

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6174655号
(P6174655)

(45) 発行日 平成29年8月2日(2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日(2017.7.14)

(51) Int. Cl. F I
FO2C 7/32 (2006.01) FO2C 7/32
FO2C 7/00 (2006.01) FO2C 7/00 D
FO2C 7/18 (2006.01) FO2C 7/18 Z

請求項の数 15 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2015-205146 (P2015-205146)
 (22) 出願日 平成27年10月19日(2015.10.19)
 (65) 公開番号 特開2016-79982 (P2016-79982A)
 (43) 公開日 平成28年5月16日(2016.5.16)
 審査請求日 平成27年10月19日(2015.10.19)
 (31) 優先権主張番号 62/066,445
 (32) 優先日 平成26年10月21日(2014.10.21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 590005449
 ユナイテッド テクノロジーズ コーポレ
 イション
 UNITED TECHNOLOGIES
 CORPORATION
 アメリカ合衆国, コネチカット, ファーミ
 ントン, ファーム スプリングス ロード
 10
 (74) 代理人 100086232
 弁理士 小林 博通
 (74) 代理人 100092613
 弁理士 富岡 潔

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービンエンジン用のダクテッド熱交換器システム、およびガスタービンエンジン用の熱交換器の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスタービンエンジン用のダクテッド熱交換器システムであって、
 輪郭形成された外部形状を有する付加製造された熱交換器コアと、
 ガスタービンエンジンの軸方向に沿って流れる空気流と連通するように配置されるととも
 にも、前記コアがその内部に配置されたダクトと、を備え、
 前記ダクトは、前記空気流をダクト入口から前記コアの前面へと拡散させるように構成
 されており、

前記ダクトの拡散領域を通して前記コアに入る空気流が前記前面全体にわたって前記前
 面に対してほぼ垂直になるように、前記コアの前面が、少なくとも部分的にガスタービン
 エンジンの径方向に沿ってアーチ形に輪郭形成された、ダクテッド熱交換器システム。

【請求項 2】

前記コアの背面は、少なくとも部分的にガスタービンエンジンの径方向に沿ってアーチ
 形である、請求項 1 に記載のダクテッド熱交換器システム。

【請求項 3】

前記コアの背面は非平面であり、前記コアは少なくとも部分的にアーチ形である、請求
 項 1 に記載のダクテッド熱交換器システム。

【請求項 4】

前記コアの前記背面は、前記コアから出る空気流が、前記背面全体にわたって前記背面
 に対してほぼ垂直になるように輪郭形成される、請求項 3 に記載のダクテッド熱交換器シ

ステム。

【請求項 5】

前記コアの前記背面は、前記コアが内部に配置されたダクトの収縮領域へと延在する、請求項 3 に記載のダクテッド熱交換器システム。

【請求項 6】

前記コアが、ガスタービンエンジンのナセル内に位置するように、少なくとも部分的にアーチ形である、請求項 1 に記載のダクテッド熱交換器システム。

【請求項 7】

前記コアの内部形状は、前記コアを通る複数の流路のうちの少なくとも 1 つが、前記流路の長さ全体にわたって変化するように輪郭形成される、請求項 1 に記載のダクテッド熱交換器システム。

10

【請求項 8】

ガスタービンエンジン用のダクテッド熱交換器システムであって、
輪郭形成された内部形状を有する付加製造された熱交換器コアと、
ガスタービンエンジンの軸方向に沿って流れる空気流と連通するように配置されるとともに、前記コアがその内部に配置されたダクトと、を備え、

前記ダクトは、前記空気流をダクト入口から前記コアの前面へと拡散させるように構成されており、

前記ダクトの拡散領域を通して前記コアに入る空気流が前記前面全体にわたって前記前面に対してほぼ垂直になるように、前記コアの前面が、少なくとも部分的にガスタービンエンジンの径方向に沿ってアーチ形に輪郭形成された、ダクテッド熱交換器システム。

20

【請求項 9】

前記コアは、ガスタービンエンジンのナセル内に位置するように、少なくとも部分的にアーチ形である、請求項 8 に記載のダクテッド熱交換器システム。

【請求項 10】

前記コアの内部形状は、前記コアを通る複数の流路のうちの少なくとも 1 つが、前記流路の長さ全体にわたって変化するように輪郭形成される、請求項 8 に記載のダクテッド熱交換器システム。

【請求項 11】

前記コアの前記内部形状の羽根密度は、前記流路の前記長さに沿った距離に対して変化する、請求項 10 に記載のダクテッド熱交換器システム。

30

【請求項 12】

前記コアの内部形状は一樣ではない、請求項 8 に記載のダクテッド熱交換器システム。

【請求項 13】

ガスタービンエンジン用の熱交換器の製造方法であって、
流れ面積に対する局所表面積の比率を設定して、熱交換器のコアに沿った単位長当たりの圧力低下を制御するように、前記コアを付加製造し、
流入する空気流を拡散させるように構成されたダクトの内部に、前記コアを配置することを備え、

前記コアの前面は、少なくともガスタービンエンジンの径方向に沿って部分的にアーチ形であるとともに、前記ダクトを通して前記コアに入る空気流が前記前面全体にわたって前記前面に対してほぼ垂直になるように輪郭形成される、製造方法。

40

【請求項 14】

前記コアの外部形状及び内部形状は、前記コアが内部に配置される前記ダクトに対して輪郭形成される、請求項 13 に記載の製造方法。

【請求項 15】

前記コア、前記コア周囲のフレーム、及び前記フレームの装着配置は、単一の材料から付加製造される、請求項 13 に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本開示は、熱交換器に関し、より具体的には、ガスタービンエンジン用の付加製造された熱交換器に関する。

【背景技術】

【0002】

近代の商用及び軍用航空機に動力を供給するエンジンのようなガスタービンエンジンは、典型的には、熱交換器及びエンジン熱を空気流と交換する関連機器を有するダクテッド熱交換器システムを含む。ガスタービンエンジンのアーキテクチャは、典型的には、エンジンを囲むナセル内へのダクテッド熱交換器の配置を指示する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来の熱交換器のコアは、一部に製造の複雑さの理由から、均一な内部及び外部形状を有する。効果的ではあるが、熱交換器は、熱交換器全体に対して厚さまたは材料の変化の増大を促進する局部応力集中または他の構造的な要求に晒され得る。これが、結果としてTMSの重量及び経費の増加をもたらす。熱交換器はまた、典型的には、ガスタービンエンジン環境に典型的な変動熱境界条件に晒されたときに異なる速度で膨張する異種金属で構成され、これが、熱交換器の寿命をさらに制限し得る。

【0004】

ダクテッド熱交換器はまた、空気を熱交換器上に分配するように空気力学的に輪郭形成されたナセル内の入口流れガイド及び出口流れガイドを利用する。これらの表面に利用される製造技法は、最適化された空気力学的形状に必ずしも寄与するわけではなく、理想的なナセルの空気力学的設計に影響を与え得る。これが、結果としてエンジン性能の欠陥となる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の1つの開示された非限定的な実施形態によるガスタービンエンジン用のダクテッド(ducted)熱交換器システムは、輪郭形成された形状を有する付加製造された熱交換器コアを含む。

【0006】

本開示のさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの前面は非平坦であり、コアは少なくとも部分的にアーチ形である。

【0007】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの前面は、そのコアに入る空気流が前面全体にわたってその前面に対してほぼ垂直になるように輪郭形成される。

【0008】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの前面は、そのコアに入る空気流がその前面に対してほぼ垂直になるように輪郭形成される。

【0009】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの前面は、そのコアが内部に配置されたダクトの拡散領域へと延在する。

【0010】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの背面は非平坦であり、コアは少なくとも部分的にアーチ形である。

【0011】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器

10

20

30

40

50

システムを含み、コアの背面は、そのコアから出る空気流が背面の全体にわたってその背面に対してほぼ垂直になるように、輪郭形成される。

【0012】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの前面は、そのコアから出る空気流が背面に対してほぼ垂直になるように、輪郭形成される。

【0013】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの背面は、そのコアが内部に配置されたダクトの収縮領域へと延在する。

10

【0014】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアが、ガスタービンエンジンのナセル内に位置するように、少なくとも部分的にアーチ形である。

【0015】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの内部形状は、そのコアを通る複数の流路のうちの少なくとも1つが流路の長さ全体にわたって変化するように、輪郭形成される。

【0016】

本開示の別の開示された非限定的な実施形態によるガスタービンエンジン用のダクテッド熱交換器システムは、輪郭形成された内部形状を有する付加製造された熱交換器コアを含む。

20

【0017】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアが、ガスタービンエンジンのナセル内に位置するように、少なくとも部分的にアーチ形である。

【0018】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの内部形状は、そのコアを通る複数の流路のうちの少なくとも1つが流路の長さ全体にわたって変化するように、輪郭形成される。

30

【0019】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの内部形状の羽根密度が、流路の長さに沿った距離に対して変化する。

【0020】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、ダクテッド熱交換器システムを含み、コアの内部形状は一様ではない。

【0021】

本開示の別の開示された非限定的な実施形態によるガスタービンエンジン用の熱交換器を製造する方法は、流れ面積に対する局所表面積の比率を設定して、コアに沿った単位長当たりの圧力低下を制御するように、熱交換器のコアを付加製造することを含む。

40

【0022】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、コアの外部形状及び内部形状が、そのコアが内部に配置されるダクトに対して輪郭形成される。

【0023】

本開示の前述の実施形態のうちのいずれかのさらなる実施形態は、コア、コアの周りのフレーム、及びフレームの装着配置が、単一の材料から付加製造される。

【0024】

前述の特徴部及び要素は、明示的に別様に示されない限り、非排他的な様々な組み合わせで組み合わせられ得る。これらの特徴部及び要素ならびにそれらの動作は、次の説明及

50

び添付の図面に照らせば、より明らかになるであろう。しかしながら、次の説明及び図面は、本質的に例示であり、非限定的であるよう意図されることを理解されたい。

【 0 0 2 5 】

様々な特徴は、開示される非限定的な実施形態の次の詳細な説明を読めば、当業者には明らかになるであろう。図面中の構成要素は、必ずしも原寸に比例しているわけではない。そのうえ、図面中で、同様の参照番号は、いくつかの図面全体にわたって対応する部品を指定する。詳細な説明に付随する図面は、次のように簡単に説明することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 6 】

【図 1】ガスタービンエンジンのアーキテクチャの例の概略断面図である。

【図 2】例示的なダクテッド熱交換器システムを有する図 1 のガスタービンエンジンの例の概略図である。

【図 3】流れを共通の空気ストリームと交換するダクテッド熱交換器システムの複数のロケーション例を有するナセルアセンブリの概略図である。

【図 4】流れを異なる空気ストリームと交換するダクテッド熱交換器システムの複数のロケーション例を有するナセルアセンブリの概略図である。

【図 5】1つの開示された非限定的な実施形態による熱交換器の概略図である。

【図 6】1つの開示された非限定的な実施形態による熱交換器コアの例の斜視図である。

【図 7】図 6 の熱交換器の断面図である。

【図 8】別の開示された非限定的な実施形態によるダクテッド熱交換器システムの概略図である。

【図 9】ダクテッド熱交換器システム用のフェアリングの斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 7 】

図 1 は、ガスタービンエンジン 2 0 を概略的に示す。ガスタービンエンジン 2 0 は、本明細書中では、一般的にファンセクション 2 2、圧縮機セクション 2 4、燃焼器セクション 2 6、及びタービンセクション 2 8 を組み込む 2 スプール式ターボファンとして開示される。代替のエンジンアーキテクチャ 2 0 0 は、他のシステムまたは特徴部のうちで、ファンセクション 2 2'、圧縮機セクション 2 4'、燃焼器セクション 2 6'、及びタービンセクション 2 8' (図 2) に加えて、オーグメンタセクション 1 2、排気ダクトセクション 1 4、及びノズルセクション 1 6 を含み得る。ファンセクション 2 2 は、バイパス流路に沿って、圧縮機セクション 2 4 中に空気を送り込む。圧縮機セクション 2 4 は、圧縮及び連通用のコア流路に沿って、燃焼セクション 2 6 中に空気を送り込み、燃焼セクションは次に、空気を膨張させて、タービンセクション 2 8 中へと案内する。開示する非限定的な実施形態ではターボファンとして示されているとは言え、本明細書に記載する概念は、ターボファンでの用途に限定されないが、それは、これらの教示が、ターボジェット、ターボシャフト、及び中間スプールが低圧圧縮機(「LPC」)と高圧圧縮機(「HPC」)との間の中圧圧縮機(「IPC」)及び高圧タービン(「HPT」)と低圧タービン(「LPT」)との間の中圧タービン(「IPT」)を含む 3 スプール(プラスファン)式ターボファンなどの他の種類のタービンエンジンに適用され得るからであることを理解されたい。

【 0 0 2 8 】

エンジン 2 0 は、エンジンケース構造 3 6 に対してエンジンの中心長手方向軸を中心として回転するように装着された低スプール 3 0 及び高スプール 3 2 を一般的に含む。低スプール 3 0 は、ファン 4 2、低圧圧縮機(「LPC」) 4 4、及び低圧タービン(「LPT」) 4 6 を相互接続する内部シャフト 4 0 を一般的に含む。内部シャフト 4 0 は、直接にまたはギヤ付きアーキテクチャ 4 8 を介してファン 4 2 を駆動して、ファン 4 2 を低スプール 3 0 よりも低い速度で駆動する。減速トランスミッションの例は、遊星ギヤ式トランスミッション、すなわち、プラネタリギヤシステムまたはスターギヤシステムである。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

高スプール32は、高圧圧縮機（「HPC」）52及び高圧タービン（「HPT」）54を相互接続する外部シャフト50を含む。燃焼器56は、HPC52とHPT54との間に配置される。内部シャフト40及び外部シャフト50は、同心であり、エンジンの中心長手方向軸を中心として回転する。

【 0 0 3 0 】

コアの空気流は、LPC44、次にHPC52によって圧縮され、燃料と混合されて燃焼器56中で燃焼されて、次に、HPT54及びLPT46上で膨張する。LPT46及びHPT54は、膨張に应答して、それぞれの低スプール30及び高スプール32を回転駆動する。主エンジンシャフト40、50は、ケース構造36内のベアリングシステム38によって複数のポイントで支持される。

10

【 0 0 3 1 】

1つの非限定的な例では、ガスタービンエンジン20は、高バイパスギヤ付き航空機エンジンである。バイパス比は、約6（6：1）を超える。ギヤ付きアーキテクチャ48は、プラネタリギヤシステムまたは他のギヤシステムなどの遊星ギヤトレンを含み得る。遊星ギヤトレンの例は、約2.3を超えるギヤ減速比を有し、別の例では、約2.5：1を超える。ギヤ付きターボファンにより、LPC44及びLPT46の動作効率を増大させるとともにより少ない段数で圧力を増加させることが可能な、より高速度での低スプール30の動作を可能とする。

【 0 0 3 2 】

LPT46と関連付けられた圧力比は、ガスタービンエンジン20の排気ノズルより前のLPT46の出口での圧力に関連付けられた、LPT46の入口より前で測定された圧力である。1つの非限定的な例では、ガスタービンエンジン20のバイパス比は、約10（10：1）を超え、ファンの直径は、LPC44をはるかに超え、LPT46は、約5（5：1）を超える圧力比を有する。しかしながら、上記のパラメータがギヤ付きアーキテクチャのエンジンの単なる一例であり、本開示が他のガスタービンエンジンにも適用可能であることを理解されたい。

20

【 0 0 3 3 】

1つの実施形態では、高いバイパス比によるバイパス流れによって、かなりの量の推力が提供され、ファンセクション22は、特定の飛行条件、一般的には、約マッハ0.8及び約35,000フィートでの巡航用に設計される。ガスタービンエンジン20がその最良の燃料消費率にあるこの飛行条件はまた、バケット巡航の推力当たり燃料消費率（TSFC）としても周知である。TSFCは、単位推力当たりの産業標準パラメータである。

30

【 0 0 3 4 】

ファン圧力比は、ファン出口ガイドベーンシステムを使用しないファンセクション22のブレード全体の圧力比である。1つの非限定的な例による低ファン圧力比は、1.45未満である。低補正ファン先端速度は、 $(T_{ram} / 518.7)^{0.5}$ という産業標準温度補正值で除算した実際のファン先端での速度である。ガスタービンエンジン20の例の1つの非限定的な実施形態による低補正ファン先端速度は、約1150fps（351m/s）未満である。

40

【 0 0 3 5 】

図2を参照すると、ファン42は、ファンバイパス流路Wに沿って、ファン出口ガイドベーンシステム60を超えて空気を駆動する。ダクテッド（ducted）熱交換器システム62は、本明細書に定義するように、ファンナセル68、コアナセル70、分岐点72、ファン出口ガイドベーンシステム60、またはこれらの任意の組み合わせなどのナセルアセンブリ66中に少なくとも部分的に組み込まれ、しかも、ファンバイパス流路Wと連通していると考えられ得る付加製造された熱交換器64を含む。ナセルアセンブリ66は図示する実施形態で利用されるとはいえ、様々な他の環境もまた、ダクテッド熱交換器システム62を含むために用いられ得ることを理解されたい。

【 0 0 3 6 】

50

図3を参照すると、付加製造された熱交換器64は、入口82及び出口84を同一の空気ストリームと連通状態に置き得る。例えば、入口82及び出口84は、自由ストリーム空気流と連通するためのファンナセル68内（概略的に位置Aと示す）、バイパスストリームストリーム空気流と連通するためにファンナセル68内（概略的に位置Bと示す）、バイパスストリーム空気流と連通するためにコアナセル70内（概略的に位置Cと示す）、及び/またはコアエンジンと共に（概略的に位置Dと示す）置かれ得る。様々な位置及び流路が、代わりにまたはさらに提供され得ることを理解されたい。

【0037】

図4を参照すると、付加製造された熱交換器64は、入口82及び出口84を異なる空気ストリームと連通状態に置き得る。例えば、付加製造された熱交換器64は、入口82がバイパスストリーム空気流Wと連通しており、出口84が自由ストリーム空気流と連通している状態でファンナセル68内に置かれ得る（概略的に位置Eと示す）。あるいは、付加製造された熱交換器64は、入口82がLPC44などのコアエンジンと連通しており、出口84がバイパスストリーム空気流と連通している状態でコアナセル70内に置かれ得る（概略的に位置Fと示す）。様々な位置及び流路が、代わりにまたはさらに提供され得ることを理解されたい。

【0038】

図5を参照すると、1つの開示する非限定的な実施形態の付加製造された熱交換器64は、一般に、コア90、フレーム92、装着配置（mount arrangement）94、入口フェアリング96、及び出口フェアリング98を含む。コア90、フレーム92、装着配置94、入口フェアリング96、及び出口フェアリング98などの特定の構成要素及び/またはアセンブリは個別に定義されるとは言え、各々または任意のものは、付加製造された熱交換器64と本明細書で呼ばれるその内部で別様に組み合わせられたりまたは隔離されたりし得ることを理解されたい。

【0039】

コア90、フレーム92、装着配置94、入口フェアリング96、及び出口フェアリング98は、個々にまたは集合的に、これらに限定されないが、立体リソグラフィ（SLA）、直接選択的レーザー焼結（DLS）、電子ビーム焼結（EBS）、電子ビーム融解（EBM）、レーザー設計ネットシェイピング（LENS）、レーザーネットシェイプ製造（LNSM）、直接金属堆積（DMD）、及びレーザー粉末ベッド融着（LPBF）を含む付加製造プロセスで製造され得る。

【0040】

付加製造プロセスは、これらに限定されないが、625合金、718合金、230合金、ステンレス鋼、工具鋼、コバルトクロム、チタン、ニッケル、アルミ、及び噴霧粉材料形態の他のものを含む噴霧合金（atomized alloy）及び/またはセラミック粉末材料の層を連続的に構築する。625、718、230などの合金は、例えば、航空宇宙及びガスタービンエンジンの構成要素が一般的に遭遇する環境などの高温環境で動作する部品にとっては特定の恩恵を有し得る。

【0041】

付加製造プロセスは、アセンブリの詳細及び複数構成要素構成を最小化するために比較的複雑な内部形状の製造を容易化する。付加製造プロセスは、3次元情報、例えば3次元コンピュータモデルを用いて、構成要素を加工するまたは「成長させる」。3次元情報は、複数のスライスに変換され、各々のスライスは、スライスの所定の高さに対する構成要素の断面を画定する。付加製造構成要素140は、次に、完成するまで、スライス毎にまたは層毎に「成長させられる」。各々の層は、約0.0005~0.001インチ（0.0127~0.0254mm）の間の大きさの例を有する。特定の付加製造プロセスを開示するとは言え、製造の当業者であれば、層毎構成または付加加工を用いる他の任意の適切な迅速製造方法も代わりに用いることが可能であることを認識するであろう。

【0042】

熱疲労は、一般的に、熱交換器の主要な寿命制限特徴である。付加製造熱交換器64の

低サイクル疲労は、付加製造などの単一材料製造方法で容易に増加し得る。すなわち、付加製造は、波型または口付けされたアセンブリ技法に基づく異種材料を必要とする従来の製造と比較して、同一材料からコア90、フレーム92、装着配置94、入口フェアリング96、及び出口フェアリング98を製造することを可能とする。容易に利用可能な最適化技法を開発して、熱伝達要件に基づく減少した熱疲労を提供する表面の特徴及び形状を指定することが可能である。付加製造による単一材料構成は、熱伝達の熱慣性及び構造表面を管理しながらも、単一の熱膨張係数の恩典を提供する。

【0043】

図5を引き続き参照すると、コア90は、フレーム92内に位置し、装着配置94によってダクト100内に装着されて、コア90を、入口フェアリング96と出口フェアリング98との間に位置付ける。本明細書で定義するコア90は、プレートフィン、シェルチューブ、または空気対空気もしくは空気対流体の通路の内部形状であると考えられ得るが、一方、フレーム92は、これらの内部通路構造を支持する外部構造である。装着配置94は、ダクト100、入口フェアリング96、及び/または出口フェアリング98に対して付加製造熱交換器64を支持するために、フレーム92によって少なくとも部分的に形成され得る。ダクト100は、入口フェアリング96及び/または出口フェアリング98によって少なくとも部分的に形成され得るまたはこれらから分離され得ることを理解されたい。

【0044】

付加製造によるコア90及び/またはフレーム92の製造は、コア90及びその内部の形状の連続的变化を容易化する(図6及び7に最もよく示す)。フレーム92及びコア90の外部形状102は、それにより、ダクト100及びそれを通して連通する空気流に対して提供される形状及びパッケージングスペースに対して容易に画定される。例えば、コア90の前面104、背面106、上面108、及び下面110は、一定面積の「折り曲げられた」流路を有する直線状の、従来の「レンガ」形状の熱交換器に一般的なように、必ずしも平坦である必要はなく(図6及び7に最もよく示す)、入口フェアリング96、出口フェアリング98、及び/またはダクト100を通る空気流の一樣でない流れ分配に対して輪郭形成される。入口フェアリング96、出口フェアリング98、コア90、及びダクト100はまた、ファンナセル68及び/またはコアナセル70の空気力学的ラインの輪郭に従うようにアーチ形であり得ることをさらに理解されたい。

【0045】

コア90の輪郭形成された形状102(図6)は、例えば、流れ面積に対する局所表面積の比率を設定してコア90の単位長当たりの圧力低下を制御するために用いられ得る計算流れ力学(CFD)によって決定され得る。輪郭形成された外部形状102はまた、コア90が、前面104及び背面106の全体にわたってコア90に入る及びこれから出る空気流に対してほぼ垂直となるように画定され得る。例えば、前面104及び背面106は、入口フェアリング96及びダクト100中の拡散領域112ならびにダクト100及び出口フェアリング98中の収縮領域114と適合するために、平坦でないように輪郭形成され得る。このような輪郭形成された外部形状102は、圧力損失を最小化するために、流れ圧力の等化を容易化する。1つの例では、輪郭形成された外部形状102は、等しい熱容量の「レンガ」形状の熱交換器と比較して、約15~20%だけ、付加製造されたコア90の容積の減少を提供する。

【0046】

引き続き図5を参照すると、付加製造されたコア90及び/またはフレーム92は、代わりにまたはさらに、入口フェアリング96中の拡散領域112及び出口フェアリング98中の収縮領域114の中に延在して、流れの誤分配を最小化し得、例えば、熱交換器のストリームの湾曲部を、低流れ損失を求めて最適化されるように付加製造され得る。流れの誤分配をさらに最小化するため、複数の付加製造された内部スプリッタ116、118が、それぞれの拡散領域112及び/または収縮領域114内に位置し得る。内部スプリッタ116、118は、付加製造されているため、流れの分配を最小化し、コア90を通

10

20

30

40

50

る流れを容易化するように容易に形状化される。

【0047】

コア90の輪郭形成された外部形状102に対応するために、コア90の内部形状120(図7)もまた、流れ面積に対する局所表面積の比率を設定してコア90の単位長当たりの圧力低下を制御するように輪郭形成される。個々の内部通路、羽根密度、厚さ、及び種類は、コア90の付加製造によって、コア90によって画定される流路122全体にわたって変化させて、流れを均衡させ、コア90中の圧力損失を最小化することが可能である。

【0048】

内部形状120は、コア90を通る流路120が一様でなく、一様でない流路124を含み得るように、付加製造によって輪郭形成される。すなわち、各々の流路124は、前面104と背面106との間の各々の流路124の長さに沿った距離に対する流れ面積が変化し得る。例えば、比較的より小さいアーチ半径の流路124の流れ面積は、流路120を通る合計の流れ面積が流路120全体にわたって均衡するように、比較的より大きいアーチ半径の流路124とは異なる流れ面積であり得る(図7)。

10

【0049】

コア90の内部形状120はまた、例えば、最大の構造負荷または最大の熱容量に対応するためにストレスを均衡させ、付加製造された熱交換器64を調整するように、付加製造によって調整され得る。すなわち、熱交換器製造の従来の方式は、工具費及び一様な熱交換器表面を折り曲げ、次に、効率的に表面を一緒にロウ付けする機能のために、流路及び構造的特徴部に対しては変化潜在性が比較的限られる。

20

【0050】

付加製造プロセスは、熱伝達要件に基づいて形状を一意的に調整して、全体の応力レベルを均衡させ、それにより、ユニットに対して選定された寿命能力を最適化することが可能な方式を容易化する。例えば、羽根密度、厚さ、及び種類は、熱負荷に対するストレスを均衡させるように全体的に変化させることが可能である。最大の構造負荷に対しては、内部形状120は、例えば、箱、ハニカム、三角形、または他の耐力型構造を含み得るが、一方、最大の熱容量に対しては、内部形状120は、例えば、かなりの表面積を提供する薄い表面を含み得る。全体に対して局所的に形状を変化させる付加製造によって提供される集中的な方式は、経費及び重量を増加させ得る過剰設計を減少させる。

30

【0051】

図8を参照すると、入口フェアリング96及び出口フェアリング98が、計算流体力学モデルなどの最適化された設計統合プロセスに従って付加製造されて、ダクト熱交換器システム62の全体の大きさ及び重量を低下させることが可能な、理想的かつ低損失の空気力学フェアリングを提供し得る。

【0052】

別の開示される非限定的な実施形態では、入口フェアリング96及び/または出口フェアリング98は、コア90からの熱伝達を容易化する材料から、全体的または部分的に付加製造され得る。入口フェアリング96及び出口フェアリング98は、かなりの表面積を提供して、この熱伝達を容易化し、それにより、効果的な放熱器として動作して、熱交換器コア90が付加製造されようとまたは従来製造されようと無関係に、熱交換器64の表面積をさらに増加させる。輪郭形成付加製造技法と組み合わせられると、理想的なナセルの空気力学的なラインを、現行の製造上の制限による妥協なしで、実現することが可能である。

40

【0053】

1つの開示される非限定的な実施形態では、入口フェアリング96及び/または出口フェアリング98の少なくとも1つの表面130(これも図9に示す)は、コア90からの熱伝達を容易化するために、コア90、フレーム92、及び/または装着配置94の延長部となるように付加製造され得る。表面130は、ダクト100に沿って空気流を効率的に連通させるために、入口フェアリング96及び/または出口フェアリング98の空気力

50

学的ラインに従うように輪郭形成されるが、しかし、入口フェアリング96及び/または出口フェアリング98の残りのそれとは異なる材料から製造され得る。あるいは、入口フェアリング96及び/または出口フェアリング98は、このような熱伝達を容易化する材料から全体的に付加製造される。すなわち、入口フェアリング96及び/または出口フェアリング98は、ナセルアセンブリ66とは異なる材料から、全体的にまたは部分的に製造され得る。

【0054】

別の開示される非限定的な実施形態では、少なくとも1つの表面130は、熱伝達のための比較的大きい表面積及び流体流路を有する複数の、薄く、少し分離されたプレートの付加製造されたプレート型熱交換器などの熱交換器コア140の表面である。すなわち、熱交換器コア140は、表面130が入口フェアリング96及び/または出口フェアリング98の空気力学的ラインに従うように輪郭形成されるように付加製造される。少なくとも1つの表面130は、シェブロン、ディンプル、または、熱伝達及び空気流制御を容易化するための他のパターンを含み得ることを理解されたい。

10

【0055】

減少した圧力損失により、ダクテッド熱交換器システム62の全体の大きさを減少させて、例えば、理想的なナセルの流線的湾曲部を容易化することを可能にする。経費削減もまた、減少したステムの大きさによって実現され得る。

【0056】

説明の文脈での(特に、次の請求の範囲の文脈での)「1つ(a)」、「1つ(an)」、「その(the)」及び類似の言及の用語の使用は、本明細書に別様に示されない限りまたは文脈によって具体的に否定されない限り、単数形と複数形の双方を包含するものと解釈されるべきである。量に関連して用いられる「約」という修飾子は、述べられた値を含み、文脈によって指示される意味を有する(例えば、それは、特定の量の測定と関連付けられた誤差の程度を含む)。本明細書に開示されるすべての範囲は、端点を含み、端点は、互に独立に組み合わせ可能である。「前方」、「後部」、「上方」、「下方」、「上」、「下」などの相対的位置用語は、車両の通常の動作高さを基準としており、別様に限定するものと考えられるべきではないことを理解されたい。

20

【0057】

異なる非限定的な実施形態は、図示する特定の構成要素を有するが、本発明の実施形態は、これらの特定の組み合わせに限定されない。非限定的な実施形態の任意のものからの構成要素または特徴部の一部を他の非限定的な実施形態の任意のものからの特徴部または構成要素と組み合わせる用いることが可能である。

30

【0058】

同様の参照番号は、いくつかの図面全体にわたって対応するまたは類似した要素を特定することを理解されたい。また、特定の構成要素配置を図示する実施形態で開示したが、他の配置もそれから恩典を受けることを理解されたい。

【0059】

特定のステップシーケンスを示し、説明し、特許請求したが、ステップは、別様に示されない限り任意の順序で実施され、分離され、または組み合わせられ得るし、しかも本開示から恩典を受けることを理解されたい。

40

【0060】

前記の説明は、内部の制限によって定義されるのではなく、例示である。様々な非限定的な実施形態が本明細書に開示されるが、当業者であれば、上記の教示に照らし合わせて様々な修正例及び変更例は、添付の請求範囲の範囲内に入ることを理解するであろう。したがって、添付の請求範囲の範囲内で、具体的に説明したとは別様に本開示を實踐し得ることが理解される。その理由により、添付の請求範囲は、真の範囲及び内容を決定するために研究されるべきである。

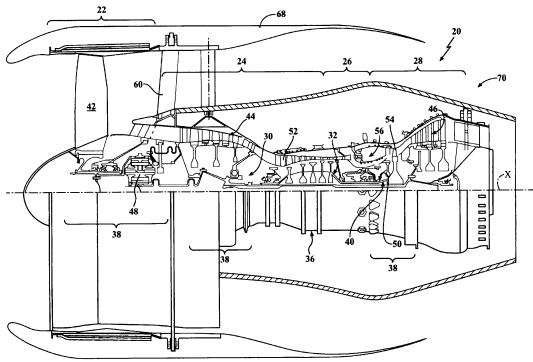
【符号の説明】

【0061】

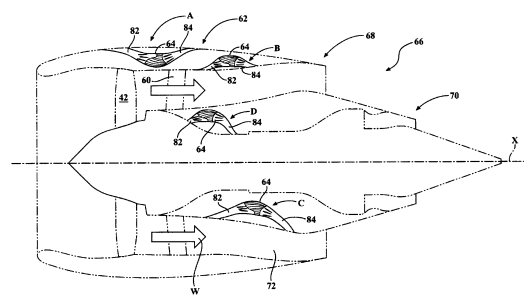
50

- 9 0 ... コア
- 9 2 ... フレーム
- 9 4 ... 装着配置
- 1 0 2 ... 外部形状
- 1 0 4 ... 前面
- 1 0 6 ... 背面
- 1 0 8 ... 上面
- 1 1 0 ... 下面

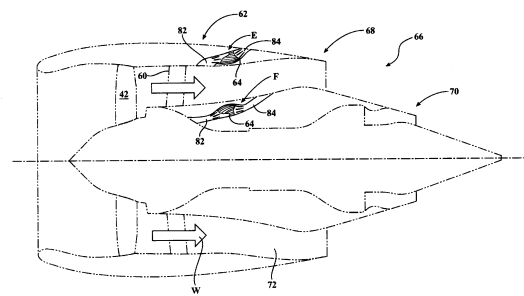
【図1】



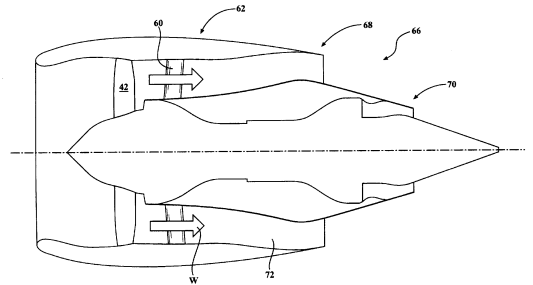
【図3】



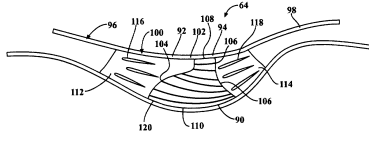
【図4】



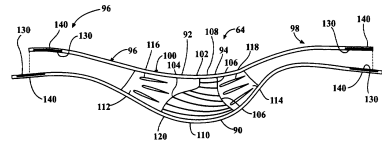
【図2】



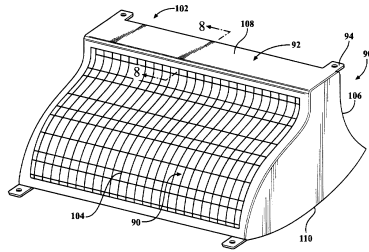
【 図 5 】



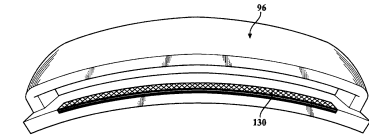
【 図 8 】



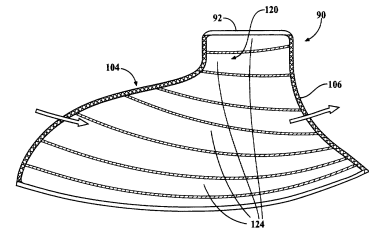
【 図 6 】



【 図 9 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン ティー・シュミッツ

アメリカ合衆国, コネチカット, ウェスト ハートフォード, ハイド ロード 136

審査官 佐藤 健一

(56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0236299(US, A1)

米国特許出願公開第2012/0216506(US, A1)

米国特許出願公開第2012/0216543(US, A1)

米国特許出願公開第2012/0216544(US, A1)

特開2008-144752(JP, A)

特開2009-013982(JP, A)

特開2007-303470(JP, A)

特公平06-094816(JP, B2)

特公平06-094817(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C 7/00、06、18、32

F02K 3/04

F28D 1/047

B22F 3/105

B22F 5/00

F28F 13/00

B64D 33/02

DWPI(Thomson Innovation)