O 4 B 35/52 (2006.01)
C O 4 B 35/84 (2006.01)

F 2 8 F 21/02
 C O 4 B 35/00 H
 C O 4 B 35/80 B
 C O 4 B 35/80 K
 C O 4 B 35/54 D

請求項の数 21 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-581354 (P2000-581354)
 (86) (22) 出願日 平成11年11月5日 (1999.11.5)
 (65) 公表番号 特表2002-529679 (P2002-529679A)
 (43) 公表日 平成14年9月10日 (2002.9.10)
 (86) 国際出願番号 PCT/FR1999/002708
 (87) 国際公開番号 W02000/028202
 (87) 国際公開日 平成12年5月18日 (2000.5.18)
 審査請求日 平成18年8月29日 (2006.8.29)
 (31) 優先権主張番号 98/13923
 (32) 優先日 平成10年11月5日 (1998.11.5)
 (33) 優先権主張国 フランス (FR)

(73) 特許権者 592027148
 ソシエテ・ナショナル・デテユード・エ・
 ドウ・コンストリュクシオン・ドウ・モト
 ール・ダヴィアシオン、“エス、エヌ、ウ
 、セ、エム、アー、”
 フランス国、75724・パリ・セデツク
 ス・15、ブルバール・ドユ・ジエネラル
 ・マルシイアル・バラン・2
 (74) 代理人 100101454
 弁理士 山田 卓二
 (74) 代理人 100081422
 弁理士 田中 光雄
 (74) 代理人 100098280
 弁理士 石野 正弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合材料製の熱交換器及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複合材料製の熱交換器であって、

耐熱性複合材料からなり、該熱交換器の支持構造部を形成している部材（18、38、48）と、

耐火性複合材料からなり、該熱交換器の断熱部を形成している部材（12、32、42）と、

耐火性複合材料からなり、内部に流体循環通路（16、36、46）が形成されている中間部材（14、34、44）とを備えていて、

上記中間部材は、上記支持構造部を形成している部材と上記断熱部を形成している部材との間に介設されるとともに、上記支持構造部を形成している部材と上記断熱部を形成している部材とにろうづけにより組みつけられていることを特徴とする熱交換器。

【請求項 2】

上記中間部材（14、34、44）がC／C複合材料からなることを特徴とする、請求項1に記載の熱交換器。

【請求項 3】

上記断熱部を形成している部材（12、32、42）が、セラミック基材の複合材料からなることを特徴とする、請求項1又は2に記載の熱交換器。

【請求項 4】

上記断熱部を形成している部材（12、32、42）が、C／SiC複合材料からなる

10

20

ことを特徴とする、請求項 3 に記載の熱交換器。

【請求項 5】

上記支持構造部を形成している部材 (18、38、48) が、C/C 複合材料からなることを特徴とする、請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載の熱交換器。

【請求項 6】

上記流体循環通路 (16、36、46) が、上記中間部材 (14、34、44) の 1 つの面に形成されるとともに、他の 2 つの 上記部材 の一方の隣接壁部によって部分的に画成されていることを特徴とする、請求項 1～5 のいずれか 1 つに記載の熱交換器。

【請求項 7】

上記流体循環通路 (16、36、46) に耐漏えい性被覆物が設けられていることを特徴とする、請求項 1～6 のいずれか 1 つに記載の熱交換器。

10

【請求項 8】

上記支持構造部を形成している部材 (18、38、48) が、ハニカム構造のものであることを特徴とする、請求項 1～7 のいずれか 1 つに記載の熱交換器。

【請求項 9】

上記支持構造部を形成している部材 (18、38、48) が、繊維によってともに結合された複数の重畳繊維層を有する繊維強化体を含んでいる複合材料製のものであって、該繊維が 上記層 を横切る方向に伸長していることを特徴とする、請求項 1～7 のいずれか 1 つに記載の熱交換器。

【請求項 10】

20

請求項 1～8 のいずれか 1 つにかかる熱交換器を組み入れていることを特徴とする、ラムジェット用の燃焼室の壁要素 (30、40)。

【請求項 11】

複合材料製の熱交換器の製造方法であって、
流体循環通路が設けられた耐火性複合材料からなる中間部材を製作し、
耐火性複合材料からなる断熱部材を製作し、
耐熱性複合材料からなる構造部材を製作し、
そして、上記種々の部材とともに、上記断熱部材と上記構造部材との間に介設されている上記中間部材にろうづけすることにより組みつけることを特徴とする方法。

【請求項 12】

30

上記流体循環通路が、上記中間部材の面に機械加工を施すことにより形成されることを特徴とする、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

上記中間部材が、C/C 複合材料でつくられていることを特徴とする、請求項 11 又は 12 に記載の方法。

【請求項 14】

耐漏えい性被覆物が、上記流体循環通路の壁部に形成されていることを特徴とする、請求項 11 又は 13 に記載の方法。

【請求項 15】

上記耐漏えい性被覆物が、金属層を堆積させることにより形成されていることを特徴とする、請求項 14 に記載の方法。

40

【請求項 16】

上記断熱部材が、セラミック基材の複合材料でつくられていることを特徴とする、請求項 11～15 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 17】

上記構造部材が C/C 複合材料でつくられていることを特徴とする、請求項 11～16 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 18】

ハニカム構造部が設けられることを特徴とする、請求項 11～17 のいずれか 1 つに記載の方法。

50

【請求項 19】

上記構造部材が基材によって強化された繊維強化体を有する複合材料でつくられ、該繊維強化体が、複数の繊維層を重畳してそれらをともに縫い合わせるによりつくられていることを特徴とする、請求項 11～17 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 20】

金属からなるろうづけ合金接着層が、ろうづけによってともに組みつけられることになっている部材の対向面上に形成されていることを特徴とする、請求項 11～19 のいずれか 1 つに記載の方法。

【請求項 21】

上記流体循環通路が、もう 1 つの部材の隣接面によって被覆されている上記中間部材の 1 つの面に機械加工を施すことにより形成され、 10

上記金属層が、機械加工により通路が形成された後で上記中間部材の面上に形成され、かつ該金属層が隣接面上にも上記流体循環通路の壁部を耐漏えい化するための被覆物を構成するような仕様でもって形成されていることを特徴とする、請求項 20 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の技術分野

本発明は、循環している流体をベースとする熱交換組立体を用い、厳しい温度環境下で用いられるように設計された熱交換器に関するものである。

とくに、しかしながら限定するわけではないが、本発明の応用分野は、材料を変換するためのシステム、例えば核融合反応器と、推進システム、とくにジェットエンジン、とくにラムジェットの燃焼室用の壁要素とである。 20

【0002】

本発明の背景技術

このように応用される熱交換器は、一般に、少なくとも部分的に金属でつくられている。残念なことに、金属及び金属合金の熱的及び機械的特性は、その使用分野、さらにはその性能及び安全性をを制約する。さらに、金属の熱交換器は、重くかつかさばり、少なくともある応用分野ではその使用は不利である。

【0003】

厳しい温度環境下で用いられるように設計された熱交換器、とくに核融合反応器の壁部を製作するために、耐火性複合材料を単独で、又は金属と組み合わせて用いるといったことが目論まれてきた。かくして、国際特許出願 WO 98 / 03297 号には、流体の循環によって冷却される金属（銅）基板の上に、炭素－炭素（C / C）複合材料からなる部品をろうづけすることによって、このような熱交換器を製作するといったことが開示されている。それは、金属の使用を含んでいる。また、米国特許第 5583895 号には、流体循環通路が内部に形成された C / C 複合材料ブロックの形態の、同様に应用することができる熱交換器構造が開示されている。C / C 複合材料にろうづけされた通路の壁部は、例えば銅製の金属ライニングによって耐漏えい化されている。 30

【0004】

発明の目的及び概要

本発明の 1 つの目的は、厳しい温度環境下で用いられることができる熱交換器を提供することである。 40

本発明のもう 1 つの目的は、種々の熱的及び構造的機能が最適化されることができ、重量、容量及びコストが可能な限り低減された熱交換器を提供することである。

【0005】

本発明のもう 1 つの目的は、容易に製作されることができる熱交換器を提供することである。

本発明のもう 1 つの目的は、このような熱交換器の製造方法を提供することである。

【0006】

本発明にかかる熱交換器は、流体循環通路が形成された、耐火性複合材料からなる中間部 50

材を含み、上記中間部材が、耐火性複合材料からなり断熱部を形成する部材と、耐熱性複合材料からなり該熱交換器の支持構造を形成する部材との間に介設され、上記部材がともにろうづけにより組みつけられて該熱交換器を構成していることを特徴とするものである。

【0007】

耐熱性複合材料は、これが構造要素を構成するのに適するような機械的特性を有するとともに、これらの特性を高温に至るまで保存することができる複合材料である。このような耐熱性複合材料は、典型的には、炭素基材又はセラミック基材などの耐火性基材によって強化された、炭素繊維又はセラミック繊維などの耐火性繊維強化体を有する複合材料である。耐熱性複合材料の具体例は、強化繊維及び炭素製基材を伴った炭素／炭素（C／C）複合材料と、例えば炭化珪素（SiC）の基材を有するセラミック基材の複合材料（CMC）とである。

10

【0008】

熱交換器の支持構造部を形成している耐熱性複合材料は、好ましくは、C／C複合材料である。それは、ハニカム形態又は複合材料形態であることができ、ここでは、繊維強化体は、繊維によってともに結合された重畳繊維層によって形成され、該繊維は該層を横切るように伸長している。繊維強化体は、例えば米国特許4790052号に開示されているように、縫い合わせることでより得ることができる。

【0009】

また、中間部材の材料も、好ましくは、その構造上の性質ではなく耐火上の性質のため、より多く用いられるC／C複合材料である。

20

【0010】

支持構造部を形成する部材と中間部材とを、断熱部を形成している部材がろうづけされるC／C複合材料の単一ブロックとして製作することを目論むことが可能である。

【0011】

また、断熱部を形成している部材の材料は、好ましくは、CMCタイプの材料、例えばC／SiC又はSiC／SiC複合材料（すなわち、炭素又は炭化珪素の強化繊維を有し、炭化珪素基材により強化されている材料）である。この材料は、強い熱流速への曝露、とくに酸化雰囲気での曝露に対して、C／C複合材料よりも適している。本発明にかかる熱交換器の利点は、該熱交換器の機械的機能を発揮させ、かつ熱的機能を発揮させるのに最も適している材料を選択することができるといったことであり、これにより性能及び大きさにおいて該熱交換器の製造を最適化することを可能にする。

30

【0012】

本発明にかかる熱交換器のさらにもう1つの特徴によれば、流体循環通路は、例えば機械加工により中間部材の1つの面に形成され、そしてそれらは、その他の2つの部材の一方の隣接壁によって部分的に画成される。このため、流体循環通路は、とくに簡素につくられる。

【0013】

もし必要であれば、通路は、それらの壁部の上に被覆部、例えば薄層の金属被覆物を形成することにより、耐漏えい化されることができる。このような被覆物は、ろうづけを促進するように、ともに組みつけられることになっている部材のすべての対向面に形成されることができ、これによりろうづけ用の接着層をも構成することができる。

40

【0014】

好ましい実施の形態の詳細な説明

以下、添付の図面が参照される。

図1は、熱交換器要素を構成する単一のブロック10の断面図である。ブロック10は、厳しい温度条件が存在する囲い込み部の壁要素、例えば核融合反応器のプラズマ閉じ込め室の壁要素を構成することができる。

【0015】

熱交換器のブロック10は、その外面12aが熱流束に曝露されることになっている断熱

50

部12と、流体循環通路16を有している中間部材14と、支持構造部18とを含んでいる。中間部材は、断熱部12と支持構造部18との間に介設され、これらにろうづけにより結合されている。流体循環通路16は、断熱部12に隣接して配置された中間部材の面に機械加工で形成され、断熱部の内面12bによって覆われている。かくして、内面12bは通路16を部分的に画成する。通路16は、冷却流体を循環させるための回路に接続される。

【0016】

最も厳しい温度条件にさらされる断熱部12は、耐火性複合材料、好ましくはセラミック基材の複合材料(CMC)、例えばC/SiCタイプのすなわち炭化珪素の基材で強化された炭素繊維強化物を有する複合材料でつくられている。

10

【0017】

中間部材もまた、耐火性複合材料、例えば炭素基材により強化された炭素繊維強化物を有するC/C複合材料でつくられている。

【0018】

支持構造部は、耐熱性複合材料でつくられ、ブロック10が構造体として機能するように設計されている。例えば、支持構造部は、ハニカム構造のC/C複合材料の形態とされることができる。このような構造部を製造する方法は、米国特許第5415715号に記載されている。また、繊維強化物が繊維によってともに結合された平板状の繊維織物層でつくられ、該繊維が該層を横切るように伸長している、C/C複合材料の形態の支持構造部を用いることも可能である。具体例としては、該層は、織物の層、異なる方向に重畳された単一方向シート、フェルトの層……であってもよく、それらは好ましく縫い合わせによってともに結合されている。このようなC/C複合材料を製造する方法は、米国特許第4790052号に記載されている。

20

【0019】

図2は、熱交換器のブロック10を製造する方法の工程を示している。

例えばC/SiC複合材料でつくられたCMC材料の断熱部と、C/C複合材料からなる中間部材と、C/C複合材料からなる支持構造部とは、すべて個別につくられる(ステップ20、22、24)。繊維強化物又はプリフォーム(preform)を調製することによりC/Cタイプ又はC/SiCタイプの複合材料から部品を製造する方法と、この後基材で繊維強化物を強化する方法とは、よく知られている。強化は、化学的蒸気浸潤により、又は基材のプリカーサを用いて液体に含浸させ、熱処理によりプリカーサを変質させることにより、実行されることができる。

30

【0020】

通路16は、中間部材14の1つの面に機械加工を施すことにより形成される(ステップ26)。

この後、金属の被覆物が、中間部材の対向面と、断熱部の対向面と、支持構造部の対向面とにまたがって全面的に形成されることができる(ステップ28)。金属被覆物は、この後種々の部材とともに組みつけるのに用いられるろうづけ合金の濡れ性を改善できるように、そしてろうづけ合金の接着を改善できるように選択される。金属被覆物はまた、流体循環通路の壁部を耐漏えい化するのにも役立つ。上記のようにして得られるC/C複合材料又はCMC材料は、必然的に残留細孔を生じさせ、それは通路が耐漏えい化されるのを確実化するために、その表面が閉止される必要がある。

40

【0021】

金属被覆物、例えばチタン、クロム、ジルコニウム、ハフニウム又はベリリウムは、化学蒸着又は真空スパッタにより堆積されることができる。

【0022】

ろうづけ合金を付着させるための金属被覆物を設けることが不要な場合でも、16の壁部を耐漏えい化することはなお必要である。このような耐漏えい化は、この後、少なくとも、中間部材の機械加工が施された部分の上、及び断熱部の隣接面の対向部の上、に、シール層を堆積させることにより実施される。シール層は、化学蒸着により堆積されることがで

50

きる。それは、金属又は非金属、例えば炭素又はセラミックであってもよい。

【0023】

ろうづけ（ステップ29）は、ろうづけ合金の層を、中間部材と、断熱部と、支持構造部とからなる組立体の表面に堆積させることにより実施されるが、これは該組立体とともに装置内に保持して、用いられるろうづけ合金に適したろうづけ温度まで昇温させることにより実施される。用いられる合金は、セラミックもしくは耐火性混成物を互いにろうづけし、又は金属にろうづけするための既知のもの、例えば米国のウェスゴ社（Wesgo）によって「TiCuSi1」又は「Cu-ABA」という名で販売されている合金から選択される。参照文献としては、上記の国際特許出願WO98/03297号と、1994年2月にフランスで発行されたGECアルサム・テクニカル・レビュー誌（Alsthom Technical Review）第13号の第49～64頁に記載された、A. G. フォリー及びD. J. アンドリュースによる記事「セラミックを金属に結合させるための活性的な金属ろうづけ」とをあげることができる。

10

【0024】

図3は、ジェットエンジンの燃焼室の要素30（element）を構成している、本発明のもう1つの実施の形態にかかる熱交換器の分解図である。断熱部32は、円錐台状部材によって後方に向かって広がった円柱状前側部材を有する軸対称形の環状部材である。断熱部32は、CMC複合材料、例えばC/SiC複合材料からなる単一の部品としてつくられている。複合材料の繊維強化物は、繊維織物を適当な形状の心軸に巻きつけることによってつくられ、その結果として得られるプリフォームは、複合材料の基材によって強化される。

20

【0025】

流体循環通路36は、断熱部32と対抗して配置された中間部材34の面に機械加工を施すことにより軸方向に形成されている。中間部材34は、C/C複合材料でつくられている。冷却流体は、燃焼室に噴射される前に熱交換器を通過することにより加熱される燃料である。流体入口側及び出口側のオリフィス33a及び33bは、その軸端近傍において断熱部32を貫通するように形成されている。そして、これらは、中間部材の前部及び後部に円周方向に機械加工されてなる溝部37につながるようなレベル（level）で形成され、一端で通路36に流体を分配し、かつ他端で通路からそれを集める多岐管を構成している。

30

【0026】

中間部材34は、C/C複合材料からなる環状構造の形態の支持構造部38に取りつけられている。それは、繊維織物重畳層を心軸に巻きつけるとともに、例えば縫い合わせにより該層を横切る方向に伸長する繊維によって該層を結合することにより形成される。結果として得られる環状のプリフォームは、炭素基材で強化されている。C/C複合材料でつくられた構造部内に強化物を構成するための、縫い合わされた環状のプリフォームを製作する方法は、上記の米国特許第4790052号に記載されている。

【0027】

支持構造部38及び中間部材は、ろうづけによってともに組みつけられた2つの部材としてつくられることができ、あるいは、図示された具体例のように単一の部材としてつくることができる。

40

断熱部32は、通路36及び溝部37を形成する中間部材の面にろうづけされている。

【0028】

ろうづけは、可能な限りろうづけ合金が付着する金属の被覆物を形成した後に、そして少なくとも通路36及び溝部37の壁部の上にシール性被覆物を形成した後に、図1及び図2を参照しつつ説明したような手法で実施される。

【0029】

図4は、大幅に略図化されたものであるが、本発明にかかる熱交換器を構成する壁部40を有するラムジェットの構造を示している。

壁部40は、図1にかかるブロック10に構造的に類似しており、同様の手法で製造され

50

る。壁部の内側に配置された断熱部 42 は、CMC 材料、例えば C/SiC でつくられている。それは、機械加工によりそこに形成された通路 46 を有する面を介して中間部材 44 にろうづけされている。中間部材 44 の面は、断熱部 42 によって被覆された通路を有している。通路 46 は、壁部 40 を通り抜けて加熱された後で燃焼室に噴射される燃料からなる流体を保持している。

【0030】

中間部材 44 は、C/C 複合材料でつくられ、それは同様に C/C 複合材料でつくられた支持構造部 48 にろうづけされている。支持構造部は、組立体を可能な限り軽量化できるように、好ましく、ハニカム形状とされている。

【0031】

ろうづけと、ろうづけされることになっている面に付着させるための金属被覆物のオプション的な形成と、流体循環通路の壁部上のシール性の被覆物の形成とは、すべて、図 1 及び図 2 を参照しつつ説明した場合と同様に実施される。

【0032】

以上では、流体循環通路は、断熱部と隣合って配置された中間部材の面に形成されたものとされている。それは、1 つの好ましい配置である。しかしながら、通路は、支持構造部と隣合って配置された中間部材の面に形成されることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態にかかる熱交換器要素の断面図である。

【図 2】 図 1 に示す熱交換器要素を製造する方法の工程を示す図である。

【図 3】 本発明の第 2 の実施の形態にかかる熱交換器を形成しているジェットエンジンの燃焼室要素の分解図である。

【図 4】 ラムジェット室を大幅に図解的に示した図であり、本発明の第 3 の実施の形態にかかる熱交換器を形成している燃焼室の壁要素を詳細に示している。

【図 1】

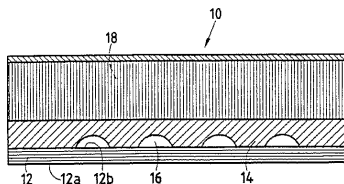
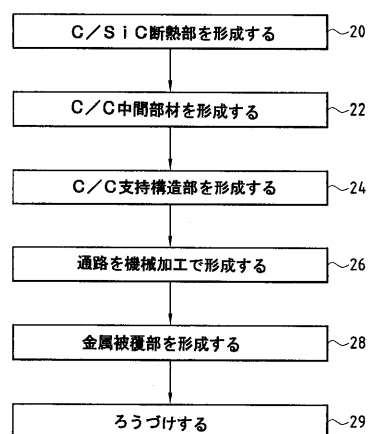


FIG.1

【図 2】



【図 3】

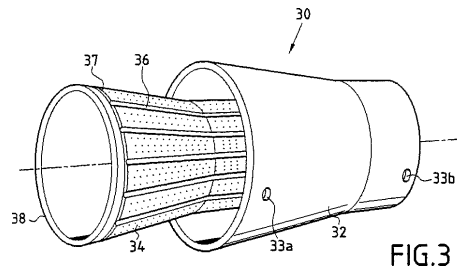


FIG.3

【図 4】

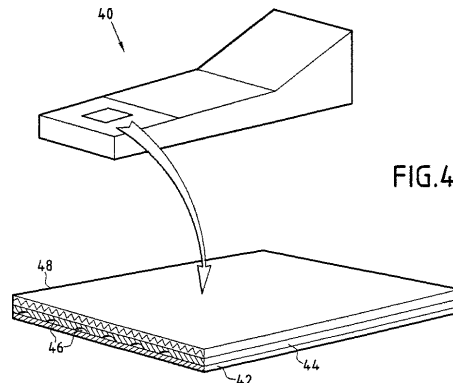


FIG.4

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
C 0 4 B	37/00	(2006.01)	C 0 4 B 35/52 D
F 0 2 K	7/10	(2006.01)	C 0 4 B 35/84
F 2 8 F	21/04	(2006.01)	C 0 4 B 37/00 B
G 2 1 B	1/11	(2006.01)	F 0 2 K 7/10
G 2 1 B	1/17	(2006.01)	F 2 8 F 21/04
			G 2 1 B 1/00 B

(74)代理人 100062144

弁理士 青山 葆

(72)発明者 ジャンーピエール・ヴィダル

フランス、エフー 3 3 1 6 0 サントバン・ドゥ・メードック、アレ・デュ・パ・ドゥ・ラ・トゥルト 1 7 番

(72)発明者 ジャンーミシェル・ラリウ

フランス、エフー 3 3 4 6 0 マコー、リュ・ピエルロ 1 番

(72)発明者 ジャンーピエール・シエ

フランス、エフー 3 3 2 9 0 ブランクフォール、ル・ピアン・メードック、アレ・モンテスキュー

審査官 山村 秀政

(56)参考文献 特開平 0 4 - 3 4 6 6 4 8 (J P, A)
 特開平 0 4 - 2 8 5 0 6 8 (J P, A)
 特開平 0 4 - 3 0 1 1 6 8 (J P, A)
 特開平 0 3 - 2 7 4 3 1 8 (J P, A)
 米国特許第 0 5 1 7 4 3 6 8 (U S, A)
 特表平 0 7 - 5 0 2 5 9 7 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

F28F 21/02
 C04B 35/00
 C04B 35/52
 C04B 35/80
 C04B 35/84
 C04B 37/00
 F02K 7/10
 F28F 21/04
 G21B 1/11
 G21B 1/17