

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5274278号
(P5274278)

(45) 発行日 平成25年8月28日 (2013. 8. 28)

(24) 登録日 平成25年5月24日 (2013. 5. 24)

(51) Int. Cl.

F I

F O 4 D 29/30 (2006. 01)

F O 4 D 29/30 C

F 2 4 F 1/00 (2011. 01)

F O 4 D 29/30 F

F 2 4 F 1/00 3 O 6

請求項の数 6 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2009-16155 (P2009-16155)
 (22) 出願日 平成21年1月28日 (2009. 1. 28)
 (65) 公開番号 特開2010-174671 (P2010-174671A)
 (43) 公開日 平成22年8月12日 (2010. 8. 12)
 審査請求日 平成23年8月5日 (2011. 8. 5)

(73) 特許権者 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100085198
 弁理士 小林 久夫
 (74) 代理人 100098604
 弁理士 安島 清
 (74) 代理人 100087620
 弁理士 高梨 範夫
 (74) 代理人 100141324
 弁理士 小河 卓
 (72) 発明者 濱田 慎悟
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターボファン及びターボファンを備えた空気調和装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中央に膨らみ部を具備し、中心を回転中心とする円盤状の主板と、
 該主板に対向配置された円環状のシュラウドと、
 前記主板と前記シュラウド間に配置され、前記主板の外周と前記シュラウドの外周とが
 形成する仮想円筒上にある後縁と、該後縁よりも回転方向の進む方向に進むと共に回転中
 心寄りにある前縁とを具備する複数枚の翼と、
 を有し、

前記翼の前記主板に近い所定の第1領域において、前記主板から遠ざかるほど、前記翼
 の前縁の入口角が徐々に大きくなり、

前記翼の前記シュラウドに近い所定の第3領域において、前記シュラウドに近づくほど
 、前記翼の前縁が後縁に徐々に近づくと共に、前記翼の厚みが徐々に薄くなり、且つ、前
 記翼の回転中心側の面に滑らかに凹む凹状部が形成され、

前記第1領域の前記シュラウドに最も近い位置における回転中心に対して垂直な断面の
 形状が、前記第3領域の前記主板に最も近い位置における回転中心に対して垂直な断面の
 形状に同じであって、前記第1領域と前記第3領域に挟まれた第2領域において、前記翼
 の前縁が回転中心に平行であることを特徴とするターボファン。

【請求項 2】

前記シュラウドには、所定の間隙を設けて配置されたベルマウスから回転中心に略平行
 に空気が流入し、

10

20

前記主板の外周、前記シュラウドの外周および前記翼の後縁によって形成された空間から、回転中心に対して略垂直に空気が流出入するものであって、

前記凹状部が、前記シュラウドの外周と前記ベルマウスの内周との間の間隙に相当する位置に形成されることを特徴とする請求項 1 記載のターボファン。

【請求項 3】

前記翼の前縁の所定範囲に複数のこぶが設置されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のターボファン。

【請求項 4】

前記翼の後縁が、少なくとも前記シュラウドに近い所定の第 4 領域において、前記シュラウドに近づくほど、除々に回転方向とは反対の方向に後退していることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載のターボファン。

10

【請求項 5】

前記翼の後縁が、少なくとも前記主板に近い所定の第 5 領域において、回転中心に略垂直に形成された複数のスリットによって分断された前記後縁の一方の位置と、前記スリットによって分割された前記後縁の他方の位置とが相違していることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載のターボファン。

【請求項 6】

空気を吸引する吸い込む吸込口および空気を吹き出す吹出口を具備する筐体と、
該筐体内に配置された請求項 1 乃至 5 の何れかに記載のターボファンと、
該ターボファンの前記主板に連結されたモーターと、
前記ターボファンの前記シュラウドに空気を案内するベルマウスと、
前記ターボファンの周囲に配置された熱交換器と、
を有することを特徴とする空気調和装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はターボファン及びターボファンを備えた空気調和装置、特に、回転中心方向から吸い込んだ空気を回転中心に略垂直な方向に吹き出すターボファン、及び該ターボファンを備えた空気調和装置に関する。

【背景技術】

30

【0002】

天井埋め込み型空気調和装置（又は業務用パッケージエアコンと呼ぶ）は、室内の空気を鉛直上方に吸引して、冷却または加熱された空気を天井に沿って略水平に吹き出すものである。

そして、従来より騒音の低減と消費電力の低減とが求められている。そのため、ターボファンの羽根車を複雑な三次元形状に改良することによってこの課題を解決する取り組みが過去に行われている（例えば、特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

40

【特許文献 1】特開 2007 - 2708 号公報（第 4 - 5 頁、第 3 図）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に開示されたターボファンは、モーターの回転軸が固定される主板と、主板に等角配置された複数の翼と、主板に対向して配置された円環状のシュラウドとを有している。すなわち、翼の一方の端部が主板に接合（一体成形）され、翼の他方の端部がシュラウドに接合（一体成形）されている。

そして、回転するシュラウドに空気を導くための朝顔状のベルマウス（回転しない）が設置されている。このとき、シュラウドの端縁とベルマウスの端縁との間には、所定の間

50

隔の隙間（ギャップ）が形成されている。

翼は、回転中心に近い方（内周側）を前縁部とし、回転中心から遠い方（外周側）を後縁部とし、回転中心と前縁部とを結ぶ半径方向の直線に対し、後縁部は回転方向の後方（遅れる方向）に位置している。そして、主板に平行な断面形状が、主板に近い範囲では直線状であるのに対し、シュラウドに近い範囲では略へ字状に曲がっている。

【 0 0 0 5 】

すなわち、シュラウドに近い後縁部が、負圧面（回転中心からの放射線と回転中心側で交わる面、内周面に相当する）側に曲がる湾曲状に形成されている構成とすることで、負圧面側を流れる空気が湾曲状の曲面に沿って円滑に流れるようにしている。そのため、乱流発生による流れの剥離現象が抑制され、流路損失を極力低減し、かつ逆流渦の発生を防いで、送風効率の低下を極力低減することができるとしている。

10

【 0 0 0 6 】

しかしながら、特許文献 1 に開示されたターボファンは、翼の負圧面側（以下「内周面側」と呼ぶ場合がある）の流れのみにしか着目していないため、以下のような理由によって、騒音の低減効果および消費電力の低減効果を十分に得ることができないという問題があった。

（あ）シュラウドとベルマウスとの間の隙間（ギャップ）を流れる「ギャップ流れ」が翼の負圧面側及に合流し、翼表面上の流れを乱していることについては十分考慮されていない。

（い）また、翼の前縁部における入口角（これについては別途詳細に説明する）は、前縁部において流れに適合しない場合、負圧面側に剥離を生じることについても十分考慮されていない。

20

（う）また、シュラウドは朝顔状に徐々に縮径する通風路を形成するにもかかわらず、通風路が縮流し通風抵抗（壁面と風の摩擦によるエネルギー損失）が増大することについても十分考慮されていない。

【 0 0 0 7 】

本発明は上記問題を解決するものであって、ギャップ流れ、翼の前縁部における入口角、およびシュラウドにおける通風抵抗の増大を考慮して、騒音および消費電力を低減することができるターボファン、及び該ターボファンを備えた空気調和装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

（１）本発明に係るターボファンは、中央に膨らみ部を具備し、中心を回転中心とする円盤状の主板と、

該主板に対向配置された円環状のシュラウドと、

前記主板と前記シュラウド間に配置され、前記主板の外周と前記シュラウドの外周とが形成する仮想円筒上にある後縁と、該後縁よりも回転方向の進む方向に進むと共に回転中心寄りにある前縁とを具備する複数枚の翼と、
を有し、

前記翼の前記主板に近い所定の第 1 領域において、前記主板から遠ざかるほど、前記翼の前縁の入口角が徐々に大きくなり、

40

前記翼の前記シュラウドに近い所定の第 3 領域において、前記シュラウドに近づくほど、前記翼の前縁が後縁に徐々に近づくと共に、前記翼の厚みが徐々に薄くなり、且つ、前記翼の負圧面に滑らかに凹む凹状部が形成され、

前記第 1 領域の前記シュラウドに最も近い位置における回転中心に対して垂直な断面の形状が、前記第 3 領域の前記主板に最も近い位置における回転中心に対して垂直な断面の形状に同じであって、前記第 1 領域と前記第 3 領域に挟まれた第 2 領域において、前記翼の前縁が回転中心に平行であることを特徴とする。

（２）また、本発明に係る空気調和装置は、空気を吸い込む吸込口および空気を吹き出す吹出口を具備する筐体と、

50

該筐体内に配置された(1)記載のターボファンと、
該ターボファンの前記主板に連結されたモーターと、
前記ターボファンの前記シュラウドに空気を案内するベルマウスと、
前記ターボファンの周囲に配置された熱交換器と、
を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0009】

(i)本発明に係るターボファンは、前記形状であるから、第1領域においては、流入角 1 と入口角 1 とのズレが補正され、負圧面における剥離渦の発生が抑えられ、第3領域においては、通風路の断面積縮小による空気流れの増速が緩和され、流速の増加によるエネルギー損失が抑制されると共に、回転中心に略平行する空気流れが割り込む凹状部が形成されているから、回転中心に略垂直な空気流れにおける乱れや渦を発生が抑えられる。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施の形態1に係る空気調和装置を示す側面視の断面図。

【図2】本発明の実施の形態2に係るターボファンを説明する斜視図。

【図3】図2に示すターボファンの一部を透過した平面図。

【図4】図2に示すターボファンの一部を透過した平面図。

【図5】図2に示すターボファンの一部を透過した側面図。

20

【図6】図2に示すターボファンの一部を拡大して示す平面視の断面図。

【図7】図2に示すターボファンの一部を拡大して示す平面視の断面図。

【図8】図2に示すターボファンの一部を拡大して示す平面視の断面図。

【図9】図2に示すターボファンの一部を拡大して示す平面視の断面図。

【図10】図2に示すターボファンの一部を拡大して示す平面視の断面図。

【図11】図2に示すターボファンの一部を拡大して示す平面視の断面図。

【図12】図2に示すターボファンの内部流れを説明するための側面図。

【図13】図2に示すターボファンの作用を説明するための平面視の断面図。

【図14】図2に示すターボファンの作用を説明するための平面視の断面図。

【図15】図2に示すターボファンの効果を示す性能曲線図。

30

【図16】本発明の実施の形態3に係るターボファンを説明する側面図。

【図17】図2に示すターボファンの一部(こぶ)を拡大して示す模式断面図。

【図18】図2に示すターボファンの一部(こぶ)の作用を説明する模式斜視図。

【図19】図2に示すターボファンの一部(こぶ)の作用を説明する平面図。

【図20】図2に示すターボファンの一部(こぶ)の作用を説明する断面図。

【図21】図2に示すターボファンの迎角と揚力の関係を示す特性曲線図。

【図22】図2に示すターボファンのバリエーションを示す側面図。

【図23】本発明の実施の形態4に係るターボファンを説明する斜視図。

【図24】図23に示すターボファンの一部を拡大して示す平面視の断面図。

【図25】図23に示すターボファンの一部を拡大して示す平面視の断面図。

40

【図26】図23に示すターボファンの一部を拡大して示す平面視の断面図。

【図27】本発明の実施の形態5に係るターボファンの部分を示す斜視図。

【図28】図27に示すターボファンの作用効果を説明する模式図。

【図29】図27に示すターボファンのバリエーションを示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

[実施の形態1]

図1は本発明の実施の形態1に係る空気調和装置を模式的に示す側面視の断面図である。なお、図1は模式的に描かれたものであるから、各部材の相対的な大小関係(含むアスペクト比)等は限定するものではない。

50

【 0 0 1 2 】

(空気調和装置)

図 1 において、空気調和装置 1 0 0 は、天井 9 0 0 に形成された凹部 9 0 1 に埋め込まれ、凹部 9 0 1 の底 (図 1 において上面) である取り付け壁 9 0 2 に、ボルト 9 0 3 およびナット 9 0 4 によって、吊り下げられている。

空気調和装置 1 0 0 は一面 (図 1 において下面) が開口した直方体の筐体 1 と、筐体の底 (図 1 において上面) 1 1 に固定されたモーター取り付け用部材 6 と、モーター取り付け用部材 6 に取り付けられたモーター 5 と、モーター 5 の回転軸に取り付けられたターボファン 2 0 0 とを有している。

【 0 0 1 3 】

10

筐体 1 の開口部 (図 1 において下面) の中央範囲は吸込口 1 2 であって、フィルター 7 が設置されている。吸込口 1 2 の周囲 (水平面内で回転中心から離れる側) に吹出口 1 3 が形成され、吹出口 1 3 には風向きを変更するためのフラップ 9 が設置されている。また、吸込口 1 2 から吸い込まれた空気をターボファン 2 0 0 に導くため、略朝顔状 (ラッパ状) に徐々に縮径するベルマウス 8 が設置されている。

さらに、ターボファン 2 0 0 の周囲 (水平面内で回転中心から離れる側) に、熱交換器 4 が設置されている。

【 0 0 1 4 】

(ターボファン)

ターボファン 2 0 0 は、中央に主板膨らみ部 2 0 a を有する円盤状の主板 2 0 と、回転中心に対して等角配置された複数の翼 2 2 と、主板 2 0 と所定の間隔を設けて配置された円環状のシュラウド 2 1 と、を有している。すなわち、翼 2 2 の一方の端部は主板 2 0 に接合 (一体成形) され、翼 2 2 の他方の端部はシュラウド 2 1 に接合 (一体成形) されている。

20

このとき、主板膨らみ部 2 0 a の翼 2 2 が接合されない側 (モーター 5 側) は空洞になっていて、該空洞にモーター 5 が収納されている。

【 0 0 1 5 】

ベルマウス 8 の最も内径の小さい端縁 (ターボファン 2 0 0 側の端縁に同じ、以下「ベルマウス端縁」と称す) 8 a の直径は、シュラウド 2 1 の最も内径の小さい端縁 (ベルマウス 8 側の端縁に同じ、以下「シュラウド端縁」と称す) 2 1 a の直径よりも小さい。そして、ベルマウス端縁 8 a はシュラウド 2 1 内に侵入しているから、ベルマウス端縁 8 a とシュラウド端縁 2 1 a との間には、回転中心の放射方向に所定の隙間 (以下「ギャップ」と称す) g が形成され、回転中心方向の所定の距離がオーバーラップしている。

30

なお、シュラウド 2 1 の最もシュラウド外周 2 1 b の直径は、主板 2 0 の主板外周 2 0 b の直径に同じである。

【 0 0 1 6 】

(空気流れ)

次に、空気調和装置 1 0 0 の動作について説明する。図 1 において、ターボファン 2 0 0 が回転すると、吸い込まれた空気は吸込流れ W 1 となって、フィルター 7 を通過して除塵される。そして、ベルマウス 8 によってターボファン 2 0 0 に導かれ、ターボファンの内部流れ W 2 となった後、周囲に吹き出される。さらに、熱交換器 4 において所定の温度に冷却または加熱されて、調和空気流れ W 4 になる。そして、フラップ 9 によって所定の方

40

方向に向けられ、吹出口 1 3 から室内に吹き出す吹出流れ W 5 になる。

【 0 0 1 7 】

さらに、ベルマウス端縁 8 a とシュラウド端縁 2 1 a との間にギャップ g が形成されているから、ギャップ g を流れるギャップ流れ W 3 が生じている。すなわち、ターボファンから周囲に吹き出された空気の一部が熱交換器 4 を通過しないで、ギャップ g を通過して内部流れ W 2 に吸い込まれる。

【 0 0 1 8 】

なお、空気調和装置 1 0 0 に搭載されたターボファン 2 0 0 は、実施の形態 2 において

50

詳細に説明する構成であるから、内部流れW2は略直角に曲げられながら翼22の間を通過しても、翼22の面上において流れの剥離による渦が発生し難く、騒音が抑えられ、送風効率の低下が防止されている。

また、ギャップ流れW3は内部流れW2に途中から合流しているが、翼22の表面上の乱れの発生が最少に抑えられている。

すなわち、空気調和装置100は、低騒音化（静寂運転化）および省エネ化が図られている。

なお、以上は、空気調和装置100として、天井埋め込み型の業務用パッケージエアコンとして記載したが、本発明はこれに限るものではなく、家庭用であっても実施の形態2に説明するターボファンを用いた空気調和装置であればその型式を限定するものではない。また、熱交換器4に替えて、その他の空気調和手段、たとえば、除加湿手段、塵埃や細菌等の除去手段、オゾンや香気の添加手段、を設置してもよい。

【0019】

[実施の形態2]

図2～図10は本発明の実施の形態2に係るターボファンを説明するものであって、図2は斜視図、図3および図4は一部を透過した平面図、図5は一部を透過した側面図、図6～図11は一部を拡大して示す平面視の断面図、図12は内部流れを示す側面図、図13および図14は作用を模式的に説明するための平面視の断面図、図15は効果を示す性能曲線図である。

【0020】

(ターボファン)

図2において、ターボファン200は空気調和装置100（実施の形態1）に搭載されるものであって、円盤状の主板20と、主板20と所定の間隔を設けて配置された朝顔状（ラッパ状）のシュラウド21と、一方の端部を主板20に、他方の端部をシュラウド21に接続（一体成形）された複数の翼22と、を有している。

翼22は7枚が円周方向で等角配置されているが、本発明はその枚数を限定するものではない。翼22は回転中心O（オー）に近い縁部である翼前縁23が、回転中心O（オー）から遠い縁部である翼後縁24よりも、回転方向（矢印にて示す）の進み方向に位置している。すなわち、翼後縁24は翼前縁23に対して、回転方向の遅れ側に位置している。

【0021】

主板20の中央は盛り上がって主板膨らみ部20aが形成され、主板膨らみ部20aによって形成された空洞にモーター5（図示しない）が配置され、主板膨らみ部20aには冷却用の空気が通過するための主板冷却孔20cが形成されている。

なお、シュラウド21は朝顔状（ラッパ状）の小径側から空気が流入し、大径側から空気が流出するものであるが、大径側が主板20に対向しているため、空気が流れる通風路は徐々に回転中心Oと平行な距離が狭められ、断面積が狭くなるように構成されている。

【0022】

(入口角)

翼22の詳細形状を説明する前に、入口角と流入角の定義について予め触れておく。なお、以下の説明の便宜上、回転中心Oにおいて主板20側を「-Z方向または下方向」と、回転中心Oにおいてシュラウド21側を「+Z方向または上方向」とする。また、回転中心Oからの放射方向を「r軸」とし、回転中心Oから遠ざかる放射方向を「+r方向または外方向」と、回転中心Oに向かう放射方向を「-r方向または内方向」とする。さらに、r軸に垂直な軸を「θ軸」とする。また、回転中心Oに垂直な面を「水平面または水平方向」と称す。

【0023】

図3は翼22をZ方向の所定位置において切断した断面図であって、翼22の翼前縁23に点Qを設定するものとする。翼22の回転中心Oに近い方の面（以下、「内面または負圧面」と称す）25と、翼22の回転中心Oから遠い方の面（以下、「外面または正圧

10

20

30

40

50

面」と称す) 26 との中間点(翼厚みの中間点に同じ)を連続的につないだ線分を翼弦中心線 31 とする。

そして、翼弦中心線 31 を Q 点において延長した直線 32 と、Q 点における 軸となす角度を「入口角 θ_1 」と定義する。

すなわち、入口角 θ_1 が 0° のとき、Q 点における翼弦中心線 31 の方向は 軸に一致し、入口角 θ_1 が 90° のとき、Q 点における翼弦中心線 31 の方向は r 軸に一致する。したがって、入口角 θ_1 が大きくなるほど、Q 点における翼弦中心線 31 の方向は放射方向に近づくから、入口角 θ_1 は「翼が立っている程度」を示す目安になる。

【0024】

(流入角)

10

次に、流入角について説明する。図 4 は翼 22 を Z 方向の所定位置において切断した断面図であって、翼 22 の翼前縁 23 の近傍で上流側(回転中心 O 側)に点 P を設定するものとする。点 P における空気流れを速度 V とし、速度 V が 軸となす角を「流入角 θ_2 」と定義する。また、速度 V を点 P における r 軸方向と 軸方向とに分解した成分をそれぞれ V_r と V_θ と定義する。

一般的に、風を多く運ぶためには羽根を立てて(入口角 θ_1 を大きく、すなわち、放射方向に近づけて)、入口角 θ_1 が流入角 θ_2 よりも大きくなる($\theta_1 > \theta_2$)ようにしたい。しかしながら、入口角 θ_1 を大きくし過ぎると図 3 の(a)に示すように負圧面 25 側に剥離渦 W9 が発生するので、騒音が増大し送風量が低下してしまう。送風量が低下すると、回転数を上げて目標風量を達成する必要が生じ、モーター 5 の消費電力が増加してしまう。つまり、送風効率を上げれば、回転数を下げることができるので、消費電力が削減できる。

20

【0025】

(三次元翼形状)

次に、ターボファン 200 の三次元翼形状について説明する。

図 5 において、説明の便宜上、簡易的に翼 22 を 1 枚しか記載していない。翼 22 は、高さ方向(-Z 方向から +Z 方向に向かって)に順次、領域 A(第 1 領域に相当する)、領域 B(第 2 領域に相当する)、領域 C(第 3 領域に相当する)の 3 つの領域から構成されている。

領域 A と領域 C とは断面形状が高さ方向で変化しており、領域 B は断面形状が高さ方向で略一定である。すなわち、領域 A の最上部(領域 B の最下部に同じ)は領域 C の最下部(領域 B の最上部に同じ)に略同一である。

30

【0026】

領域 A を高さ方向で水平に 2 分割し、最下部(主板 20 に至近位置)の断面を A1 断面、中間の断面を A2 断面、最上部の断面を A3 断面とする。

また、領域 C を高さ方向に水平に 4 分割し、最下部の断面を C1 断面として、順次、C2 断面、C3 断面、C4 断面とする。

なお、領域 B の最下部は A3 断面に、最上部の断面は C1 断面に同じであるから、A3 断面と C1 断面とは略同一である。

また、ベルマウス 8 のベルマウス端縁 8a の外径 D_8 は、シュラウド 21 のシュラウド端縁 21a の内径 D_{21} よりも小さく($D_8 < D_{21}$)、ベルマウス端縁 8a はシュラウド 21 内に侵入して両者間にギャップ g が形成されている。

40

【0027】

(A 領域)

図 6 において、A1 断面、A2 断面および A3 断面を重ねて描き、ベルマウス端縁 8a の外径 D_8 とシュラウド端縁 21a の内径 D_{21} との間に形成されるギャップ g(隙間であって、部材が存在しない空間)を斜線で示している。

断面の位置が高くなる(+Z 方向になる)にしたがって、すなわち、A1 断面よりも A2 断面の方が、A2 断面よりも A3 断面の方が、入口角 θ_1 が徐々に大きくなるように構成されている($\theta_1(A1) < \theta_1(A2) < \theta_1(A3)$)。つまり、主板 20 に近

50

くほど、入口角 1 が小さくなっている。なお、A 3 断面は航空機等で広く使用されてきた NACA - 65 系翼列を採用している。

【0028】

(B 領域)

領域 B (図示しない) は、断面の位置に係わらず一定形状であって、主板 20 に対して略直立した二次元翼として構成されている。すなわち、A 3 断面と同じ、断面形状は航空機等で広く使用されてきた NACA - 65 系翼列を採用している。

【0029】

(C 領域)

図 7 に、C 1 断面 ~ C 4 断面を重ねて描き、ベルマウス端縁 8a の外径 D 8 とシュラウド端縁 21a の内径 D 21 との間に形成されるギャップ g (実際は隙間であって、部材が存在しない空間) を斜線にて示す。また、回転中心 O を中心にしたベルマウス端縁 8a の外径 D 8 よりギャップ g の 2 倍だけ直径の小さい仮想円 (以下、「凹状部開始円」と称す) 91 と、回転中心 O を中心にしたシュラウド端縁 21a の内径 D 21 よりギャップ g の 2 倍だけ直径の大きい仮想円 (以下、「凹状部終了円」と称す) 92 と、を二点鎖線にて示している。

【0030】

断面の位置が高くなる (+Z 方向になる) にしたがって、翼 22 は翼前縁 23 の位置が翼後縁 24 に向かって徐々に後退しつつ厚みが徐々に薄くなると共に、翼前縁 23 と翼後縁 24 との距離が短くなっている。このとき、翼前縁 23 における入口角 1 は、断面の位置に係わりなく略一定である。

なお、図 7 において、Cj 断面について、前縁 23 (Cj)、後縁 24 (Cj)、翼内面 25 (Cj) および翼外面 26 (Cj) としている (j = 1 ~ 4)。

すなわち、翼前縁 23 (C1)、翼前縁 23 (C2)、翼前縁 23 (C3)、翼前縁 23 (C4) は、この順で外方向に近づき、回転方向に対して遅れる方向に位置している。一方、翼後縁 24 (C1)、翼後縁 24 (C2)、翼後縁 24 (C3)、翼後縁 24 (C4) は、この順で内方向に近づき、回転方向に対して進む方向に位置している。

以下、Cj 断面について、詳細に説明する。

【0031】

(C1 断面)

図 8 において、C1 断面は、A3 断面に略同一、すなわち、B 領域の断面に略同一である。翼前縁 23 (C1) は、回転中心 O に対して A 領域および B 領域と略同じ位置にあり、翼後縁 24 (C1) は、主板 20 の外周 20b に一致している。

内面 (負圧面) 25 (C1) は、内側 (回転中心 O 側) が凹む滑らかな凹面を呈し、外面 (正圧面に同じ) 26 (C1) は外側 (回転中心 O から離れる方向) に膨らむ滑らかな凸面を呈している。そして、ギャップ g に相当する範囲が厚みの厚い範囲になっている。

【0032】

(C2 断面)

図 9 において、C2 断面は、翼前縁 23 (C2) が翼前縁 23 (C1) よりも外側で回転方向に対して遅れる位置にあり、翼後縁 24 (C2) は翼後縁 24 (C1) と同じ位置にある。

そして、翼内面 25 (C2) は、凹状部開始円 91 と凹状部終了円 92 とに相当する間に、凹状部 28 (C2) が形成されている。すなわち、翼内面 25 (C2) の翼前縁 23 (C2) 寄りの範囲と翼内面 25 (C2) の翼後縁 24 (C2) 寄りの範囲とを、滑らかに結ぶ仮想面 27 (C2) に対し、実際の翼内面 25 (C2) は斜線で示す範囲を欠き、凹んでいる。

凹状部 28 (C2) はギャップ g に相当する範囲 (ベルマウス端縁 8a とシュラウド端縁 21a との間の直下に相当する) が最も深く、これに向かって凹状部開始円 91 の位置から滑らかに深くなり、これから凹状部終了円 92 の位置に向かって滑らかに浅くなる。

【0033】

10

20

30

40

50

(C 3 断面)

図 10 において、C 3 断面は、翼前縁 23 (C 3) が翼前縁 23 (C 2) よりも外側、すなわち、凹状部開始円 9 1 よりも僅かに外側で回転方向に対して遅れる位置にある。

また、翼後縁 24 (C 3) はシュラウド 21 の縮径範囲 21 c に接合しているから、主板 20 の主板外周 20 b よりも大きく内径寄りに位置している。

そして、翼内面 25 (C 3) は、ベルマウス端縁 8 a と凹状部終了円 9 2 とに相当する間に、凹状部 28 (C 3) が形成されている。すなわち、翼内面 25 (C 3) の翼前縁 23 (C 2) 寄りの範囲と翼内面 25 (C 2) の翼後縁 24 (C 3) 寄りの範囲とを、滑らかに結ぶ仮想面 27 (C 3) に対し、実際の翼内面 25 (C 3) は斜線で示す範囲を欠き、凹んでいる。

10

凹状部 28 (C 2) はベルマウス端縁 8 a に略相当する位置が最も深く、これに向かってベルマウス端縁 8 a に相当する位置から滑らかに深くなり、これから凹状部終了円 9 2 の位置に向かって滑らかに浅くなる。

【0034】

(C 4 断面)

図 11 において、C 4 断面は、翼前縁 23 (C 4) が翼前縁 23 (C 3) よりも外側、すなわち、ベルマウス端縁 8 a に相当する位置よりも外側で回転方向に対して遅れる位置にある。

また、翼後縁 24 (C 4) はシュラウド 21 の縮径範囲 21 d に接合しているから、主板 20 の主板外周 20 b よりも大きく内径寄りに位置している。

20

そして、翼内面 25 (C 4) は、シュラウド端縁 21 a と凹状部終了円 9 2 とに相当する間に、凹状部 28 (C 4) が形成されている。

すなわち、翼内面 25 (C 4) の翼前縁 23 (C 4) 寄りの範囲と翼内面 25 (C 4) の翼後縁 24 (C 4) 寄りの範囲とを、滑らかに結ぶ仮想面 27 (C 4) に対し、実際の翼内面 25 (C 4) は斜線で示す範囲を欠き、凹んでいる。凹状部 28 (C 4) は断面略く字状であって、ベルマウス端縁 8 a に略相当する位置から徐々に深くなり、凹状部終了円 9 2 に相当する位置に向かって滑らかに浅くなる。

なお、凹状部 28 (C 2)、凹状部 28 (C 3) および凹状部 28 (C 4) (以下、これらをまとめて「凹状部 28」と総称する場合がある) は、滑らかに繋がった曲面を形成するものである。

30

【0035】

(動作)

次に、ターボファン 200 の動作について説明する。

図 12 はターボファン 200 の内部流れを模式的に説明するための側面図である。

図 12 において、ベルマウス端縁 8 a からシュラウド 21 に流入した空気流れである内部流れ W 2 は、主板 20 に近い領域 A を流れる空気流れ W 20 と、シュラウド 21 の近い領域 C を流れる空気流れ W 22 と、両者に挟まれた領域 B を流れる空気流れ W 21 とに、分けて考えることができる。

【0036】

(領域 A)

40

領域 A における空気流れ W 20 は、主板 20 の近傍では壁面の摩擦力が働くため、主板 20 (壁面に同じ) に近いほど流速が遅くなる。発明者等が数値流体解析を実施してターボファン 200 の内部流れ W 2 (特に、空気流れ W 20) を詳細に調査し、翼前縁 23 (特に、翼前縁 23 (A 1)、翼前縁 23 (A 2)、翼前縁 23 (A 3)) における流入角 θ_1 を分析したところ、主板 20 に近づくほど流入角 θ_1 は小さくなっていることが判明した。

そして、ターボファン 200 は、領域 A における翼前縁 23 の入口角 θ_1 が、主板 20 に近づくほど小さくしているから、主板 20 の近傍における流入角 θ_1 と入口角 θ_1 とのズレが補正され、負圧面 (外面) 側における剥離渦 W 9 を生じないようになっている。

【0037】

50

(領域C)

また、領域Cでは、シュラウド21が拡径しながら主板20に近づいているため、空気流れW22の下流になるほど通風路の断面積が徐々に縮小している。そして、ターボファン200は、領域Cにおける翼22が空気流れW22の下流になるほど、翼前縁23の位置が翼後縁24に向かって徐々に後退しつつ厚みが徐々に薄くなっている。このため、前記通風路の断面積縮小による空気流れW22の増速が緩和され、流速の増加によるエネルギー損失が抑制されている。

【0038】

(ギャップ流れ)

次に、ギャップgを通過したギャップ流れW3について説明する。

10

図13および図14は、ギャップ流れW3の影響を模式的に説明するものであって、図13は本発明における平面視の断面図、図14は比較のための平面視の断面図である。

図13において、ベルマウス端縁8a(固定側)とシュラウド端縁21a(回転側)の間にはギャップgが形成されている。そして、ターボファン200の回転によって、翼22の負圧面(内面)側に負圧が生じるため、該負圧に吸引されてギャップgを通過する略主板20方向(略-Z方向)のギャップ流れW3が形成される。

【0039】

そして、ギャップ流れW3は翼22の負圧面(内面)側に形成された凹状部28(C4)、凹状部28(C3)および凹状部28(C2)に、この順で侵入しながら(吸い込まれながら)、徐々に水平方向に方向を変える空気流れW22に合流している。

20

このとき、凹状部28が形成されているため、ギャップ流れW3の割り込む空間(風路)が確保されたことになり、空気流れW22を乱すことなく、ギャップ流れW3は空気流れW22に円滑に合流して、乱れや渦を発生することなく(乱れや渦の発生が抑えられて)翼後縁24に向かって流れている。したがって、ターボファン200の外周に位置する熱交換器4には、渦が衝突しないから、騒音の発生を抑えることができる。

【0040】

図14において、比較のために翼922には、負圧面(内面)925に凹状部が形成されていない。すなわち、翼922は、内面925の前縁923寄りの範囲と後縁924寄りの範囲とが、滑らかに結ばれている。

このとき、前記のような凹状部28が形成されていないため、略主板20方向(略-Z方向)のギャップ流れW3は、割り込む空間が用意されていないため、徐々に水平方向に方向を変える空気流れW22に衝突する。そうすると、空気流れW22は流れの方向が急激に変更された空気流れW7となって大きく乱れると共に、ギャップ流れW3との合流によって渦W8が発生する。そして、かかる渦W8がターボファン200の外周に位置する熱交換器4に衝突すると、騒音を発生する。

30

【0041】

(領域B)

領域Bは、領域Aにおける流入角1のズレや、領域Cにおけるギャップ流れW3及び縮流による速度増加の影響をほとんど受けないため、翼22に沿って安定した二次元流れが形成されており、効率良く送風が行われている。

40

【0042】

以上のように、ターボファン200は、回転中心Oに直交する断面(水平断面に相当する)における羽根形状が、主板20側からシュラウド21側に向かって(+Z方向に向かって)、翼前縁23の入口角1が徐々に大きくなる領域Aと、翼前縁23の入口角1が一定で主板20に対して略直立している領域Bと、翼22の翼前縁23の位置が翼後縁24に向かって徐々に後退し、かつ翼22の厚みが徐々に薄くなり、さらに、翼22の翼内面25が翼前縁23と翼後縁24との途中で凹状に凹む凹状部28が形成された領域Cと、を有している。

このため、領域Aでは、主板20の近傍における流入角1と翼前縁23における入口角1とのズレによる内面(負圧面)側における剥離渦W9が抑制されている。

50

また、領域Bでは高効率で安定した送風が実現している。

さらに、領域Cでは、ギャップ流れW3が内面（負圧面）25を流れる空気流れW22に合流することによる乱れと、シュラウド21の形状に起因する速度増加によるエネルギー損失の増大を低減することができるので、空気調和装置の騒音と消費電力を削減することができる。

【0043】

（騒音低減効果）

図15は本発明の実施の形態1に係る空気調和装置（本発明の実施の形態2に係るターボファンが搭載されている）の騒音低減効果を説明するものである。

図15において、縦軸は実測した騒音値、横軸は周波数であり、凹状部28が形成された翼22を有するターボファン200の場合の騒音の実測値を「開発品」と称して細い実線で示し、凹状部28が形成されない翼を有するターボファンの場合の騒音の実測値を「従来品」と称して太い実線で示している。

なお、騒音測定は、吸込口12から1mの位置にマイクを設置して行った。従来品の47.1[dBA]に対し、実施の形態1である開発品は45.9[dBA]であり、1.2[dBA]の騒音を低減することができた。

また、送風効率については、開発品では同一回転数における風量が1.06倍に増加した。これによって、同一な送風を送風するために必要な消費電力量を約6%削減することができた。

【0044】

（数値流体解析）

なお、ターボファンの内部流れW2については、数値流体解析（CFD：Computational Fluid Dynamics）を用いて詳細な調査を実施した。ソフトウェアはSTAR-CDを用い、解析モデルは三次元CADデータベースを元に解析モデルを作成した。解析格子数は約200万、1回転の時間ステップは336とし、時間的、空間的に十分な解像度で非定常計算を行った。数値解析の妥当性を検証するため、吹き出し口での風速値を実測結果と比較し、ほぼ一致していることを確認した。

なお、領域Bの翼形状はNACA-65系としたが、これに限るものではなく、他の高効率な翼形状を採用しても同様の効果を奏する。

また、領域Bは主板20に対して略直立な形状として記載したが、これは樹脂成型製造で若干の抜き勾配が必要な場合は、抜き勾配に相当する分、若干許容して僅かに傾斜しても良い。かかる抜き勾配は、翼22を形成する樹脂の材質によって差はあるものの、この場合、約1°程度であった。

【0045】

〔実施の形態3〕

図16～図22は本発明の実施の形態3に係るターボファンを説明するものであって、図16は一部を透過した側面図、図17は一部（こぶ）の断面を拡大して示す模式断面図、図18は一部（こぶ）の作用を模式的に説明するための模式斜視図、図19は一部（こぶ）の作用を模式的に説明する一部を透過した平面図、図20は一部（こぶ）の作用を模式的に説明する側面視の断面図、図21は迎角と揚力の関係を示す特性曲線図、図22はバリエーションを示す一部を透過した側面図である。なお、実施の形態2と同じ部分または相当する部分には同じ符号を付し、一部の説明を省略する。

【0046】

（ターボファン）

図16において、ターボファン300は空気調和装置100（実施の形態1）に搭載されるものであって、翼322を有している。翼322は、ターボファン200（実施の形態2）の翼22の領域Cの翼前縁23に、空気流れW2の上流に向かって突出する「こぶ50」が複数形成されている。

こぶ50の先端は略球体の一部または弾頭状の隆起であって、裾野になるにしたがって傾斜が緩やかになり、翼前縁23に沿って隣接するこぶ50同士が裾野の終点において滑

10

20

30

40

50

らかに繋がっている。

図 17 は、こぶ 50 を模式的に説明するものであって、こぶ 50 の頂点（隆起部の頂上）である位置「イ」から翼後縁 24 に向かう平面（位置イ、位置ロ、位置ハを含む）で切断した面と、こぶ 50 の裾野同士が接合する位置「ニ」から翼後縁 24 に向かう平面（位置ニ、位置ホ、位置ヘを含む）で切断した面とを並べている。

【0047】

（内面における空気流れ）

図 18 および図 19 は、内面（負圧面に同じ）25 における空気流れを模式的に説明するものであって、図 18 の（a）は斜視図、図 18 の（b）は前縁から後縁に向かって見た正面図、図 19 の（a）は平面視の断面図、図 19 の（b）は比較のための平面視の断面図である。

10

図 18 において、空気流れ W22 は、翼前縁 23 に設置されたこぶ 50 によって、複数の小さな（狭い範囲の）螺旋状の空気流れである縦渦 W61 および縦渦 W62 が形成されている。

すなわち、翼前縁 23 にこぶ 50 が設置されない場合には、空気流れ W22 は内面（負圧面）25 と外面（正圧面）26 とに、内外（略二次面的）に分けられるものの、翼前縁 23 にこぶ 50 が設置された場合には、こぶ 50 によって、空気流れ W22 は内外および翼前縁 23 の方向（三次面的）に分けられる。

【0048】

このとき、位置イ、位置ロ、位置ニおよび位置ホによって囲まれた曲面（図 18 の（b）において、頂点に対して右側の斜面に同じ）に沿った空気流れは、正回転（時計回りの回転）をしながら翼後縁 24 方向に縦渦 W62 となる。すなわち、縦渦 W62 は、流れ方向に回転中心を有する旋回流である「正回転の縦渦」になる。

20

一方、位置イ、位置ロ、位置トおよび位置チによって囲まれた曲面（図 18 の（b）において、頂点に対して左側の斜面に同じ）に沿った縦渦 W61 は、「負正回転（反時計回りの回転）の縦渦」になる。

【0049】

図 19 の（a）において、こぶ 50 がある場合には、翼内面 25 には、回転方向が交互に変わる螺旋状の縦渦 W61、W62 が複数列に渡って形成されるから、翼内面 25 に空気流れの剥離が生じて、かかる剥離流は前記縦渦に巻き込まれるから、剥離に伴う乱流の発生が抑えられる。よって、ターボファン 300 を搭載した空気調和装置の騒音の発生が抑えられる。

30

一方、図 19 の（b）において、こぶ 50 がない場合には、剥離が抑制されないため、乱流 W63 が発生しているから、これを搭載した空気調和装置では騒音が発生するおそれがある。

【0050】

（内面に作用する揚力）

次に、こぶ 50 が有る場合の翼内面 25 に作用する揚力について説明する。

図 20 の（a）は、翼前縁 23 にこぶ 50 が設置されていない場合（二次元翼）であって、空気流れ W22 の主流の流れ方向 56 と、翼 22 の厚さ翼弦中心線 31 の翼前縁 23 における延長方向 57 とがなす角度を「迎角」とし、内面（負圧面）25 に働く揚力を「揚力 L」としている。

40

図 21 は、迎角と揚力との関係を示すものであって、縦軸は揚力 L を無次元化した揚力係数、横軸は迎角である。迎角を上げると揚力は上昇していくが、負圧面側に剥離を生じて揚力は低下し始める。揚力係数のピークは通常 15 度～20 度となることが知られており、この場合は約 16 度であった。

【0051】

図 20 の（b）において、翼前縁 23 にこぶ 50 が設置された場合には、前記のように、交互に回転方向が変わる縦渦が複数列形成されるから、剥離が抑えられると共に、かかる複数の縦渦は、表面から離れた場所を流れる比較的流れ速度の速い高速流を巻き込み、

50

表面近くに移動させる作用があるから、渦（乱流）の発生が抑えられる。

このため、翼 2 2 の前縁 2 3 にこぶ 5 0 を付けることで、迎角 θ を上げた場合においても翼 2 2 の失速を防ぐことができ、揚力 L を増加させることができる。なお、ターボファン 3 0 0 の場合の迎角 θ は、流入角 θ_1 と入口角 θ_2 との差 ($\theta = \theta_1 - \theta_2$) に相当している。

【 0 0 5 2 】

以上のように、ターボファン 3 0 0 は、羽根の翼前縁 2 3 に複数のこぶ 5 0 を設置したので、入口角 θ_2 と流入角 θ_1 とのズレが大きい場合においても、内面（負圧面）2 5 側における剥離が抑制されて大規模渦（W 9）が発生しない。よって、ターボファン 3 0 0 を搭載した空調装置では、騒音および消費電力を削減することができる。

10

【 0 0 5 3 】

（その他の形態）

図 2 2 は本発明の実施の形態 3 に係るターボファンのバリエーションを説明する一部を透過した側面図である。図 2 2 において、ターボファン 3 1 0 は、翼前縁 2 3 の全体に、こぶ 5 0 が設置された翼 3 2 2 b を有する。このとき、翼 2 2 の全域（領域 A、領域 B および領域 C）において、ターボファン 3 0 0 と同様の作用効果が得られる。

なお、本発明は、ターボファンの形態を図示するものに限定するものではなく、たとえば、こぶ 5 0 を翼 2 2 の領域 A および領域 C に設置してもよい。

また、こぶ 5 0 の形状（大きさ、突出量や頂点の尖りの程度等）や間隔は限定するものではなく、内面（負圧面）2 5 側に縦渦 W 6 1、W 6 2 を発生させて剥離を抑制できるものであれば、山の高さ、幅は問わない。また、等間隔で配置して記載したが、間隔をランダムにしても同等の効果を奏する。

20

【 0 0 5 4 】

〔実施の形態 4〕

図 2 3 ~ 図 2 6 は本発明の実施の形態 4 に係るターボファンを説明するものであって、図 2 3 は斜視図、図 2 4 ~ 図 2 6 は一部を拡大して示す平面視の断面図である。なお、実施の形態 2 と同じ部分または相当する部分には同じ符号を付し、一部の説明を省略する。また、図 2 3 において、シュラウド外周 2 1 b と主板外周 2 0 b との間隔（回転中心 O と平行な間隔）を「h」としている。

ターボファン 4 0 0 は、翼 4 2 2 を有している。翼 4 2 2 は主板 2 0 寄りの「0.5h」の範囲が、ターボファン 4 0 0（実施の形態 2）の翼 2 2 と同じ形状である。また、翼 4 2 2 は翼前縁 4 2 3 に近い範囲は、主板 2 0 からシュラウド 2 1 の範囲（全高さ）において、翼 2 2 は翼前縁 2 3 に近い範囲の形状に同じである。

30

【 0 0 5 5 】

しかしながら、翼 4 2 2 の翼後縁 4 2 4 は、主板 2 0 から高さ「0.5h」よりシュラウド 2 1 に近い範囲（第 4 領域に相当する）において、シュラウド 2 1 に近づくほど、翼 2 2 の後縁 2 4 よりも、回転方向に対して遅れるように形成されている。

すなわち、翼 2 2 の後縁 2 4 は回転中心 O に平行であって、図 2 3 において、「位置あ」と「位置え」とを結ぶ線上に位置していた。一方、翼 4 2 2 の後縁 4 2 3 は、主板 2 0 から高さ「0.5h」の「位置い」よりも高い範囲で、シュラウド 2 1 に近づくほど回転方向に対して遅れ、「位置え」においてシュラウド 2 1 に接続している。ここで、平面視において、回転中心 O から「位置う」を通過する放射線 7 2 と「位置え」を通過する放射線 7 1 とがなす角度 θ は、約 8.5°であった（図 2 4 参照）。

40

【 0 0 5 6 】

図 2 4 ~ 図 2 6 は、それぞれ C 2 断面、C 3 断面および C 4 断面（図 5 参照）における翼 4 2 2 の形状を示している。

たとえば、図 2 4 に示す C 2 断面では、翼 4 2 2 の翼後縁 4 2 4（C 2）の位置が、平面視で「位置お」にあるのに対し、翼 2 2 の翼後縁 2 4（C 2）は平面視で、「位置い（位置あ、位置う）」にあるから、角度 θ に近い角度だけ、回転方向に対して遅れている。

【 0 0 5 7 】

50

(動作)

次に動作について説明する。翼 4 2 2 の内面 (負圧面側) 4 2 5 と外面 (圧力面側) 4 2 6 に沿って流れた空気流れは後縁 4 2 3 において合流して、放射方向 (正確には、放射方向よりも回転方向に対して遅れ方向) に送風される。その際、速度差によって新たな乱れが発生する。

しかしながら、ターボファン 4 0 0 の翼 4 2 2 では、後縁 4 2 4 がシュラウド 2 1 に近づくにほど回転方向に対して遅れているから、翼 4 2 2 の内面 (負圧面側) 4 2 5 に沿った空気流れと外面 (圧力面側) 4 2 6 に沿った空気流れとが徐々に混合され、混合による乱れが抑制される。よって、ターボファン 4 0 0 を搭載した空気調和装置では、騒音および消費電力を削減することができる。

10

なお、翼 4 2 2 の翼後縁 4 2 4 が翼 2 2 の後縁 2 4 よりも回転方向に対して遅れる範囲 (第 4 領域) は、前記「 0 . 5 h 」よりもシュラウド 2 1 よりに限定するものではなく、これより広くしても、あるいは狭くしてもよい。

【 0 0 5 8 】

[実施の形態 5]

図 2 7 ~ 図 2 9 は本発明の実施の形態 5 に係るターボファンを説明するものであって、図 2 7 は部分を拡大して模式的に示す斜視図、図 2 8 は作用効果を説明する模式図、図 2 9 はバリエーションを示す斜視図である。なお、実施の形態 2 と同じ部分にはこれと同じ符号を付し、一部の説明を省略する。

図 2 7 において、ターボファン 5 0 0 は翼 5 2 2 を有している。翼 5 2 2 は翼後縁 2 4 の主板 2 0 寄りの範囲に、所定の間隔で 5 段に渡って水平方向のスリット 8 0 a . . . 8 0 e (以下まとめて「スリット 8 0 」と称する場合がある) が形成されている。

20

【 0 0 5 9 】

そして、スリット 8 0 a よりも主板 2 0 に近い範囲と、スリット 8 0 b とスリット 8 0 c とに挟まれた範囲と、スリット 8 0 d とスリット 8 0 e とに挟まれた範囲とが、回転方向 (矢印にて示す) に対して遅れる方向に延長され、それぞれ、延長後縁部 8 2 a と、延長後縁部 8 2 b と、延長後縁部 8 2 c とが形成されている (以下まとめて「延長後縁部 8 2 」と称する場合がある) 。

なお、スリット 8 0 a とスリット 8 0 b とに挟まれた帯状後縁部 8 1 a と、スリット 8 0 c とスリット 8 0 d とに挟まれた帯状後縁部 8 1 b と、スリット 8 0 e よりシュラウド 2 1 に近い帯状後縁部 8 1 c と (以下まとめて「帯状後縁部 8 1 」と称する場合がある) は、翼 2 2 の翼後縁 2 4 に同じ形状である。

30

【 0 0 6 0 】

すなわち、帯状後縁部 8 1 の最後端は、シュラウド外周 2 1 b と主板外周 2 0 b とが形成する仮想円筒上に位置し、回転中心 O に平行する「位置あ」、「位置い」および「位置え」を通過する直線上に位置している。

また、スリット 8 0 は、回転中心 O に平行で「位置さ」、「位置し」および「位置す」を通過する直線の位置まで切れ込まれている。すなわち、平面視において、回転中心 O から「位置す」を通過する放射線 8 3 は、「位置え」を通過する放射線 7 1 よりも回転方向に角度 3 だけ進んでいる。

40

そして、延長後縁部 8 2 の最後端は、シュラウド外周 2 1 b と主板外周 2 0 b とが形成する仮想円筒上に位置し、回転中心 O に平行する「位置か」、「位置き」および「位置く」を通過する直線上に位置している。すなわち、平面視において、回転中心 O から「位置く」を通過する放射線 8 4 は、「位置え」を通過する放射線 7 1 よりも回転方向に対して角度 4 だけ遅れている。

【 0 0 6 1 】

(動作)

図 2 8 は、ターボファン 5 0 0 の作用効果を説明する模式図であって、(a) は延長後縁部の作用を示す斜視図、(b) は延長後縁部がない場合を示す平面図である。

図 2 8 の (b) において、ターボファン 2 0 0 が回転すると、翼 2 2 からは、放射方向

50

よりも回転方向に対して遅れる方向に傾向いた方向に空気が吹き出される。このとき、ターボファン 200 の外周には所定の間隔を設けて熱交換器 4 が配置されている。

このため、熱交換器 4 のターボファン 200 側の熱交換器表面 41 と、ターボファン 200 との間において、円筒状に旋回する空気流れ W24 が形成される。空気流れ W24 は、あたかも筒体が熱交換器表面 41 に当接して転がるように、熱交換器表面 41 に沿って、回転方向に移動する。そうすると、熱交換器 4 に侵入する空気の流れが阻害され、熱交換が不十分になったり、調和空気流れ W4 の風量が減少するおそれがある。また、熱交換器表面 41 の回転方向の下流位置において、空気流れ W24 が消滅する際の振動で、騒音発生の一因になっている。

【0062】

10

図 28 の (b) において、ターボファン 500 が回転すると、帯状後縁部 81 の最後端と延長後縁部 82 の最後端とは、回転方向に対して位相が相違しているため、翼 522 から吹き出された空気、すなわち、帯状後縁部 81 および延長後縁部 82 から吹き出された空気によって、熱交換器 4 の熱交換器表面 41 とターボファン 500 との間において、それぞれ円筒状の空気流れ W81 および空気流れ W82 が形成されようとする。

しかしながら、空気流れ W81 と空気流れ W82 とは発生位置が相違するため、互いに干渉して、消滅または弱くなる。そうすると、熱交換器 4 に侵入する空気の流れは円滑になり、熱交換や調和空気流れ W4 の風量が保証され、さらに、騒音の発生が抑えられる。

【0063】

なお、本発明は、スリット 80 の数や切り込みの深さ (3) あるいは延長後縁部 82 の延長量 (4) を限定するものではなく、スリット 80 それぞれの切り込みの深さ (3) や延長後縁部 82 それぞれの延長量 (4) は相違してもよい。さらに、スリット 80 を形成する範囲 (第 5 領域に相当する) は後縁 24 の所定範囲、たとえば、主板 20 からシュラウド 21 に至る広い範囲であってもよい。

20

【0064】

また、延長後縁部 82 は、ターボファン 300 (実施の形態 3、こぶ 50 付き) またはターボファン 400 (実施の形態 4、翼後縁 24 のシュラウド 21 寄りが遅れている) の何れに形成してもよい。参考までに、ターボファン 400 の翼後縁 424 に延長後縁部 82 を形成したターボファン 600 として、図 29 に示す。

【産業上の利用可能性】

30

【0065】

本発明によれば、騒音および消費電力を低減することができるから、各種機器の送風手段を構成するターボファンとして、また、事業用または家庭用の各種空気調和装置として広く利用することができる。

【符号の説明】

【0066】

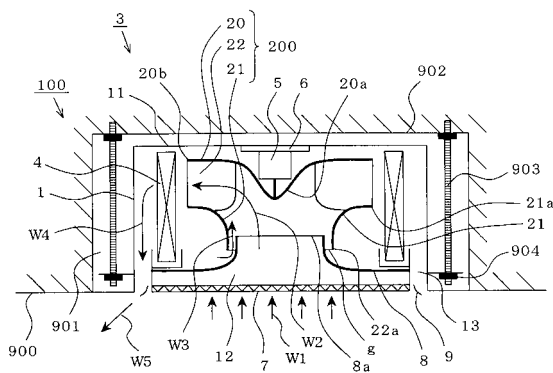
1 : 筐体、4 : 熱交換器、5 : モーター、6 : モーター取り付け用部材、7 : フィルター、8 : ベルマウス、8a : ベルマウス端縁、9 : フラップ、12 : 吸込口、13 : 吹出口、20 : 主板、20a : 主板膨らみ部、20b : 主板外周、20c : 主板冷却孔、21 : シュラウド、21a : シュラウド端縁、21b : ベルマウス外周、21c : 縮径範囲、21d : 縮径範囲、22 : 翼、23 : 翼前縁、24 : 翼後縁、25 : 翼内面、26 : 翼外面、27 : 仮想面、28 : 凹状部、31 : 翼弦中心線、32 : 直線、41 : 熱交換器表面、56 : 流れ方向、57 : 延長方向、71 : 放射線、72 : 放射線、80a : スリット、80b : スリット、80c : スリット、80d : スリット、80e : スリット、81a : 帯状後縁部、81b : 帯状後縁部、81c : 帯状後縁部、82a : 延長後縁部、82b : 延長後縁部、82c : 延長後縁部、83 : 放射線、84 : 放射線、91 : 凹状部開始円、92 : 凹状部終了円、1 : 流入角、1 : 入口角、1 : 迎角、3 : 角度、4 : 角度、100 : 空気調和装置 (実施の形態 1)、200 : ターボファン (実施の形態 2)、300 : ターボファン (実施の形態 3)、310 : ターボファン (実施の形態 3)、322 : 翼、322b : 翼、400 : ターボファン (実施の形態 4)、422 : 翼、423 : 翼

40

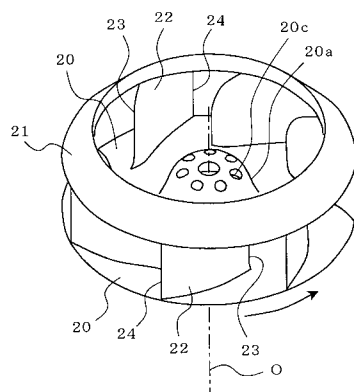
50

前縁、424：翼後縁、500：ターボファン（実施の形態5）、522：翼、600：ターボファン（実施の形態5）、900：天井、901：凹部、902：壁、903：ボルト、904：ナット、O：回転中心、W1：吸込流れ、W2：内部流れ、W20：空気流れ、W21：空気流れ、W22：空気流れ、W24：空気流れ、W3：ギャップ流れ、W4：調和空気流れ、W5：吹出流れ、W61：縦渦、W62：縦渦、W63：乱流、W8：渦、W81：空気流れ、W82：空気流れ、W9：剥離渦、g：ギャップ。

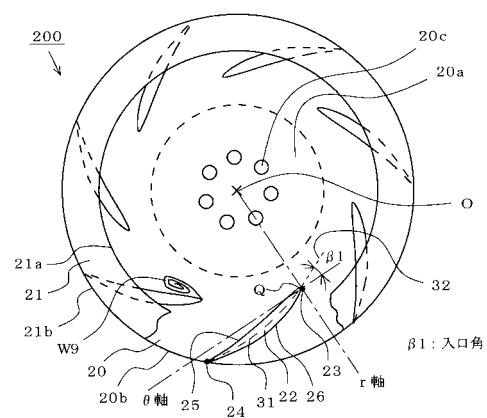
【図1】



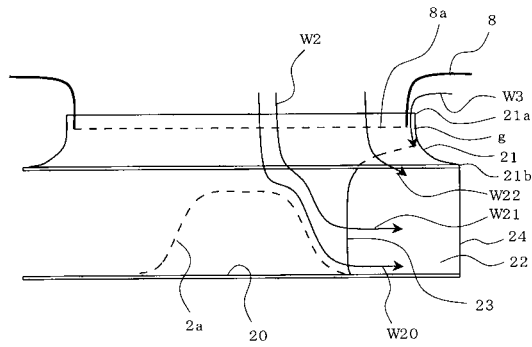
【図2】



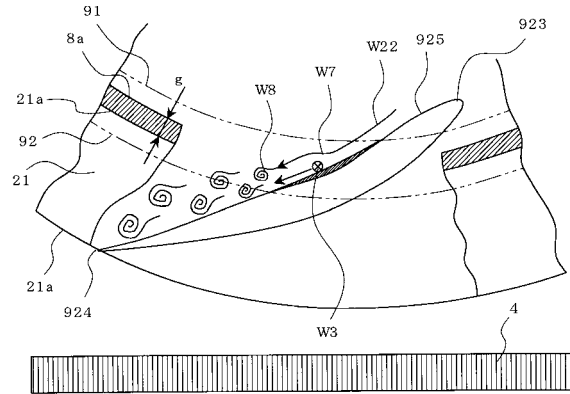
【図3】



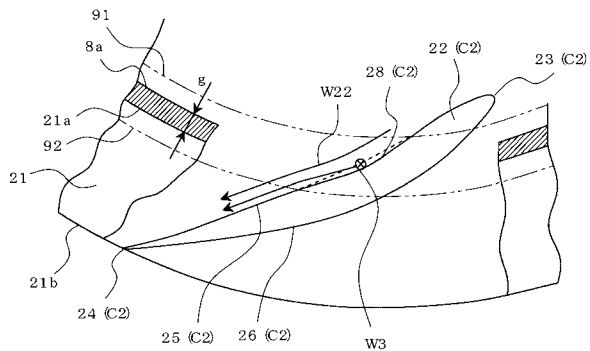
【図12】



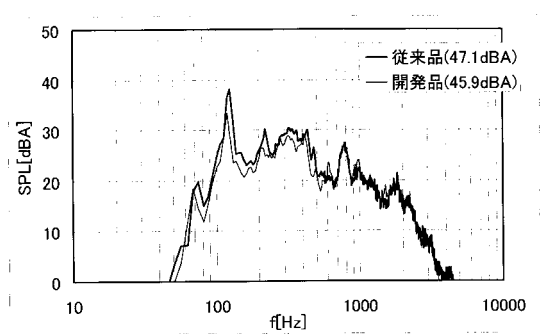
【図14】



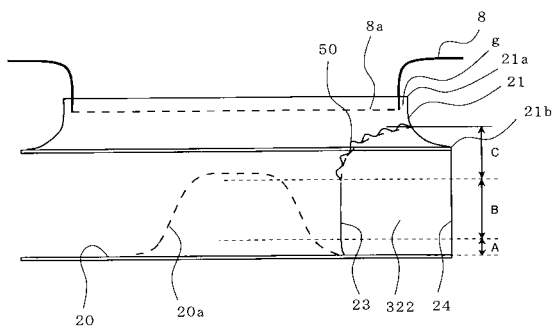
【図13】



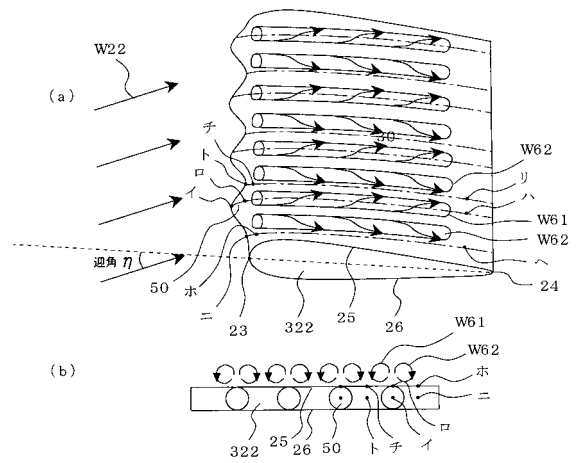
【図15】



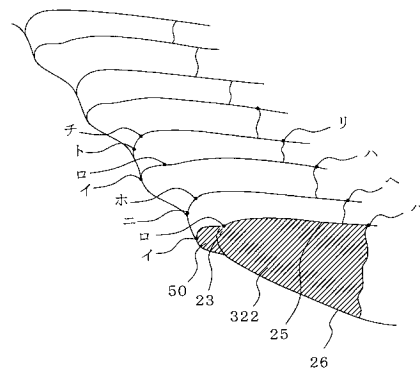
【図16】



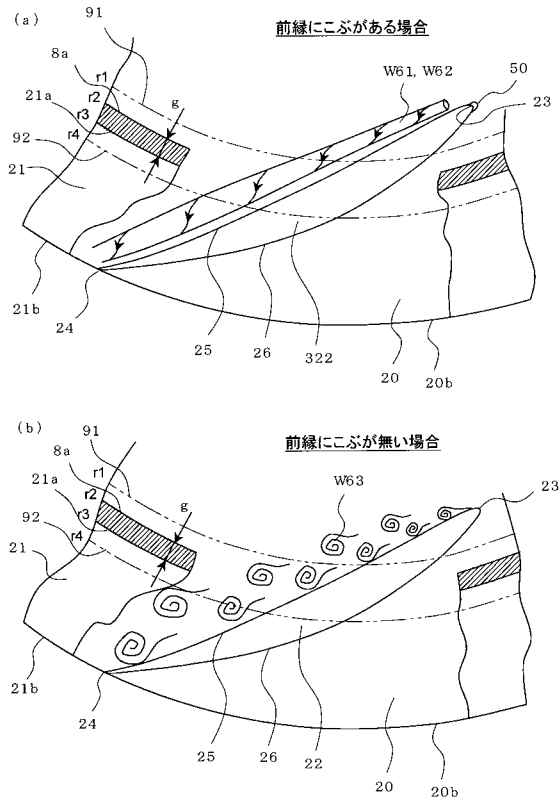
【図18】



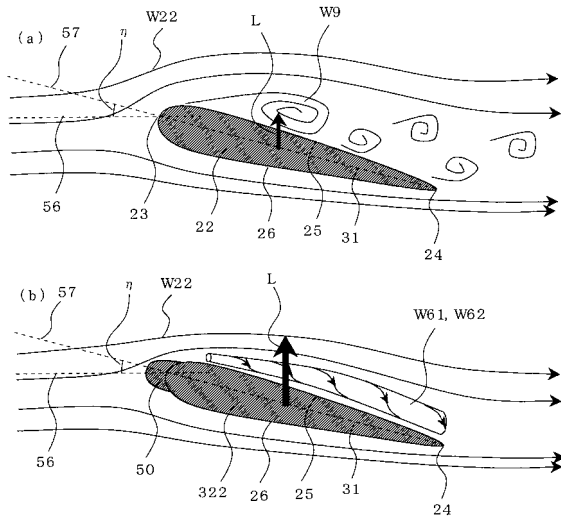
【図17】



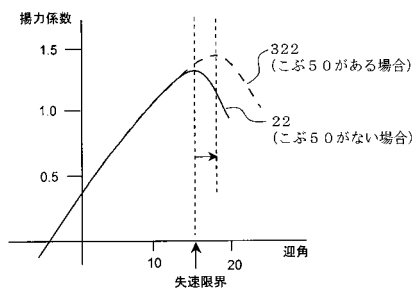
【図 19】



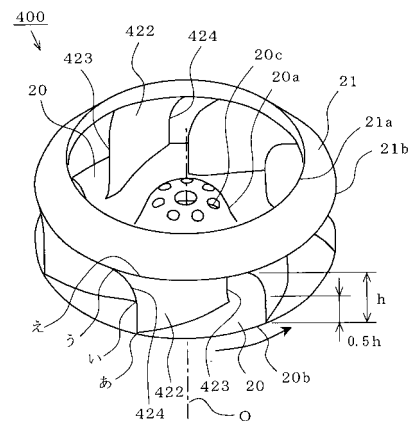
【図 20】



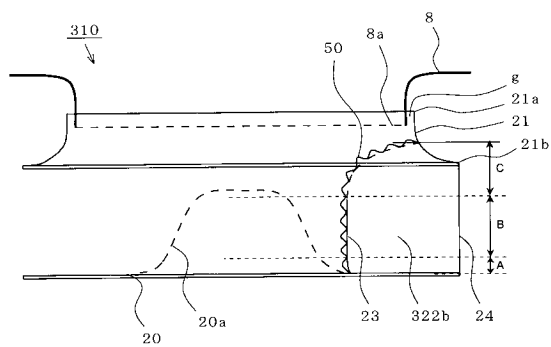
【図 21】



【図 23】



【図 22】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 一隆
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 久保 和也
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 枝吉 敦史
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 池田 尚史
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 中島 誠治
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 尾崎 和寛

(56)参考文献 特開2003-206892(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04D 29/28 ~ 29/30
F24F 1/00