

明 細 書

発明の名称：貫流ファン、成型用金型および流体送り装置

技術分野

[0001] この発明は、一般的には、貫流ファン、成型用金型および流体送り装置に関し、より特定のには、空気調和機や空気清浄機などに用いられる貫流ファン、その貫流ファンの製造に用いられる成型用金型およびその貫流ファンを備える流体送り装置に関する。

背景技術

[0002] 従来の貫流ファンについて、たとえば、特開２００７－２１３５２号公報には、設置面積を小さくするとともに、送風能力を高めることを目的とした空気清浄機が開示されている（特許文献１）。特許文献１に開示された空気清浄機においては、左右端部にそれぞれ吸気口と吹き出し口とを有する本体内に、モータにより駆動される縦長のクロスフローファンが配置されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２００７－２１３５２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 近年、地球環境の保全のため、家庭用の電気機器のさらなる省エネルギー化が求められている。たとえば、空気調和機（エアコンディショナ）や空気清浄機といった電気機器の効率は、それに内包される送風機の効率に大きく依存することが知られている。また、回転物体として送風機に設けられたファンブレードの重量を軽量化することにより、ファンブレードを回転駆動するためのモータの消費電力が低減し、送風機または流体送り装置としての効率が向上することが知られている。

[0005] しかしながら、ファンブレードの断面形状として採用される翼型（aerofoi

1) は、そもそも航空機の翼への適用を想定しており、主に航空工学分野において見い出されたものである。このため、翼型のファンブレードは、主に高レイノルズ数領域で最適化されており、家庭用の空気調和機や空気清浄機といった低レイノルズ数領域で用いられるファンブレードの断面としては、必ずしも適切であるとは言えない。

[0006] また、ファンブレードの断面形状として翼型や二重円弧が採用される場合、ファンブレードの前縁から30～50%の範囲に厚肉部が存在する。このため、ファンブレードの重量が大きくなり、回転時の摩擦損失などが増大する原因となる。しかしながら、単にファンブレードを軽量化するだけでは、ファンブレードの強度が低下し、割れやその他の品質不良が発生するおそれがある。

[0007] 以上の理由から、家庭用の空気調和機や空気清浄機といった電気機器の省エネルギー化のため、低レイノルズ数領域で用いられるファンブレードとして適切な翼断面形状が求められている。また、揚抗比が高く、かつ、薄くて軽く、強度が高い、翼断面形状が求められている。

[0008] 送風機に用いられるファンとしては、ファンの回転軸に平行な平面状の吹き出し流れを形成する貫流ファン（クロスフローファン）がある。その貫流ファンの用途の代表的な例として、空気調和機が挙げられる。家庭用の電気機器のさらなる省エネルギー化が求められる中、空気調和機の低消費電力化は優先順位が高い。この空気調和機の低消費電力化のため、風量を増加させたいといった要請がある。風量を増加させると熱交換器の蒸発や凝縮の性能が増加し、その分、圧縮機の消費電力を低減することができる。しかしながら、風量を増加させると、ファンの消費電力は増大するため、圧縮機における消費電力の低減分とファンの消費電力の増大分との差引きが低消費電力化された分となり、ファンの風量を増加する効果を最大限に得ることはできない。また、ファンの風量を増加させる手段として、同じファンで回転数を上げる場合、空気調和機の騒音が増大してしまう。

[0009] また、貫流ファンの用途の他の例として、空気清浄機が挙げられている。

空気清浄機の要請として、集塵能力の増加すなわち風量増加と、低騒音化とがあるが、これら2つの間には二律背反の関係がある。

[0010] これらの両方を満足するためには、空気清浄機の吸い込み口および吹き出し口からの騒音の低減だけでなく、空気を送り出す貫流ファンの騒音を根本的に低減しなければならない。また、風量増加のためには、貫流ファンの回転数を高める必要がある。貫流ファンの回転数を高める場合、ファンに対する入力の高減が必要である。また、ファンブレードの強度を、貫流ファンの回転数の増加に伴って生じる遠心力の増大に打ち勝つほどに増大させる必要がある。

[0011] そこでこの発明の目的は、上記の課題を解決することであり、優れた送風能力を発揮する貫流ファン、その貫流ファンの製造に用いられる成型用金型およびその貫流ファンを備える流体送り装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] この発明に従った貫流ファンは、周方向に互いに間隔を隔てて設けられる複数の羽根部を備える。羽根部は、内周側に配置され、空気が流出入する内縁部と、外周側に配置され、空気が流出入する外縁部とを有する。羽根部には、内縁部と外縁部との間で延在する翼面が形成される。翼面は、貫流ファンの回転方向の側に配置される正圧面と、正圧面の裏側に配置される負圧面とからなる。羽根部は、貫流ファンの回転軸に直交する平面により切断された場合に、正圧面および負圧面に凹部が形成される翼断面形状を有する。正圧面および負圧面の少なくともいずれか一方には、複数の凹部が形成される。

[0013] このように構成された貫流ファンによれば、貫流ファンの回転時に、外縁部から流入し、翼面を通過し、内縁部から流出する空気流れと、内縁部から流入し、翼面を通過し、外縁部から流出する空気流れとが、交互に各羽根部において発生する。この際、凹部に空気流れの渦（2次流れ）が生成されることによって、翼面を通過する空気流れ（主流）は、凹部に生じた渦の外側に沿って流れる。これにより、羽根部は、渦が形成された分だけ翼断面形状

が厚肉化された厚肉翼のような挙動を示す。結果、貫流ファンの送風能力を向上させることができる。

[0014] また好ましくは、羽根部は、内縁部と外縁部との間で延びる翼断面形状の中心線が複数箇所で屈曲してなる屈曲部を有する。凹部は、屈曲部により形成される。このように構成された貫流ファンによれば、屈曲部により形成された凹部に空気流れの渦が生成されるため、貫流ファンの送風能力を向上させることができる。

[0015] また好ましくは、屈曲部は、少なくとも1箇所で、凹部の深さが羽根部の厚みよりも大きくなるように屈曲する。このように構成された貫流ファンによれば、凹部に空気流れの渦をより確実に生成することができる。

[0016] また好ましくは、凹部は、内縁部および外縁部の近傍に形成される。このように構成された貫流ファンによれば、内縁部および外縁部の近傍において凹部による上記効果が生じ、高い揚力を発生させることができる。また、屈曲部の形成により、内縁部の近傍において羽根部の強度を向上させることができる。

[0017] また好ましくは、凹部は、内縁部と外縁部との間の翼中央部に形成される。このように構成された貫流ファンによれば、翼中央部において凹部による上記効果が生じ、羽根部が翼として安定した能力を発揮することができる。また、屈曲部の形成により、翼中央部において羽根部の強度を向上させることができる。

[0018] また好ましくは、凹部は、貫流ファンの回転軸方向における翼面の一方端から他方端にまで延びて形成される。このように構成された貫流ファンによれば、貫流ファンの回転軸方向における翼面の一方端から他方端にまで延びて形成される凹部に、空気流れの渦が生成されるため、貫流ファンの送風能力をより効果的に向上させることができる。

[0019] また好ましくは、凹部は、正圧面および負圧面に、内縁部と外縁部とを結ぶ方向において繰り返し現れるように形成される。このように構成された貫流ファンによれば、正圧面および負圧面に繰り返し現れる凹部に空気流れの

渦が生成されるため、貫流ファンの送風能力をより効果的に向上させることができる。

[0020] また好ましくは、正圧面に形成される凹部が、負圧面において凸部を構成し、負圧面に形成される凹部が、正圧面において凸部を構成する。このように構成された貫流ファンによれば、正圧面および負圧面に凹部が形成される翼断面形状を容易に得ることができる。

[0021] また好ましくは、翼断面形状において、凹部は翼面に現れる凸部間に形成される。凹部と凸部とは、内縁部と外縁部とを結ぶ方向において交互に並んで形成される。このように構成された貫流ファンによれば、凸部間に形成された凹部に空気流れの渦が生成されるため、送風能力をより効果的に向上させることができる。

[0022] また好ましくは、羽根部は、内縁部と外縁部との間でほぼ一定の厚みの翼断面形状を有する。このように構成された貫流ファンによれば、ほぼ一定の厚みの翼断面形状を有する羽根部を用いた場合であっても、送風能力を向上させることができる。

[0023] また好ましくは、翼断面形状は、略W字状の形状をなす。このように構成された貫流ファンによれば、翼断面形状に現れる凹部に空気流れの渦が生成されるため、貫流ファンの送風能力を向上させることができる。

[0024] また好ましくは、貫流ファンは、樹脂により形成される。このように構成された貫流ファンによれば、軽量かつ高強度の樹脂製の貫流ファンを実現することができる。

[0025] この発明に従った成型用金型は、上述に記載の貫流ファンを成型するために用いられる。このように構成された成型用金型によれば、軽量かつ高強度の樹脂製の貫流ファンを製造することができる。

[0026] この発明に従った流体送り装置は、上述のいずれかに記載の貫流ファンと、貫流ファンに連結され、複数の羽根部を回転させる駆動モータとから構成される送風機を備える。このように構成された流体送り装置によれば、送風能力を高く維持しつつ、駆動モータの消費電力を低減することができる。

発明の効果

[0027] 以上に説明したように、この発明に従えば、優れた送風能力を発揮する貫流ファン、その貫流ファンの製造に用いられる成型用金型およびその貫流ファンを備える流体送り装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1] この発明の実施の形態 1 における貫流ファンを示す側面図である。

[図2] 図 1 中の I I - I I 線上に沿った貫流ファンを示す断面斜視図である。

[図3] 図 1 中の貫流ファンに設けられたファンブレードを示す断面図である。

[図4] 図 1 中に示す貫流ファンが用いられる空気調和機を示す断面図である。

[図5] 図 4 中の空気調和機の吹き出し口近傍を拡大して示す断面図である。

[図6] 図 4 中の空気調和機の吹き出し口近傍に生じる空気流れを示す断面図である。

[図7] 図 5 中に示す上流側領域において、ファンブレードの翼面上で生じる現象を表わした断面図である。

[図8] 図 7 中に示すファンブレードを模式的に表わした図である。

[図9] 図 5 中に示す下流側領域において、ファンブレードの翼面上で生じる現象を表わした断面図である。

[図10] 図 9 中に示すファンブレードを模式的に表わした図である。

[図11] 図 1 中の貫流ファンの第 1 変形例を示す断面図である。

[図12] 図 1 中の貫流ファンの第 2 変形例を示す断面図である。

[図13] 図 1 中の貫流ファンの第 3 変形例を示す断面図である。

[図14] 図 1 中の貫流ファンの製造時に用いられる成型用金型を示す断面図である。

[図15] 本実施例において、貫流ファンの風量と駆動用のモータの消費電力との関係を示すグラフである。

[図16] 本実施例において、貫流ファンの風量と騒音値との関係を示すグラフである。

[図17] 本実施例において、貫流ファンの圧力流量特性を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0029] この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、以下で参照する図面では、同一またはそれに相当する部材には、同じ番号が付されている。

[0030] (実施の形態 1)

図 1 は、この発明の実施の形態 1 における貫流ファンを示す側面図である。図 2 は、図 1 中の I I - I I 線上に沿った貫流ファンを示す断面斜視図である。

[0031] 図 1 および図 2 を参照して、本実施の形態における貫流ファン（クロスフローファン）10 は、複数のファンブレード 21 を有する。貫流ファン 10 は、全体として略円筒形の外観を有し、複数のファンブレード 21 は、その略円筒形の側面に配置されている。貫流ファン 10 は、樹脂により一体に形成されている。貫流ファン 10 は、図中に示す仮想上の中心軸 101 を中心に、矢印 103 に示す方向に回転する。

[0032] 貫流ファン 10 は、回転する複数のファンブレード 21 によって、回転軸である中心軸 101 に直交する方向に送風するファンである。貫流ファン 10 は、中心軸 101 の軸方向から見た場合に、中心軸 101 に対して一方の側の外側空間からファンの内側空間に空気を取り込み、さらに取り込んだ空気を中心軸 101 に対して他方の側の外側空間に送り出すファンである。貫流ファン 10 は、中心軸 101 に直交する平面内において中心軸 101 に交差する方向に流れる空気流れを形成する。貫流ファン 10 は、中心軸 101 に平行な平面状の吹き出し流れを形成する。

[0033] 貫流ファン 10 は、家庭用の電気機器などのファンに適用される低レイノルズ数領域の回転数で使用される。

[0034] 貫流ファン 10 は、中心軸 101 の軸方向に並べられた複数の羽根車 12 が組み合わさって構成されている。各羽根車 12 において、複数のファンブレード 21 は中心軸 101 を中心に周方向に互いに間隔を隔てて設けられている。

- [0035] 貫流ファン１０は、支持部としての外周枠１３をさらに有する。外周枠１３は、中心軸１０１を中心に環状に延在するリング形状を有する。外周枠１３は、端面１３ａおよび端面１３ｂを有する。端面１３ａは、中心軸１０１の軸方向に沿った一方の方向に面して形成されている。端面１３ｂは、端面１３ａの裏側に配置され、中心軸１０１の軸方向に沿った他方の方向に面して形成されている。
- [0036] 外周枠１３は、中心軸１０１の軸方向において隣り合う羽根車１２間に介在するように設けられている。
- [0037] 互いに隣り合って配置された図１中の羽根車１２Ａおよび羽根車１２Ｂに注目すると、羽根車１２Ａに設けられる複数のファンブレード２１は、端面１３ａ上に立設され、中心軸１０１の軸方向に沿って板状に延在するように形成されている。羽根車１２Ｂに設けられる複数のファンブレード２１は、端面１３ｂ上に立設され、中心軸１０１の軸方向に沿って板状に延在するように形成されている。
- [0038] 複数のファンブレード２１は、互いに同一形状を有する。本実施の形態では、複数のファンブレード２１が、中心軸１０１を中心する周方向においてランダムなピッチで配置されている。
- [0039] ファンブレード２１は、内縁部２６および外縁部２７を有する。内縁部２６は、ファンブレード２１の内周側の端部に配置されている。外縁部２７は、ファンブレード２１の外周側の端部に配置されている。ファンブレード２１は、内縁部２６から外縁部２７に向けて中心軸１０１を中心とする周方向に傾斜して形成されている。ファンブレード２１は、内縁部２６から外縁部２７に向けて貫流ファン１０の回転方向に傾斜して形成されている。
- [0040] ファンブレード２１には、正圧面２５および負圧面２４からなる翼面２３が形成されている。正圧面２５は、貫流ファン１０の回転方向の側に配置され、負圧面２４は、正圧面２５の裏側に配置されている。貫流ファン１０の回転時、翼面２３上で空気流れが発生するのに伴って、正圧面２５で相対的に大きく、負圧面２４で相対的に小さくなる圧力分布が生じる。ファンブレ

ード２１は、正圧面２５側が凹となり、負圧面２４側が凸となるように、内縁部２６と外縁部２７との間で全体的に湾曲した形状を有する。

[0041] 図３は、図１中の貫流ファンに設けられたファンブレードを示す断面図である。図３中には、貫流ファン１０の回転軸である中心軸１０１に直交する平面で切断した場合のファンブレード２１の翼断面形状が示されている。

[0042] 図１から図３を参照して、ファンブレード２１は、中心軸１０１の軸方向におけるいずれの位置で切断されても同一の翼断面形状を有するように形成されている。ファンブレード２１は、薄肉の翼断面形状を有するように形成されている。ファンブレード２１は、内縁部２６と外縁部２７との間でほぼ一定の厚み（正圧面２５と負圧面２４との間の長さ）を有するように形成されている。

[0043] ファンブレード２１は、翼面２３の正圧面２５に凹部５７が形成され、翼面２３の負圧面２４に凹部５６が形成される翼断面形状を有する。正圧面２５および負圧面２４の少なくともいずれか一方には、複数の凹部５６，５７が形成される。

[0044] 本実施の形態では、正圧面２５に、複数の凹部５７（凹部５７ｐ，５７ｑ）が形成されている。正圧面２５には、凸部５２（５２ｐ，５２ｑ，５２ｒ）がさらに形成されている。凸部５２は、貫流ファン１０の回転方向に向けて突出して形成されている。互いに隣り合って配置された凸部５２間の谷部分によって、凹部５７が形成されており、たとえば、凸部５２ｐと凸部５２ｑとの間の谷部分によって凹部５７ｐが形成されている。凹部５７と凸部５２とは、内縁部２６と外縁部２７とを結ぶ方向において交互に並んで形成されている。凹部５７は、略Ｕ字状の断面形状を有する。

[0045] 負圧面２４には、複数の凸部５１（凸部５１ｐ，５１ｑ）がさらに形成されている。凸部５１は、貫流ファン１０の回転方向とは反対方向に向けて突出して形成されている。互いに隣り合って配置された凸部５１間の谷部分によって、凹部５６が形成されており、本実施の形態では、凸部５１ｐと凸部５１ｑとの間の谷部分によって凹部５６が形成されている。凹部５６と凸部

５１とは、内縁部２６と外縁部２７とを結ぶ方向において交互に並んで形成されている。凹部５６は、略Ｕ字状の断面形状を有する。

[0046] 凹部５７と凸部５１とは、それぞれ、正圧面２５および負圧面２４の表裏対応する位置に形成され、凸部５２と凹部５６とは、それぞれ、正圧面２５および負圧面２４の表裏対応する位置に形成されている。本実施の形態では、正圧面２５に形成される凹部５７が、負圧面２４において凸部５１を構成し、負圧面２４に形成される凹部５６が、正圧面２５において凸部５２を構成する。正圧面２５および負圧面２４において表裏対応して形成される凹部および凸部は、互いに同一の断面形状を有する。

[0047] 凹部５７、５６は、中心軸１０１の軸方向に沿って延びる溝形状をなす。凹部５７、５６からなる溝部は、中心軸１０１の軸方向におけるファンブレード２１の一方端と他方端との間で連続的に延びて形成されている。凹部５７、５６からなる溝部は、中心軸１０１の軸方向におけるファンブレード２１の一方端と他方端との間で直線状に延びて形成されている。

[0048] 本実施の形態では、正圧面２５に形成される凹部５７が負圧面２４に形成される凹部５６よりも多い数である。

[0049] 図３中には、ファンブレード２１の翼断面形状の厚み方向（正圧面２５と負圧面２４とを結ぶ方向）における中心線１０６が示されている。ファンブレード２１は、ファンブレード２１の翼断面形状の中心線１０６が内縁部２６と外縁部２７との間の複数箇所で屈曲する屈曲部４１を有する。凹部５６、５７は、その屈曲部４１により形成されている。

[0050] 本実施の形態では、ファンブレード２１が内縁部２６と外縁部２７との間の３箇所で屈曲部４１を有する。ファンブレード２１は、内縁部２６および外縁部２７の近傍にそれぞれ配置される屈曲部４１Ａと、内縁部２６および外縁部２７の間の翼中央部に配置される屈曲部４１Ｂとを有する。屈曲部４１Ａは、正圧面２５に凹部５７を形成し、負圧面２４に凸部５１を形成している。屈曲部４１Ｂは、正圧面２５に凸部５２を形成し、負圧面２４に凹部５６を形成している。

- [0051] このような構成により、凹部 5 7 が内縁部 2 6 および外縁部 2 7 の近傍に形成され、さらに、凹部 5 6 が内縁部 2 6 および外縁部 2 7 の間の翼中央部に形成されている。ファンブレード 2 1 は、略 W 字状の翼断面形状を有する。
- [0052] 屈曲部 4 1 は、少なくとも 1 箇所、凹部 5 6、5 7 の深さ T がファンブレード 2 1 の厚み t よりも大きくなるように屈曲する。屈曲部 4 1 は、内縁部 2 6 と外縁部 2 7 とを結ぶ方向において、折れ方向が交互に反対方向となるように形成されている。屈曲部 4 1 は、丸みを帯びるように折れ曲がって形成されている。屈曲部 4 1 は、角部をなすように折れ曲がって形成されてもよい。
- [0053] 以上に説明した、この発明の実施の形態 1 における貫流ファン 1 0 の構造についてまとめて説明すると、本実施の形態における貫流ファン 1 0 は、周方向に互いに間隔を隔てて設けられる複数の羽根部としてのファンブレード 2 1 を備える。ファンブレード 2 1 は、内周側に配置され、空気が流出入する内縁部 2 6 と、外周側に配置され、空気が流出入する外縁部 2 7 とを有する。ファンブレード 2 1 には、内縁部 2 6 と外縁部 2 7 との間で延在する翼面 2 3 が形成される。翼面 2 3 は、貫流ファン 1 0 の回転方向の側に配置される正圧面 2 5 と、正圧面 2 5 の裏側に配置される負圧面 2 4 とからなる。ファンブレード 2 1 は、貫流ファン 1 0 の回転軸としての中心軸 1 0 1 に直交する平面により切断された場合に、正圧面 2 5 および負圧面 2 4 に凹部 5 7、5 6 が形成される翼断面形状を有する。正圧面 2 5 および負圧面 2 4 の少なくともいずれか一方としての正圧面 2 5 には、複数の凹部 5 7 (5 7 p、5 7 q) が形成される。
- [0054] 続いて、図 1 中の貫流ファン 1 0 が用いられる空気調和機（エアコンディショナ）の構造について説明する。
- [0055] 図 4 は、図 1 中に示す貫流ファンが用いられる空気調和機を示す断面図である。図 4 を参照して、空気調和機 1 1 0 は、室内に設置され、室内側熱交換器 1 2 9 が設けられる室内機 1 2 0 と、室外に設置され、室外側熱交換器

および圧縮機が設けられる図示しない室外機とから構成されている。室内機 120 および室外機は、室内側熱交換器 129 と室外側熱交換器との間で冷媒ガスを循環させるための配管により接続されている。

[0056] 室内機 120 は、送風機 115 を有する。送風機 115 は、貫流ファン 10 と、貫流ファン 10 を回転させるための図示しない駆動モータと、貫流ファン 10 の回転に伴って、所定の気流を発生させるためのケーシング 122 とから構成されている。

[0057] ケーシング 122 は、キャビネット 122A およびフロントパネル 122B を有する。キャビネット 122A は、室内の壁面に支持されており、フロントパネル 122B は、キャビネット 122A に着脱自在に取り付けられている。フロントパネル 122B の下端部とキャビネット 122A の下端部との間隙には、吹き出し口 125 が形成されている。吹き出し口 125 は、室内機 120 の幅方向に延びる略矩形に形成され、前方下方に臨んで設けられている。フロントパネル 122B の上面には、格子状の吸い込み口 124 が形成されている。

[0058] フロントパネル 122B に対向する位置には、吸い込み口 124 から吸い込まれた空気に含まれる塵埃を捕集・除去するエアフィルタ 128 が設けられている。フロントパネル 122B とエアフィルタ 128 との間に形成される空間には、図示しないエアフィルタ清掃装置が設けられている。エアフィルタ清掃装置によって、エアフィルタ 128 に蓄積した塵埃が自動的に除去される。

[0059] ケーシング 122 の内部には、吸い込み口 124 から吹き出し口 125 に向けて空気が流通する送風通路 126 が形成されている。吹き出し口 125 には、左右方向の吹き出し角度を変更可能な縦ルーバ 132 と、上下方向の吹き出し角度を、前方上方、水平方向、前方下方および真下方向に変更可能な複数の横ルーバ 131 とが設けられている。

[0060] 送風通路 126 の経路上における、貫流ファン 10 とエアフィルタ 128 との間には、室内側熱交換器 129 が配置されている。室内側熱交換器 12

9は、上下方向に複数段、かつ前後方向に複数列に並設される蛇行した図示しない冷媒管を有する。室内側熱交換器129は、屋外に設置される室外機の圧縮機に接続されており、圧縮機の駆動によって冷凍サイクルが運転される。冷凍サイクルの運転によって、冷房運転時には室内側熱交換器129が周囲温度よりも低温に冷却され、暖房運転時には室内側熱交換器129が周囲温度よりも高温に加熱される。

[0061] 図5は、図4中の空気調和機の吹き出し口近傍を拡大して示す断面図である。図4および図5を参照して、ケーシング122は、前方壁部151および後方壁部152を有する。前方壁部151および後方壁部152は、互いに間隔を隔てて向い合って配置されている。

[0062] 送風通路126の経路上には、前方壁部151と後方壁部152との間に位置するように貫流ファン10が配置されている。前方壁部151には、貫流ファン10の外周面に向けて突出し、貫流ファン10と前方壁部151との隙間を微小とする突出部153が形成されている。後方壁部152には、貫流ファン10の外周面に向けて突出し、貫流ファン10と後方壁部152との隙間を微小とする突出部154が形成されている。

[0063] ケーシング122は、上側ガイド部156および下側ガイド部157を有する。送風通路126は、貫流ファン10よりも空気流れの下流側において、上側ガイド部156および下側ガイド部157によって規定されている。

[0064] 上側ガイド部156および下側ガイド部157は、それぞれ、前方壁部151および後方壁部152から連なり、吹き出し口125に向けて延在している。上側ガイド部156および下側ガイド部157は、貫流ファン10によって送り出された空気を、上側ガイド部156が内周側となり、下側ガイド部157が外周側となるように湾曲させ、前方下方へと案内するように形成されている。上側ガイド部156および下側ガイド部157は、貫流ファン10から吹き出し口125に向かうほど、送風通路126の断面積が拡大するように形成されている。

[0065] 本実施の形態では、前方壁部151および上側ガイド部156がフロント

パネル 122B に一体に形成されている。後方壁部 152 および下側ガイド部 157 がキヤビネット 122A に一体に形成されている。

[0066] 図 6 は、図 4 中の空気調和機の吹き出し口近傍に生じる空気流れを示す断面図である。図 5 および図 6 を参照して、送風通路 126 上の経路上には、貫流ファン 10 よりも空気流れの上流側に位置して上流側外側空間 146 が形成され、貫流ファン 10 の内側（周方向に配列された複数のファンブレード 1 の内周側）に位置して内側空間 147 が形成され、貫流ファン 10 よりも空気流れの下流側に位置して下流側外側空間 148 が形成されている。

[0067] 貫流ファン 10 の回転時、突出部 153、154 を境にして送風通路 126 の上流側領域 141 には、上流側外側空間 146 からファンブレード 1 の翼面 23 上を通って内側空間 147 に向かう空気流れ 161 が形成され、突出部 153、154 を境にして送風通路 126 の下流側領域 142 には、内側空間 147 からファンブレード 1 の翼面 23 上を通って下流側外側空間 148 に向かう空気流れ 161 が形成される。このとき、前方壁部 151 に隣接する位置には、空気流れの渦 162 が形成される。

[0068] 図 7 は、図 5 中に示す上流側領域において、ファンブレードの翼面上で生じる現象を表わした断面図である。図 8 は、図 7 中に示すファンブレードを模式的に表わした図である。

[0069] 図 7 および図 8 を参照して、上流側領域 141 において、上流側外側空間 146 から内側空間 147 に向かう空気流れが形成されるとき、ファンブレード 21 の翼面 23 上では、外縁部 27 から流入し、翼面 23 上を通過し、内縁部 26 から流出する空気流れが発生する。この際、正圧面 25 に形成された凹部 57 には、時計回りの空気流れの渦 63（2 次流れ）が形成され、負圧面 24 に形成された凹部 56 には、反時計回りの空気流れの渦 62 が生成される。これにより、翼面 23 上を通過する空気流れ 61（主流）は、凹部 57、56 に生じた渦 63、62 の外側に沿って流れる。

[0070] 図 9 は、図 5 中に示す下流側領域において、ファンブレードの翼面上で生じる現象を表わした断面図である。図 10 は、図 9 中に示すファンブレード

を模式的に表わした図である。

- [0071] 図9および図10を参照して、下流側領域142において、内側空間147から下流側外側空間148に向かう空気流れが形成されるとき、ファンブレード21の翼面23上では、内縁部26から流入し、翼面23上を通過し、外縁部27から流出する空気流れが発生する。この際、正圧面25に形成された凹部57には、反時計回りの空気流れの渦68（2次流れ）が形成され、負圧面24に形成された凹部56には、時計回りの空気流れの渦67が生成される。これにより、翼面23上を通過する空気流れ66（主流）は、凹部57、56に生じた渦68、67の外側に沿って流れる。
- [0072] すなわち、貫流ファン10においては、ファンブレード21が上流側領域141から下流側領域142に移動すると、翼面23上における空気の流れ方向が反転し、これに伴って、凹部57、56に生じる渦の回転方向も反転する。
- [0073] 本実施の形態における貫流ファン10においては、ファンブレード21が、薄肉の翼断面形状を有するにもかかわらず、渦（2次流れ）が形成された凹部57、56の深さの分だけ翼断面形状が厚肉化された厚肉翼のような挙動を示す。この結果、ファンブレード21で生じる揚力を大幅に増大させることができる。また、屈曲部41による屈曲構造によってファンブレード21の強度を向上させることができる。この結果、貫流ファン10の強度に対する信頼性を向上させることができる。
- [0074] また、本実施の形態における貫流ファン10においては、凹部56が内縁部26および外縁部27の間の翼中央部に形成されている。このような構成により、翼中央部で生じる気流の剥離を抑制するという効果がさらに得られる。これにより、貫流ファン10で発生する広帯域騒音を効果的に抑制することができる。
- [0075] このように構成された、この発明の実施の形態1における貫流ファン10によれば、家庭用の電気機器などのファンに適用される低レイノズル数領域において、ファンブレード21の回転に伴って生じる揚力を大幅に増大させ

ることができる。これにより、貫流ファン１０の駆動のための消費電力を低減することができる。

[0076] また、本実施の形態における貫流ファン１０においては、屈曲部４１によってファンブレード２１の強度を向上させつつ、その分だけファンブレード２１を薄肉化することができる。これにより、貫流ファン１０を軽量化したり、低コスト化したりすることができる。以上の理由により、揚抗比が高く、かつ、薄くて軽く、強度が高い翼断面形状を有する貫流ファン１０を実現することができる。

[0077] また、この発明の実施の形態１における空気調和機１１０によれば、送風能力に優れた貫流ファン１０を用いることによって、貫流ファン１０を駆動させるための駆動モータの消費電力を低減させることができる。これにより、省エネルギー化に貢献可能な空気調和機１１０を実現することができる。

[0078] なお、本実施の形態では、空気調和機を例に挙げて説明したが、この他に、たとえば、空気清浄機や加湿機、冷却装置、換気装置などの流体を送り出す装置に、本発明における貫流ファンを適用することが可能である。

[0079] （実施の形態２）

本実施の形態では、実施の形態１における貫流ファン１０の各種変形例について説明する。

[0080] 図１１は、図１中の貫流ファンの第１変形例を示す断面図である。図１１を参照して、ファンブレード２１は、正圧面２５に凹部７７が形成され、負圧面２４に凹部７６が形成される翼断面形状を有する。

[0081] 正圧面２５には、複数の凸部７２（７２ｐ，７２ｑ）がさらに形成されている。隣り合う凸部７２間の谷部分によって、凹部７７が形成されている。本変形例では、負圧面２４に、複数の凹部７６（７６ｐ，７６ｑ）が形成されている。負圧面２４には、複数の凸部７１（７１ｐ，７１ｑ，７１ｒ）がさらに形成されている。隣り合う凸部７１間の間の谷部分によって凹部７６が形成されている。

[0082] ファンブレード２１は、図３中のファンブレード２１と比較して、正圧面

２５および負圧面２４の間で凹部および凸部が反転した略W字状の翼断面形状を有する。本変形例では、負圧面２４に形成される凹部７６が正圧面２５に形成される凹部７７よりも多い数である。

[0083] なお、負圧面２４に形成される凹部と正圧面２５に形成される凹部とは、等しい数であってもよい。

[0084] 図１２は、図１中の貫流ファンの第２変形例を示す断面図である。図１２を参照して、本変形例では、正圧面２５に、複数の凹部７７（７７ｐ， ７７ｑ， ７７ｒ）が形成されている。正圧面２５には、複数の凸部７２（７２ｐ， ７２ｑ， ７２ｒ， ７２ｓ）がさらに形成されている。隣り合う凸部７２間の谷部分によって、凹部７７が形成されている。負圧面２４には、複数の凹部７６（７６ｐ， ７６ｑ）が形成されている。負圧面２４には、複数の凸部７１（７１ｐ， ７１ｑ， ７１ｒ）がさらに形成されている。隣り合う凸部７１間の間の谷部分によって凹部７６が形成されている。

[0085] 本変形例に示すように、正圧面２５および負圧面２４の両方に複数の凹部が形成されてもよい。

[0086] 図１３は、図１中の貫流ファンの第３変形例を示す断面図である。図１３を参照して、本変形例では、ファンブレード２１が、全体として、内縁部２６および外縁部２７に隣接する位置で厚みが相対的に小さく、内縁部２６および外縁部２７の間の翼中央部に向かうほど厚みが徐々に大きくなる翼断面形状を有する。

[0087] 正圧面２５には、内縁部２６および外縁部２７の近傍に位置して、それぞれ凹部７７ｐおよび凹部７７ｑが形成されている。負圧面２４には、内縁部２６および外縁部２７の間の翼中央部に位置して、凹部７６が形成されている。凹部７７および凹部７６は、内縁部２６と外縁部２７との間で湾曲して延在する翼面２３の表面から凹むように形成されている。凹部７７および凹部７６は、凹部７７ｐが形成された位置のファンブレード２１の厚み t_1 と、凹部７６が形成された位置のファンブレード２１の厚み t_2 と、凹部７７ｑが形成された位置のファンブレード２１の厚み t_3 とが等しくなるように

形成されている。

[0088] 本変形例に一例を示すように、ファンブレード 21 は、全体として薄肉の断面形状を有する構造に限られず、他の断面形状を有してもよい。ファンブレード 21 は、図 3 中に示すように、凹部 57 および凹部 56 を屈曲部 41 によって形成する構造に限られず、本変形例のように、凹部 76 および凹部 77 を平面状もしくは湾曲面状に延在する翼面 23 を部分的に凹ませることによって形成する構造であってもよい。

[0089] このように構成された、この発明の実施の形態 3 における貫流ファンによれば、実施の形態 1 に記載の効果を同様に得ることができる。

[0090] (実施の形態 3)

本実施の形態では、図 1 中の貫流ファン 10 の製造時に用いられる成型用金型について説明を行なう。

[0091] 図 14 は、図 1 中の貫流ファンの製造時に用いられる成型用金型を示す断面図である。図 14 を参照して、成型用金型 210 は、固定側金型 214 および可動側金型 212 を有する。固定側金型 214 および可動側金型 212 により、貫流ファン 10 と略同一形状であって、流動性の樹脂が注入されるキャビティ 216 が規定されている。

[0092] 成型用金型 210 には、キャビティ 216 に注入された樹脂の流動性を高めるための図示しないヒータが設けられてもよい。このようなヒータの設置は、たとえば、ガラス繊維入り AS 樹脂のような強度を増加させた合成樹脂を用いる場合に特に有効である。

[0093] このように構成された成型用金型 210 によれば、揚抗比が高く、かつ、薄くて軽く、強度が高い翼断面形状を有する貫流ファンを樹脂成型により製造することができる。

[0094] (実施の形態 4)

本実施の形態では、図 1 中に示す貫流ファン 10 と、翼面 23 に凹部および凸部が形成されていないファンブレードを備える比較のための貫流ファンとを、それぞれ、図 4 中に示す空気調和機 110 に組み込み、その空気調和

機 1 1 0 を用いて行なった各種の実施例について説明する。

[0095] 以下に説明する実施例では、 $\phi 100\text{ mm}$ の直径、 600 mm の長さを有する貫流ファン 1 0 および比較のための貫流ファンを用い、ファンブレード 2 1 の大きさや配置など、凹部および凸部の有無を除いた形状は同一とした。

[0096] 図 1 5 は、本実施例において、貫流ファンの風量と駆動用のモータの消費電力との関係を示すグラフである。図 1 5 を参照して、本実施例では、貫流ファン 1 0 を用いた場合と、比較のための貫流ファンを用いた場合とのそれぞれにおいて、風量を変化させながら、各風量における駆動用のモータの消費電力を測定した。測定の結果、貫流ファン 1 0 は、比較のための貫流ファンと比較して、同一風量における駆動用のモータの消費電力が低減することを確認できた。

[0097] 図 1 6 は、本実施例において、貫流ファンの風量と騒音値との関係を示すグラフである。図 1 6 を参照して、本実施例では、貫流ファン 1 0 を用いた場合と、比較のための貫流ファンを用いた場合とのそれぞれにおいて、風量を変化させながら、各風量における騒音値を測定した。測定の結果、貫流ファン 1 0 は、比較のための貫流ファンと比較して、同一風量における騒音値が低減することを確認できた。

[0098] 図 1 7 は、本実施例において、貫流ファンの圧力流量特性を示すグラフである。図 1 7 を参照して、図中には、一定回転数における貫流ファン 1 0 および比較のための貫流ファンの圧力流量特性（P：静圧－Q：風量）が示されている。図 1 7 を参照して、貫流ファン 1 0 は、比較のための貫流ファンと比較して、特に小さい風量の領域での P－Q 特性が向上した。

[0099] なお、以上に説明した実施の形態 1～2 に記載の貫流ファンの構造を適宜組み合わせて、新たな貫流ファンを構成してもよい。また、実施の形態 1, 3 において説明した成型用金型および流体送り装置は、実施の形態 1～2 に記載の各種貫流ファンや、それらの組み合わせによって構成される貫流ファンにも適用される。

[0100] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

[0101] この発明は、主に、空気清浄機や空気調和機などの送風機能を有する家庭用の電気機器に適用される。

符号の説明

[0102] 10 貫流ファン、12, 12A, 12B 羽根車、13 外周枠、13a, 13b 端面、21 ファンブレード、23 翼面、24 負圧面、25 正圧面、26 内縁部、27 外縁部、41, 41A, 41B 屈曲部、51, 52, 71, 72 凸部、56, 57, 76, 77 凹部、61, 66, 161 空気流れ、62, 63, 67, 68, 162 渦、101 中心軸、106 中心線、110 空気調和機、115 送風機、120 室内機、122 ケーシング、122A キャビネット、122B フロントパネル、124 吸い込み口、125 吹き出し口、126 送風通路、128 エアフィルタ、129 室内側熱交換器、131 横ルーバ、132 縦ルーバ、141 上流側領域、142 下流側領域、146 上流側外側空間、147 内側空間、148 下流側外側空間、151 前方壁部、152 後方壁部、153, 154 突出部、156 上側ガイド、157 下側ガイド、210 成型用金型、212 可動側金型、214 固定側金型、216 キャビティ。

請求の範囲

- [請求項1] 内周側に配置され、空気が流出入する内縁部（２６）と、外周側に配置され、空気が流出入する外縁部（２７）とを有し、周方向に互いに間隔を隔てて設けられる複数の羽根部（２１）を備え、
- 前記羽根部（２１）には、前記内縁部（２６）と前記外縁部（２７）との間で延在し、貫流ファンの回転方向の側に配置される正圧面（２５）と、前記正圧面（２５）の裏側に配置される負圧面（２４）とからなる翼面（２３）が形成され、
- 前記羽根部（２１）は、貫流ファンの回転軸に直交する平面により切断された場合に、前記正圧面（２５）および前記負圧面（２４）に凹部（５６，５７，７６，７７）が形成される翼断面形状を有し、
- 前記正圧面（２５）および前記負圧面（２４）の少なくともいずれか一方には、複数の前記凹部が形成される、貫流ファン。
- [請求項2] 前記羽根部（２１）は、前記内縁部（２６）と前記外縁部（２７）との間で延びる前記翼断面形状の中心線（１０６）が複数箇所で屈曲してなる屈曲部（４１）を有し、
- 前記凹部（５６，５７）は、前記屈曲部（４１）により形成される、請求の範囲１に記載の貫流ファン。
- [請求項3] 前記屈曲部（４１）は、少なくとも１箇所で、前記凹部（５６，５７）の深さが前記羽根部（２１）の厚みよりも大きくなるように屈曲する、請求の範囲２に記載の貫流ファン。
- [請求項4] 前記凹部（５７）は、前記内縁部（２６）および前記外縁部（２７）の近傍に形成される、請求の範囲１に記載の貫流ファン。
- [請求項5] 前記凹部（５６）は、前記内縁部（２６）と前記外縁部（２７）との間の翼中央部に形成される、請求の範囲１に記載の貫流ファン。
- [請求項6] 前記凹部（５６，５７，７６，７７）は、貫流ファンの回転軸方向における前記翼面（２３）の一方端から他方端にまで延びて形成される、請求の範囲１に記載の貫流ファン。

- [請求項7] 前記凹部（76, 77）は、前記正圧面（25）および前記負圧面（24）に、前記内縁部（26）と前記外縁部（27）とを結ぶ方向において繰り返し現れるように形成される、請求の範囲1に記載の貫流フアン。
- [請求項8] 前記正圧面（25）に形成される前記凹部（57, 77）が、前記負圧面（24）において凸部（51, 71）を構成し、前記負圧面（24）に形成される前記凹部（56, 76）が、前記正圧面（25）において凸部（52, 72）を構成する、請求の範囲1に記載の貫流フアン。
- [請求項9] 前記翼断面形状において、前記凹部（56, 57, 76, 77）は前記翼面（23）に現れる凸部（51, 52, 71, 72）間に形成され、前記凹部（56, 57, 76, 77）と前記凸部（51, 52, 71, 72）とは、前記内縁部（26）と前記外縁部（27）とを結ぶ方向において交互に並んで形成される、請求の範囲1に記載の貫流フアン。
- [請求項10] 前記羽根部（21）は、前記内縁部（26）と前記外縁部（27）との間でほぼ一定の厚みの前記翼断面形状を有する、請求の範囲1に記載の貫流フアン。
- [請求項11] 前記翼断面形状は、略W字状の形状をなす、請求の範囲1に記載の貫流フアン。
- [請求項12] 樹脂により形成される、請求の範囲1に記載の貫流フアン。
- [請求項13] 請求の範囲12に記載の貫流ファンを成型するために用いられる、成型用金型。
- [請求項14] 請求の範囲1に記載の貫流ファンと、前記貫流ファンに連結され、複数の前記羽根部（21）を回転させる駆動モータとから構成される送風機（115）を備える、流体送り装置。