

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3127850号
(P3127850)

(45)発行日 平成13年1月29日(2001.1.29)

(24)登録日 平成12年11月10日(2000.11.10)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

F 0 4 D 29/38

F 0 4 D 29/38

A

D

請求項の数15(全 18 頁)

(21)出願番号 特願平9-28654

(22)出願日 平成9年2月13日(1997.2.13)

(65)公開番号 特開平10-227295

(43)公開日 平成10年8月25日(1998.8.25)

審査請求日 平成10年12月28日(1998.12.28)

(73)特許権者 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72)発明者 佐藤 誠司

大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工
業株式会社堺製作所 金岡工場内

(72)発明者 大西 正

大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工
業株式会社堺製作所 金岡工場内

(72)発明者 鄭 志明

大阪府堺市金岡町1304番地 ダイキン工
業株式会社堺製作所 金岡工場内

(74)代理人 100075731

弁理士 大浜 博

審査官 黒瀬 雅一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プロペラファン用羽根車

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 ハブ(4)の外周に周方向に所定ピッチで厚肉の羽根(3)を複数枚設けてなり且つファンガイド(5)の内側に配置されるプロペラファン用羽根車であって、

上記羽根(3)の羽根外周縁(3e)のうち前縁側端部(3h)から羽根外周縁(3e)の長さの(2/3)までの範囲に位置する第1領域(W₁)における上記羽根外周縁(3e)近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面(3a)と、該負圧面(3a)の先端縁(3a₁)から該負圧面(3a)との間に所定の夾角(θa)をもって圧力面(3b)側に向けて直線状に延びる直線面部(10)と、該直線面部(10)と上記圧力面(3b)とを該圧力面(3b)側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部(14)とでなる略楔形状としたことを特

徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項2】 ハブ(4)の外周に周方向に所定ピッチで厚肉の羽根(3)を複数枚設けてなり且つファンガイド(5)の内側に配置されるプロペラファン用羽根車であって、

上記羽根(3)の羽根外周縁(3e)のうち前縁側端部(3h)から羽根外周縁(3e)の長さの(2/3)までの範囲に位置する第1領域(W₁)における上記羽根外周縁(3e)近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面(3a)と、該負圧面(3a)の先端縁(3a₁)から該負圧面(3a)との間に所定の夾角(θa)をもって圧力面(3b)側に向けて直線状に延びる第1直線面(12)と該第1直線面(12)に連続し且つ該第1直線面(12)との間において圧力面(3b)側に膨出する折曲面を形成する第2直線面(13)とからなる折曲

面部(11)と、該折曲面部(11)の上記第2直線面(13)と上記圧力面(3b)とを該圧力面(3b)側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部(14)とでなる略楔形状としたことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項3】 請求項1において、
上記羽根(3)の羽根外周縁(3e)のうち後縁側端部(3i)から羽根外周縁(3e)の長さの(1/3)までの範囲で且つ上記ファンガイド(5)に包含されない第2領域(W_2)における上記羽根外周縁(3e)近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面(3a)と、該負圧面(3a)の先端縁(3a₁)から該負圧面(3a)との間に所定の夾角(θb)をもって圧力面(3b)側に向けて直線状に延びる直線面部(15)と、該直線面部(15)と上記圧力面(3b)とを該圧力面(3b)側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部(19)とでなる略楔形状とするとともに、
上記夾角(θb)を上記第1領域(W_1)における上記負圧面(3a)と上記直線面部(10)との上記夾角(θa)よりも小さい角度に設定したことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項4】 請求項2において、
上記羽根(3)の羽根外周縁(3e)のうち後縁側端部(3i)から羽根外周縁(3e)の長さの(1/3)までの範囲で且つ上記ファンガイド(5)に包含されない第2領域(W_2)における上記羽根外周縁(3e)近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面(3a)と、該負圧面(3a)の先端縁(3a₁)から該負圧面(3a)との間に所定の夾角(θb)をもって圧力面(3b)側に向けて直線状に延びる第1直線面(17)と該第1直線面(17)に連続し且つ該第1直線面(17)との間において圧力面(3b)側に膨出する折曲面を形成する第2直線面(18)とからなる折曲面部(16)と、該折曲面部(16)の上記第2直線面(18)と上記圧力面(3b)とを該圧力面(3b)側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部(19)とでなる略楔形状とするとともに、
上記夾角(θb)を上記第1領域(W_1)における上記負圧面(3a)と上記折曲面部(11)の上記第1直線面(12)との上記夾角(θa)よりも小さい角度に設定したことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項5】 請求項1において、
上記羽根(3)の羽根外周縁(3e)のうち後縁側端部(3i)から羽根外周縁(3e)の長さの(1/3)までの範囲で且つ上記ファンガイド(5)に包含されない第2領域(W_2)における上記羽根外周縁(3e)近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面(3a)と、該負圧面(3a)の先端縁(3a₁)から該負圧面(3a)との間に所定の夾角(θb)をもって圧力面(3b)側に向けて直線状に延びる第1直線面(17)と該第1直

線面(17)に連続し且つ該第1直線面(17)との間において圧力面(3b)側に膨出する折曲面を形成する第2直線面(18)とからなる折曲面部(16)と、該折曲面部(16)の上記第2直線面(18)と上記圧力面(3b)とを該圧力面(3b)側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部(19)とでなる略楔形状とするとともに、

上記夾角(θb)を上記第1領域(W_1)における上記負圧面(3a)と上記直線面部(10)との上記夾角(θa)よりも小さい角度に設定したことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項6】 請求項2において、
上記羽根(3)の羽根外周縁(3e)のうち後縁側端部(3i)から羽根外周縁(3e)の長さの(1/3)までの範囲で且つ上記ファンガイド(5)に包含されない第2領域(W_2)における上記羽根外周縁(3e)近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面(3a)と、該負圧面(3a)の先端縁(3a₁)から該負圧面(3a)との間に所定の夾角(θb)をもって圧力面(3b)側に向けて直線状に延びる直線面部(15)と、該直線面部(15)と上記圧力面(3b)とを該圧力面(3b)側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部(19)とでなる略楔形状とするとともに、
上記夾角(θb)を上記第1領域(W_1)における上記負圧面(3a)と上記折曲面部(11)の上記第1直線面(12)との上記夾角(θa)よりも小さい角度に設定したことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項7】 請求項1, 2, 3, 4, 5又は6において、
上記羽根(3)の羽根外周縁(3e)のうち後縁側端部(3i)から羽根外周縁(3e)の長さの(1/3)までの範囲で且つ上記ファンガイド(5)に包含される第3領域(W_3)における上記羽根外周縁(3e)近傍の断面形状を、同一の曲率をもち且つ負圧面(3a)と圧力面(3b)とにそれぞれ連続する円弧面(20a), (20b)からなる円弧面部(20)を備えた曲面形状としたことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項8】 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6又は7において、
上記羽根(3)の各半径位置での翼キャンパの長さ L_1 と該翼キャンパ上での羽根前縁(3c)からの距離との比を同一とする点を各比毎に結んで得られる各曲線又は直線(11)のそれぞれにおいて上記羽根(3)の肉厚が、上記円弧面部(14), (19), (20)と上記圧力面(3b)との連続部の近傍における最大肉厚部(3f)からハブ外周面(4a)に向けて次第に減少するように上記圧力面(3b)を湾曲させたことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項9】 請求項1, 2, 3, 4, 5, 6又は7において、

上記羽根(3)の各半径位置での翼キャンバの長さ L_1 と該翼キャンバ上での羽根前縁(3c)からの距離との比を同一とする点を各比毎に結んで得られる各曲線又は直線(3f)のそれぞれにおいて上記羽根(3)の肉厚が、上記円弧面部(14)、(19)、(20)と上記圧力面(3b)との連続部の近傍における最大肉厚部(3f)からハブ外周面(4a)に向けて次第に減少するとともに上記ハブ外周面(4a)の近傍において再び増加するように上記羽根(3)の圧力面(3b)を湾曲させたことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項10】 請求項8又は9において、上記羽根(3)の圧力面(3b)を湾曲させる範囲を、該羽根(3)の各半径位置における翼弦長(S)に対して、羽根前縁(3c)からの距離が(0.2S)の位置から(0.9S)の位置までの範囲に設定したことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項11】 請求項8、9又は10において、上記羽根車(2)の外径を(D_0)、上記ハブ(4)の外径を(D_h)としたとき、上記羽根(3)の各半径位置での翼キャンバの長さ L_1 と該翼キャンバ上での羽根前縁(3c)からの距離との比を同一とする点を各比毎に結んで得られる各曲線又は直線(3f)上における羽根断面の最大肉厚部(3f)の位置を、直径 $D = \{ (D_0^2 + D_h^2) / 2 \}^{0.5}$ で規定される位置と、上記羽根車(2)の外径(D_0)との範囲内に設定したことを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項12】 請求項1、2、3、4、5、6又は7において、上記羽根(3)の肉厚が、上記円弧面部(14)、(19)、(20)と上記圧力面(3b)との連続部の近傍における最大肉厚部(3f)からハブ外周面(4a)に向けて略同一とされていることを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項13】 請求項8、9、10、11又は12において、上記羽根(3)が、その肉厚の内部に空洞部(6)をもつ中空構造であることを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項14】 請求項8、9、10、11又は12において、上記羽根(3)が、その肉厚の内部に空洞部(6)をもつように板金のプレス成形により形成された中空構造であることを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【請求項15】 請求項14において、上記羽根(3)が、上記ハブ(4)と一体的に板金のプレス成形により形成されていることを特徴とするプロペラファン用羽根車。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本願発明は、プロペラファン

用羽根車における羽根構造、さらに詳しくは羽根の羽根外周縁近傍及び圧力面における形状に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図16及び図17には、従来のプロペラファン21を示している。このプロペラファン21は、ハブ24の外周面に周方向に所定ピッチで複数枚の羽根23、23、・・・を設けてなる羽根車22と、該羽根車22の外周側に配置されたファンガイド25とで構成されている。

【0003】ところで、かかるプロペラファン21においては、図17に示すように、上記プロペラファン21はその羽根後縁23d寄りの端部をファンガイド25に包含させた状態で取り付けられるが、この場合、空気の流入角の変動に拘わらず空気流の剥離を抑制する(所謂、「エアフォイル効果」を得る)という観点から、羽根23を、図18に示すように、飛行機の翼とか鳥の羽根のように厚肉とし且つその翼弦長方向において肉厚に分布を与えた所謂「エアフォイル翼構造」とすることが試みられている。

【0004】一方、プロペラファン21においては、図17に空気流線Aで示すように、空気の吸い込みは各羽根23、23、・・・の正面側からだけでなく、その羽根外周縁23e側からも行われる。このため、厚肉のエアフォイル翼構造の羽根23を備えたプロペラファン21においては、羽根23の羽根外周縁23eの形状がファン性能に大きな影響を及ぼすことになる。

【0005】このような背景から、例えば特開平6-147193号公報には、図19に示すように羽根23の羽根外周縁23e部分の圧力面23b側の角部を円弧状に滑らかに削った円弧面23jとすることが提案されており、かかる構造とすることで羽根外周縁23eの近傍における空気を滑らかに羽根車22側に吸い込ませることができるとしている。

【0006】また、一般にエアフォイル翼構造の羽根23は、図23に示すように、その肉厚を羽根外周縁23eからハブ24の外周面24a側の羽根内周縁23gにかけて略同一に設定している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上掲公知例の如き羽根構造をもつものにおいては、以下に述べるように、羽根外周縁23eでの空気の流れと圧力面23b上での空気の流れの双方においてそれぞれ特有の問題があった。

【0008】先ず、羽根外周縁23eにおける問題は次の通りである。即ち、羽根23の羽根外周縁23e側から流入する空気の流れをみた場合、図20及び図21に示すように、その流入空気の流速Vは、負圧面23aに沿って羽根車中心側へ指向する径方向速度成分Vcと該負圧面23a側から圧力面23b側へ向かう軸方向速度

成分 V_a とを有している。この場合、プロペラファン21の定格運転時には、図20に示すように、軸方向速度成分 V_a が比較的大きいため、流入空気は羽根外周縁23e部分において上記負圧面23aの先端縁23a₁から上記圧力面23bに連続する円弧面23jに沿って滑らかに流入し、良好な送風性能が確保される。

【0009】ところが、通風抵抗の増大によって負荷が増大した時には、風量の低下に伴って羽根前縁23c側から流入する空気量も減少する。この結果、図21に示すように、上記軸方向速度成分 V_a が定格運転時に比して小さくなり、羽根外周縁23e側から流入する空気流が該羽根外周縁23eの円弧面23jに衝突し、該円弧面23j側から剥離して圧力面23b側に大きな翼端渦Bを発生させ、送風性能の低下を招来することになる。そして、かかる問題は、翼弦長方向に厚さの分布をもつエアfoil翼構造の羽根23に特有のものであり、特に羽根23の厚さが大きい部位とか、羽根外周縁23e側からの吸込流れが局所的に大きくなるファンガイド25の入口近傍においては更に顕著となる。

【0010】また、ファンガイド25に包含されることで羽根外周縁23eからの吸込流れが生じない部位においては、図22に示すように、該羽根外周縁23eにおいて圧力面23b側から負圧面23a側への漏れ流れが生じているため、該圧力面23b側のみを円弧状に削って円弧面23jを設けた形状では、上記負圧面23aの先端縁23a₁で漏れ流れが剥離して翼端渦Bとなって放出され、空力騒音が増大することになる。

【0011】一方、羽根23の圧力面23bにおける問題は次の通りである。即ち、空気が羽根車22側に吸い込まれる場合、その吸込空気のうち、上記羽根23の圧力面23bに対してこれに略直交する方向から流入する空気流は羽根車22の回転に伴う遠心力の影響を受ける。このため、上記圧力面23b側には、図23に空気流線 A_0 で示すように、羽根内周縁23g側から羽根外周縁23e側に向かう流れ（以下、「遠心流れ」という）が生じることになる。

【0012】この結果、図24に示すように、上記羽根23を圧力面23b側から見た場合、羽根前縁23c及び羽根外周縁23eの前縁寄り部位23h付近から吸い込まれた空気は、上記遠心流れの影響を受けて、各空気流線 $A_1, A_2, \dots$ で示すように、羽根後縁23d側に近づくにつれて次第に羽根外周縁23e寄りに偏向される。従って、実際に羽根外周縁23e側から滑らかに空気を吸い込むことができるのは、該羽根外周縁23eの全域のうち、羽根前縁23c側から30～50パーセント程度の範囲であって、それよりも上記羽根後縁23d寄りの部分においては上記遠心流れによって空気の吸い込み作用が阻害されることになる。

【0013】このように羽根外周縁23e側において空気の吸い込みが阻害されると、これに起因して、例えば

羽根23の羽根外周縁23e側における圧力面23b側から負圧面23a側への漏れ流れが増大し、また、羽根後縁23d側のハブ24の近傍部位においては有効な送風仕事をしなくなり、これらの結果、羽根車22の空力性能が低下し、延いてはプロペラファン21の空力騒音が増大するという問題が生じることになる。

【0014】そこで、本願発明は、上述の各問題に鑑み、プロペラファン用羽根車において、あらゆる運転状態において高い送風性能が確保できるとともに、空力騒音を効果的に低減させることを目的としてなされたものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】本願発明ではかかる課題を解決するための具体的手段として次のような構成を採用している。

【0016】本願の第1の発明では、ハブ4の外周に周方向に所定ピッチで厚肉の羽根3を複数枚設けてなり且つファンガイド5の内側に配置されるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち前縁側端部3hから羽根外周縁3eの長さの2/3までの範囲に位置する第1領域 W_1 における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θ_a をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる直線面部10と、該直線面部10と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部14とでなる略楔形状としたことを特徴としている。

【0017】本願の第2の発明では、ハブ4の外周に周方向に所定ピッチで厚肉の羽根3を複数枚設けてなり且つファンガイド5の内側に配置されるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち前縁側端部3hから羽根外周縁3eの長さの2/3までの範囲に位置する第1領域 W_1 における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θ_a をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面12と該第1直線面12に連続し且つ該第1直線面12との間において圧力面3b側に膨出する折曲面を形成する第2直線面13とからなる折曲面部11と、該折曲面部11の上記第2直線面13と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部14とでなる略楔形状としたことを特徴としている。

【0018】本願の第3の発明では、上記第1の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち後縁側端部3iから羽根外周縁3eの長さの1/3までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含されない第2領域 W_2 における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該

負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θ bをもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる直線面部15と、該直線面部15と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部19とでなる略楔形状とするとともに、上記夾角 θ bを上記第1領域W₁における上記負圧面3aと上記直線面部10との上記夾角 θ aよりも小さい角度に設定したことを特徴としている。

【0019】本願の第4の発明では、上記第2の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち後縁側端部3iから羽根外周縁3eの長さの1/3までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含されない第2領域W₂における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θ bをもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面17と該第1直線面17に連続し且つ該第1直線面17との間において圧力面3b側に膨出する折曲面を形成する第2直線面18とからなる折曲面部16と、該折曲面部16の上記第2直線面18と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部19とでなる略楔形状とするとともに、上記夾角 θ bを上記第1領域W₁における上記負圧面3aと上記折曲面部11の上記第1直線面12との上記夾角 θ aよりも小さい角度に設定したことを特徴としている。

【0020】本願の第5の発明では、上記第1の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち後縁側端部3iから羽根外周縁3eの長さの1/3までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含されない第2領域W₂における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θ bをもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面17と該第1直線面17に連続し且つ該第1直線面17との間において圧力面3b側に膨出する折曲面を形成する第2直線面18とからなる折曲面部16と、該折曲面部16の上記第2直線面18と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部19とでなる略楔形状とするとともに、上記夾角 θ bを上記第1領域W₁における上記負圧面3aと上記直線面部10との上記夾角 θ aよりも小さい角度に設定したことを特徴としている。

【0021】本願の第6の発明では、上記第2の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち後縁側端部3iから羽根外周縁3eの長さの1/3までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含されない第2領域W₂における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所

定の夾角 θ bをもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる直線面部15と、該直線面部15と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部19とでなる略楔形状とするとともに、上記夾角 θ bを上記第1領域W₁における上記負圧面3aと上記折曲面部11の上記第1直線面12との上記夾角 θ aよりも小さい角度に設定したことを特徴としている。

【0022】本願の第7の発明では、上記第1、第2、第3、第4、第5又は第6の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち後縁側端部3iから羽根外周縁3eの長さの1/3までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含される第3領域W₃における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、同一の曲率をもち且つ負圧面3aと圧力面3bとにそれぞれ連続する円弧面20a、20bからなる円弧面部20を備えた曲面形状としたことを特徴としている。

【0023】本願の第8の発明では、上記第1、第2、第3、第4、第5、第6又は第7の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の各半径位置での翼キャンバの長さ L と該翼キャンバ上での羽根前縁3cからの距離との比を同一とする点を各比毎に結んで得られる各曲線又は直線L₁のそれぞれにおいて上記羽根3の肉厚が、上記円弧面部14、19、20と上記圧力面3bとの連続部の近傍における最大肉厚部3fからハブ外周面4aに向けて次第に減少するように上記圧力面3bを湾曲させたことを特徴としている。

【0024】本願の第9の発明では、上記第1、第2、第3、第4、第5、第6又は第7の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の各半径位置での翼キャンバの長さ L と該翼キャンバ上での羽根前縁3cからの距離との比を同一とする点を各比毎に結んで得られる各曲線又は直線L₁のそれぞれにおいて上記羽根3の肉厚が、上記円弧面部14、19、20と上記圧力面3bとの連続部の近傍における最大肉厚部3fからハブ外周面4aに向けて次第に減少するとともに上記ハブ外周面4aの近傍において再び増加するように上記羽根3の圧力面3bを湾曲させたことを特徴としている。

【0025】本願の第10の発明では、上記第8又は第9の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の圧力面3bを湾曲させる範囲を、該羽根3の各半径位置における翼弦長Sに対して、羽根前縁3cからの距離が0.2Sの位置から0.9Sの位置までの範囲に設定したことを特徴としている。

【0026】本願の第11の発明では、上記第8、第9又は第10の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根車2の外径をD₀、上記ハブ4の外径をD_hとしたとき、上記羽根3の各半径位置での翼キャンバの長さ L と該翼キャンバ上での羽根前縁3cからの距離との比を同一とする点を各比毎に結んで得られる各曲線又は直線L₁における羽根断面の最大肉厚部3fの位

置を、直径 $D \{ = ((D_0^2 + D_h^2) / 2)^{0.5} \}$ で規定される位置と、上記羽根車2の外径 D_0 との範囲内に設定したことを特徴としている。

【0027】本願の第12の発明では、第1、第2、第3、第4、第5、第6又は第7の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3の肉厚を、上記円弧面部14、19、20と上記圧力面3bとの連続部の近傍における最大肉厚部3fからハブ外周面4aに向けて略同一としたことを特徴としている。

【0028】本願の第13の発明では、上記第8、第9、第10、第11又は第12の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3を、その肉厚の内部に空洞部6をもつ中空構造としたことを特徴としている。

【0029】本願の第14の発明では、上記第8、第9、第10、第11又は第12の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3を、その肉厚の内部に空洞部6をもつように板金のプレス成形により形成された中空構造としたことを特徴としている。

【0030】本願の第15の発明では、上記第14の発明にかかるプロペラファン用羽根車において、上記羽根3を、上記ハブ4と一体的に板金のプレス成形により形成したことを特徴としている。

【0031】

【発明の効果】本願発明ではかかる構成とすることにより次のような効果が得られる。

【0032】(a) 本願の第1の発明にかかるプロペラファン用羽根車は、羽根3の羽根外周縁3eのうち前縁側端部3hから羽根外周縁3eの長さの2/3までの範囲に位置する第1領域 W_1 （即ち、比較的羽根外周縁3e寄りに位置しファンガイド5の影響を受けない領域）における該羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θa をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる直線面部10と、該直線面部10と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部14とでなる略楔形状としている。

【0033】かかる構成によれば、上記第1領域 W_1 において羽根外周縁3e側から空気が吸い込まれる場合、該羽根外周縁3eにおいて上記負圧面3aの先端縁3a₁に連続する部分、即ち、吸込空気に対して最初に対応する部位が、負圧面3aとの間に所定の夾角 θa をもって傾斜する直線面部10とされているので、該羽根外周縁3eからの吸込空気の軸方向速度成分 V_c の大きさが負荷の変動に伴って変化したとしても、該吸込空気の上記直線面部10に対する流入角度は、例えば上掲公知例の如く羽根外周縁23eが負圧面23aの先端縁23a₁側から圧力面23bにかけて全体的に円弧面とされている場合に比して小さく、従って、流入空気はその流入

角度の変化にほとんど影響されることなく、上記直線面部10に沿って圧力面3b側に流れる。また、この直線面部10に沿って流れた空気は、さらにこの直線面部10に連続する円弧面部14のコアンダ効果により該円弧面部14に沿ってスムーズに圧力面3b側に流れることになる。この結果、流入空気は、羽根外周縁3e部分から翼端渦Bを生じさせることもなくスムーズに流入し、これにより高い送風性能が実現されることになる。

【0034】(b) 本願の第2の発明にかかるプロペラファン用羽根車は、羽根3の羽根外周縁3eのうち前縁側端部3hから羽根外周縁3eの長さの2/3までの範囲に位置する第1領域 W_1 （即ち、比較的羽根外周縁3e寄りに位置しファンガイド5の影響を受けない領域）における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θa をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面12と該第1直線面12に連続し且つ該第1直線面12との間において圧力面3b側に膨出する折曲面を形成する第2直線面13とからなる折曲面部11と、該折曲面部11の上記第2直線面13と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部14とでなる略楔形状としている。

【0035】かかる構成によれば、上記第1領域 W_1 において羽根外周縁3e側から空気が吸い込まれる場合、該羽根外周縁3eにおいて上記負圧面3aの先端縁3a₁に連続する部分、即ち、吸込空気に対して最初に対応する部位が、負圧面3aとの間に所定の夾角 θa をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面12とされているので、該羽根外周縁3eからの吸込空気の軸方向速度成分 V_c の大きさが負荷の変動に伴って変化したとしても、該吸込空気の上記第1直線面12に対する流入角度は、例えば上掲公知例の如く羽根外周縁23eが負圧面23aの先端縁23a₁側から圧力面23bにかけて全体的に円弧面とされている場合に比して小さく、従って、流入空気はその流入角度の変化にほとんど影響されることなく、該第1直線面12に沿ってこれに連続する第2直線面13に流れる。また、この第2直線面13は上記第1直線面12との間で上記圧力面3b側に膨出する折曲面を形成していることから、例えば、この第1直線面12と第2直線面13とが直線状に延びている場合に比して上記折曲面部11における流入空気の偏向度合いが緩やかとなり、それだけ流入空気の剥離がさらに抑制され、スムーズな空気の吸い込みが実現される。さらに、上記折曲面部11の第1直線面12及び第2直線面13に沿って流れた空気は、この第2直線面13に連続する円弧面部14のコアンダ効果により該円弧面部14に沿ってスムーズに圧力面3b側に流れることになる。

【0036】これらの相乗効果として、羽根3の羽根外

周縁3e部分から吸い込まれる空気は、翼端渦Bを生じさせることもなくスムーズに流入し、これにより高い送風性能が実現されることになる。

【0037】(c) 本願の第3の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(a)に記載した上記第1領域 W_1 における効果に加えて、第2領域 W_2 において次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第3の発明においては、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち後縁側端部3iから羽根外周縁3eの長さの $1/3$ までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含されない第2領域 W_2 (即ち、ファンガイド5の入口近傍の領域)における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θb をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる直線面部15と、該直線面部15と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部19とでなる略楔形状とするとともに、上記夾角 θb を上記第1領域 W_1 における上記負圧面3aと上記直線面部10との上記夾角 θa よりも小さい角度に設定している。

【0038】かかる構成とすることで、この第2領域 W_2 においても基本的には上記第1領域 W_1 における場合と同様の効果が得られる。即ち、上記羽根外周縁3eの上記第2領域 W_2 に対応する部位から空気が吸い込まれる場合、該羽根外周縁3eにおいて上記負圧面3aの先端縁3a₁に連続する部分、即ち、吸込空気に対して最初に対応する部位が、負圧面3aとの間に所定の夾角 θb をもって傾斜する直線面部15とされているので、譬え該羽根外周縁3eからの吸込空気の軸方向速度成分Vcの大きさが負荷の変動に伴って変化したとしても、該吸込空気の上記直線面部15に対する流入角度は小さく、従って、流入空気はその流入角度の変化にほとんど影響されることなく、上記直線面部15に沿って圧力面3b側に流れる。また、この直線面部15に沿って流れた空気は、さらにこの直線面部15に連続する円弧面部14のコアング効果により該円弧面部14に沿ってスムーズに圧力面3b側に流れることになる。

【0039】一方、第2領域 W_2 に特有の効果としては次の通りである。即ち、この第2領域 W_2 はファンガイド5の入口の直前の部位であって且つこの第1領域 W_1 よりも羽根後縁3d寄り部位では上記ファンガイド5の存在によって空気の吸い込みが阻止されているので、該ファンガイド5の入口に沿って流れる流れが生じ、しかも、このファンガイド5の入口の直前部位には広い範囲から空気が集まることから、羽根外周縁3eのうちこの第2領域 W_2 に対応する部位においては他の部位に比して流速が早くなる。この場合、上述のように、この第2領域 W_2 に対応する羽根外周縁3eにおいて上記直線面部15の上記負圧面3aに対する夾角 θb を、上記第1領域 W_1 に対応する部位における夾角 θa よりも小さく

することで、該羽根外周縁3eにおける羽根3の肉厚が薄くなり、それだけ流速の早い吸い込み空気に対する抵抗が可及的に低減され、結果的に送風性能の向上が図れるものである。

【0040】(d) 本願の第4の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(b)に記載した上記第1領域 W_1 における効果に加えて次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第4の発明では、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち後縁側端部3iから羽根外周縁3eの長さの $1/3$ までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含されない第2領域 W_2 における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θb をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面17と該第1直線面17に連続し且つ該第1直線面17との間において圧力面3b側に膨出する折曲面を形成する第2直線面18とからなる折曲面部16と、該折曲面部16の上記第2直線面18と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部19とでなる略楔形状とするとともに、上記夾角 θb を上記第1領域 W_1 における上記負圧面3aと上記折曲面部11の上記第1直線面12との上記夾角 θa よりも小さい角度に設定している。

【0041】かかる構成とすることで、この第2領域 W_2 においても基本的には上記第1領域 W_1 における場合と同様の効果が得られる。

【0042】即ち、上記第2領域 W_2 において羽根外周縁3e側から空気が吸い込まれる場合、該羽根外周縁3eにおいて上記負圧面3aの先端縁3a₁に連続する部分、即ち、吸込空気に対して最初に対応する部位が、負圧面3aとの間に所定の夾角 θb をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面17とされているので、該羽根外周縁3eからの吸込空気の軸方向速度成分Vcの大きさが負荷の変動に伴って変化したとしても、該吸込空気の上記第1直線面17に対する流入角度は、例えば上掲公知例の如く羽根外周縁23eが負圧面23aの先端縁23a₁側から圧力面23bにかけて全体的に円弧面とされている場合に比して小さく、従って、流入空気はその流入角度の変化にほとんど影響されることなく、該第1直線面17に沿ってこれに連続する第2直線面18に流れる。また、この第2直線面18は上記第1直線面17との間で上記圧力面3b側に膨出する折曲面を形成していることから、例えば、この第1直線面17と第2直線面18とが直線状に延びている場合に比して上記折曲面部16における流入空気の偏向度合いが緩やかとなり、それだけ流入空気の剥離がさらに抑制され、スムーズな空気の吸い込みが実現される。さらに、上記折曲面部16の第1直線面17及び第2直線面18に沿って流れた空気は、この第2直線面18に連続する円弧面部14のコアング効果により該円弧面部14に沿

ってスムーズに圧力面3 b側に流れることになる。

【0043】これらの相乗効果として、羽根3の羽根外周縁3 e部分から吸い込まれる空気は、翼端渦Bを生じさせることもなくスムーズに流入し、これにより高い送風性能が実現されることになる。

【0044】一方、第2領域 W_2 に特有の効果としては次の通りである。即ち、この第2領域 W_2 はファンガイド5の入口の直前の部位であって且つこの第2領域 W_2 よりも羽根後縁3 d寄り部位では上記ファンガイド5の存在によって空気の吸い込みが阻止されているので、該ファンガイド5の入口に沿って流れる流れが生じ、しかも、このファンガイド5の入口の直前部位には広い範囲から空気が集まることから、羽根外周縁3 eのうちこの第2領域 W_2 に対応する部位においては他の部位に比して流速が早くなる。この場合、上述のように、この第2領域 W_2 に対応する羽根外周縁3 eにおいて上記第1直線面1 7の上記負圧面3 aに対する夾角 θb を、上記第1領域 W_1 に対応する部位における夾角 θa よりも小さくすることで、該羽根外周縁3 eにおける羽根3の肉厚が薄くなり、それだけ流速の早い吸い込み空気に対する抵抗が可及的に低減され、結果的に送風性能の向上が図れるものである。

【0045】(e) 本願の第5の発明にかかるプロペラファン用羽根車では、上記(a)に記載の効果に加えて次のような特有の効果を得られる。即ち、この第5の発明では、上記羽根3の羽根外周縁3 eのうち後縁側端部3 iから羽根外周縁3 eの長さの $1/3$ までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含されない第2領域 W_2 における上記羽根外周縁3 e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3 aと、該負圧面3 aの先端縁3 a₁から該負圧面3 aとの間に所定の夾角 θb をもって圧力面3 b側に向けて直線状に延びる第1直線面1 7と該第1直線面1 7に連続し且つ該第1直線面1 7との間において圧力面3 b側に膨出する折曲面を形成する第2直線面1 8とからなる折曲面部1 6と、該折曲面部1 6の上記第2直線面1 8と上記圧力面3 bとを該圧力面3 b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部1 9とでなる略楔形状とするとともに、上記夾角 θb を上記第1領域 W_1 における上記負圧面3 aと上記折曲面部1 1の上記第1直線面1 2との上記夾角 θa よりも小さい角度に設定している。

【0046】かかる構成とすることで、上記羽根外周縁3 eの上記第2領域 W_2 において羽根外周縁3 e側から空気が吸い込まれる場合、該羽根外周縁3 eにおいて上記負圧面3 aの先端縁3 a₁に連続する部分、即ち、吸込空気に対して最初に対応する部位が、負圧面3 aとの間に所定の夾角 θb をもって圧力面3 b側に向けて直線状に延びる第1直線面1 7とされているので、該羽根外周縁3 eからの吸込空気の軸方向速度成分V cの大きさが負荷の変動に伴って変化したとしても、該吸込空気の

上記第1直線面1 7に対する流入角度は、例えば上掲公知例の如く羽根外周縁2 3 eが負圧面2 3 aの先端縁2 3 a₁側から圧力面2 3 bにかけて全体的に円弧面とされている場合に比して小さく、従って、流入空気はその流入角度の変化にほとんど影響されることなく、該第1直線面1 7に沿ってこれに連続する第2直線面1 8に流れる。また、この第2直線面1 8は上記第1直線面1 7との間で上記圧力面3 b側に膨出する折曲面を形成していることから、例えば、この第1直線面1 7と第2直線面1 8とが直線状に延びている場合に比して上記折曲面部1 6における流入空気の偏向度合いが緩やかとなり、それだけ流入空気の剥離がさらに抑制され、スムーズな空気の吸い込みが実現される。さらに、上記折曲面部1 6の第1直線面1 7及び第2直線面1 8に沿って流れた空気は、この第2直線面1 8に連続する円弧面部1 4のコアンダ効果により該円弧面部1 4に沿ってスムーズに圧力面3 b側に流れることになる。これらの相乗効果として、羽根3の羽根外周縁3 e部分から吸い込まれる空気は、翼端渦Bを生じさせることもなくスムーズに流入し、これにより高い送風性能が実現されることになる。

【0047】一方、上記第2領域 W_2 はファンガイド5の入口の直前の部位であって、且つこの第2領域 W_2 よりも羽根後縁3 d寄り部位では上記ファンガイド5の存在によって空気の吸い込みが阻止されているので、該ファンガイド5の入口に沿って流れる流れが生じ、しかも、このファンガイド5の入口の直前部位には広い範囲から空気が集まることから、羽根外周縁3 eのうちこの第2領域 W_2 に対応する部位においては他の部位に比して流速が早くなる。この場合、上述のように、この第2領域 W_2 に対応する羽根外周縁3 eにおいて上記第1直線面1 7の上記負圧面3 aに対する夾角 θb を、上記第1領域 W_1 に対応する部位における夾角 θa よりも小さくすることで、該羽根外周縁3 eにおける羽根3の肉厚が薄くなり、それだけ流速の早い吸い込み空気に対する抵抗が可及的に低減され、結果的に送風性能の向上が図れるものである。

【0048】(f) 本願の第6の発明にかかるプロペラファン用羽根車では、上記(b)に記載の効果に加えて次のような特有の効果を得られる。即ち、この第6の発明では、上記羽根3の羽根外周縁3 eのうち後縁側端部3 iから羽根外周縁3 eの長さの $1/3$ までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含されない第2領域 W_2 における上記羽根外周縁3 e近傍の断面形状を、直線状に延びる負圧面3 aと、該負圧面3 aの先端縁3 a₁から該負圧面3 aとの間に所定の夾角 θb をもって圧力面3 b側に向けて直線状に延びる直線面部1 5と、該直線面部1 5と上記圧力面3 bとを該圧力面3 b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部1 9とでなる略楔形状とするとともに、上記夾角 θb を上記第1領域 W_1 における上記負圧面3 aと上記直線面部1 0との上記夾角 θ

aよりも小さい角度に設定している。

【0049】かかる構成とすることで、上記羽根外周縁3eの上記第2領域 W_2 に対応する部位から空気が吸い込まれる場合、該羽根外周縁3eにおいて上記負圧面3aの先端縁3a₁に連続する部分、即ち、吸込空気に対して最初に対応する部位が、負圧面3aとの間に所定の夾角 θb をもって傾斜する直線面部15とされているので、譬え該羽根外周縁3eからの吸込空気の軸方向速度成分Vcの大きさが負荷の変動に伴って変化したとしても、該吸込空気の上記直線面部15に対する流入角度は小さく、従って、流入空気はその流入角度の変化にほとんど影響されることなく、上記直線面部15に沿って圧力面3b側に流れる。また、この直線面部15に沿って流れた空気は、さらにこの直線面部15に連続する円弧面部14のコアンダ効果により該円弧面部14に沿ってスムーズに圧力面3b側に流れることになる。

【0050】一方、上記第2領域 W_2 はファンガイド5の入口の直前の部位であって且つこの第1領域 W_1 よりも羽根後縁3d寄り部位では上記ファンガイド5の存在によって空気の吸い込みが阻止されているので、該ファンガイド5の入口に沿って流れる流れが生じ、しかも、このファンガイド5の入口の直前部位には広い範囲から空気が集まることから、羽根外周縁3eのうちこの第2領域 W_2 に対応する部位においては他の部位に比して流速が早くなる。この場合、上述のように、この第2領域 W_2 に対応する羽根外周縁3eにおいて上記直線面部15の上記負圧面3aに対する夾角 θb を、上記第1領域 W_1 に対応する部位における夾角 θa よりも小さくすることで、該羽根外周縁3eにおける羽根3の肉厚が薄くなり、それだけ流速の早い吸い込み空気に対する抵抗が可及的に低減され、結果的に送風性能の向上が図れるものである。

【0051】(g) 本願の第7の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(a)、(b)、(c)、(d)、(e)又は(f)に記載の効果に加えて次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第7の発明は、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち後縁側端部3iから羽根外周縁3eの長さの1/3までの範囲で且つ上記ファンガイド5に包含される第3領域 W_3 における上記羽根外周縁3e近傍の断面形状を、同一の曲率をもち且つ負圧面3aと圧力面3bとにそれぞれ連続する円弧面20a、20bからなる円弧面部20を備えた曲面形状としている。

【0052】かかる構成によれば、この第3領域 W_3 は上記ファンガイド5の存在によって羽根3の羽根外周縁3eからの吸い込みが阻止され、該羽根外周縁3e部分においては圧力面3b側から負圧面3a側への漏れ流れが生じるが、この場合、この羽根外周縁3e部分を、同一の曲率をもち且つ負圧面3aと圧力面3bとにそれぞれ連続する円弧面20a、20bからなる円弧面部20

を備えた曲面形状とすることで、該漏れ流れが該円弧面部20におけるコアンダ効果によって該円弧面部20に沿ってスムーズに流れることになり、結果的に、羽根外周縁3e部分における翼端渦Bの発生が可及的に抑制され、空力騒音が効果的に低減されることになる。

【0053】(h) 本願の第8の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)又は(g)に記載の効果に加えて次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第8の発明においては、上記羽根3の各半径位置での翼キャンバの長さ L_1 と該翼キャンバ上での羽根前縁3cからの距離との比を同一とする点を各比毎に結んで得られる各曲線又は直線 L_1 のそれぞれにおいて上記羽根3の肉厚が、上記円弧面部14、19、20と上記圧力面3bとの連続部の近傍における最大肉厚部3fからハブ外周面4aに向けて次第に減少するように上記圧力面3bを湾曲させている。

【0054】かかる構成とすることで、羽根3の圧力面3bに対してこれに略直交する方向から空気が流入する場合、この流入空気の流入方向と上記圧力面3bの面方向との間の角度関係から、該流入空気が上記圧力面3bから受ける反力の成分の一つとして、ファン回転軸に直交し該ファン回転軸方向に向かう成分が発生する。この反力成分によって、上記羽根車2の回転に伴う遠心力に基づく遠心流れが抑制され、延いては、羽根前縁3c及び羽根外周縁3eの前縁側端部3h付近から吸い込まれる空気に対する羽根外周縁3e寄りへの偏向作用が可及的に低減される。この結果、上記圧力面3bの外周部での負圧面3a側への漏れ流れが減少するとともに、羽根後縁3d側のハブ4の近傍部位における送風仕事が増進され、それだけ羽根車2の空力性能が向上し、空力騒音が低減されるものである。

【0055】(i) 本願の第9の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)又は(g)に記載の効果に加えて次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第9の発明においては、上記羽根3の各半径位置での翼キャンバの長さ L_1 と該翼キャンバ上での羽根前縁3cからの距離との比を同一とする点を各比毎に結んで得られる各曲線又は直線 L_1 のそれぞれにおいて上記羽根3の肉厚が、上記円弧面部14、19、20と上記圧力面3bとの連続部の近傍における最大肉厚部3fからハブ外周面4aに向けて次第に減少するとともに上記ハブ外周面4aの近傍において再び増加するように上記羽根3の圧力面3bを湾曲させている。

【0056】かかる構成とすることで、羽根3の圧力面3bに対してこれに略直交する方向から空気が流入する場合、この流入空気の流入方向と上記圧力面3bの面方向との間の角度関係から、該流入空気が上記圧力面3bから受ける反力の成分の一つとして、ファン回転軸に直

交し該ファン回転軸方向に向かう成分が発生する。この反力成分によって、上記羽根車2の回転に伴う遠心力に基づく遠心流れが抑制され、延いては、羽根前縁3c及び羽根外周縁3eの前縁側端部3h付近から吸い込まれる空気に対する羽根外周縁3e寄りへの偏向作用が可及的に低減される。この結果、上記圧力面3bの外周部での負圧面3a側への漏れ流れが減少するとともに、羽根後縁3d側のハブ4の近傍部位における送風仕事が促進され、それだけ羽根車2の空力性能が向上し、空力騒音が低減されるものである。

【0057】さらに、上記羽根3の肉厚をハブ外周面4aの近傍において再び増加させるようにしているので、例えば該羽根3の肉厚を上記最大肉厚部3fから上記ハブ外周面4aの近傍に向けて次第に減少するように構成する場合に比して、該ハブ外周面4aの近傍における肉厚が大きい分だけ上記羽根3の剛性が高く、それだけ該羽根3の強度上の信頼性、延いては羽根車2の強度上の信頼性が高められるものである。

【0058】(j) 本願の第10の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(h)又は(i)に記載の効果に加えて次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第10の発明においては、上記羽根3の圧力面3bを湾曲させる範囲を、該羽根3の各半径位置における翼弦長Sに対して、羽根前縁3cからの距離が0.2Sの位置から0.9Sの位置までの範囲に設定している。

【0059】この場合、上記羽根3はエアfoil翼構造をもつものであることから、本来的に、その羽根前縁3c側は肉厚が大きく、羽根後縁3d側は肉厚が小さくなっている。このため、上述のように、大きな肉厚を持ちエアfoil効果が最も得られる部位である羽根前縁3c側においては上記圧力面3bを湾曲させずにその肉厚を維持することで高いエアfoil効果が確保され、また、肉厚が小さいことから羽根前縁3c側に比してその剛性が低くなっている羽根後縁3dにおいては上記圧力面3bを湾曲させずにその肉厚を維持することで剛性の低下が防止されることになり、これらの相乗効果として、ファンの空力騒音の低減を図りつつ、エアfoil効果と羽根3の強度上の信頼性とを両立させることができるものである。

【0060】(k) 本願の第11の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(h)、(i)又は(j)に記載の効果に加えて次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第11の発明においては、上記羽根車2の外径を D_0 、上記ハブ4の外径を D_h としたとき、上記羽根3の各半径位置での翼キャンバの長さ L と該翼キャンバ上での羽根前縁3cからの距離との比を同一とする点を各半径毎に結んで得られる各曲線又は直線 L_1 上における羽根断面の最大肉厚部3fの位置を、直径 $D = \left((D_0^2 + D_h^2) / 2 \right)^{0.5}$ で規定される位置

と、上記羽根車2の外径 D_0 との範囲内に設定している。

【0061】この場合、上記直径Dは、所謂、羽根23の全仕事量からみた平均半径であって、この平均半径よりも外側部位は内側部位よりも大きな送風仕事をする部分である。従って、上記直径Dと羽根車2の外径 D_0 との範囲内に上記羽根23の最大肉厚部3fを設定することで、より大きな送風仕事をする部位と、最も高いエアfoil効果が得られる部位とが重合することとなり、結果的に羽根車2の空力性能がより一層高められることになる。

【0062】(1) 本願の第12の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)又は(g)に記載の効果に加えて次のような特有の効果が得られる。即ち、この第12の発明では、上記羽根3の肉厚を、上記円弧面部14、19、20と上記圧力面3bとの連続部の近傍における最大肉厚部3fからハブ外周面4aに向けて略同一としているので、プロペラファンの空力騒音の低減を図りつつ、エアfoil効果と羽根3の強度性能とを両立させることができる。

【0063】(m) 本願の第13の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(h)、(i)、(j)又は(k)に記載の効果に加えて次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第13の発明においては、上記羽根3を、その肉厚の内部に空洞部6をもつ中空構造としているので、例えば該羽根3を中実構造とする場合に比して、該羽根3の軽量化が図れ、それだけ羽根車2の必要駆動動力の低減、あるいは強度性能の向上が図れるものである。

【0064】(n) 本願の第14の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(h)、(i)、(j)又は(k)に記載の効果に加えて次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第14の発明においては、上記羽根3を、その肉厚の内部に空洞部6をもつように板金のプレス成形により形成された中空構造としているので、上記羽根3を、その肉厚の内部に空洞部6をもつように板金のプレス成形により形成された中空構造としているので、板金製の羽根に特有の低コスト性を維持しつつ、高いエアfoil効果を得ることができるものである。

【0065】(o) 本願の第15の発明にかかるプロペラファン用羽根車によれば、上記(n)に記載の効果に加えて次のような特有の効果が奏せられる。即ち、この第15の発明においては、上記羽根3を、上記ハブ4と一体的に板金のプレス成形により形成しているので、上記羽根3を上記ハブ4と一体的に板金のプレス成形により形成することで、該羽根3とハブ4とからなる羽根車2の低コスト化と、該羽根車2の取り扱いの容易性とが実現されるものである。

【 0 0 6 6 】

【発明の実施の形態】以下、本願発明にかかるプロペラファン用羽根車を好適な実施形態に基づいて具体的に説明する。

第1の実施形態

図1には、本願発明の第1の実施形態にかかる羽根車2を備えたプロペラファン1の要部を示しており、同図において符号3は後に詳述する羽根、4はハブであり、該ハブ4の外周面4a上に周方向に所定ピッチで上記羽根3を複数枚取り付け付けて上記羽根車2が構成される。この羽根車2の外周側にはファンガイド5が配置され、このファンガイド5と上記羽根車2とによって上記プロペラファン1が構成されている。

【 0 0 6 7 】上記羽根3は、所謂、エアフォイル翼構造をもつものであって、樹脂材により一体成形されている。尚、この実施形態においては、上記複数の羽根3、3、・・・を上記ハブ4と共に一体成形しているが、他の実施形態においては、例えば各羽根3、3、・・・をそれぞれ個別に成形し、これら各羽根3、3、・・・を、別体形成したハブ4に対してそれぞれ事後的に取り付けるようにすることもできる。

【 0 0 6 8 】この実施形態にかかる羽根車2は、上記羽根3の羽根外周縁3e近傍の形状に最大の特徴を有するものであり、以下この羽根3の羽根外周縁3eの形状を具体的に説明する。

【 0 0 6 9 】上記羽根3は、上述のように、エアロフォイル翼構造をもつものであり、その羽根前縁3c側から羽根後縁3d側にかけてその厚さが次第に減少するような肉厚の分布をもっており（図18参照）、かかる肉厚分布は羽根外周縁3e側においても同様である。そして、このように翼弦長方向に肉厚の分布をもつものにおいて、図1に示すように、その羽根外周縁3e部分を、その翼弦長方向に三つの領域に分けて、これら各領域毎にそれぞれその羽根外周縁3eの形状を設定している。具体的には次の通りである。

【 0 0 7 0 】即ち、まず、羽根外周縁3eを次述のように上記ファンガイド5との相対位置に対応して、第1領域 W_1 と第2領域 W_2 と第3領域 W_3 の三つの領域に分けている。上記第1領域 W_1 は、上記羽根外周縁3eの全領域のうち、前縁側端部3hと、該前縁側端部3hからの距離が上記羽根外周縁3eの長さ(L)に対して $(2/3L)$ である位置までの領域であって、上記ファンガイド5の入口から空気上流側へ比較的大きく離間し、その羽根外周縁3e側からの空気の吸込が多い領域である。

【 0 0 7 1 】上記第2領域 W_2 は、上記第1領域 W_1 の後縁寄り端部に連続する領域であって、上記羽根外周縁3eの全領域のうち、その後縁側端部3iから該羽根外周縁3eの長さ(L)に対して $(1/3L)$ の範囲に位置し且つ上記ファンガイド5に包含されない領域である。

即ち、この第2領域 W_2 は、上記ファンガイド5の入口の直前の部位であって且つ該第2領域 W_2 よりも羽根後縁3d寄り部位では上記ファンガイド5の存在によって空気の吸い込みが阻止されている。従って、この第2領域 W_2 では、上記ファンガイド5の入口に沿って流れる流れが生じ、しかも、このファンガイド5の入口の直前部位には広い範囲から空気が集まることから、他の領域に比して、吸込空気の流速が早くなっている。

【 0 0 7 2 】上記第3領域 W_3 は、上記第2領域 W_2 の後縁寄り端部に連続する領域であって、上記羽根外周縁3eの全領域のうち、その後縁側端部3iから該羽根外周縁3eの長さ(L)に対して $(1/3L)$ の範囲に位置し且つ上記ファンガイド5に包含される領域である。従って、この第3領域 W_3 は、上記ファンガイド5の存在によって羽根3の羽根外周縁3eからの吸い込みが阻止され、圧力面3b側から負圧面3a側への漏れ流れが生じる領域である。

【 0 0 7 3 】次に、上記各領域 $W_1 \sim W_3$ のそれぞれにおける羽根外周縁3eの形状は次の通りである。

【 0 0 7 4 】上記第1領域 W_1 においては、図1及び図2に示すように、上記羽根外周縁3eの断面形状を、直線状に延びる上記負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θ_a をもって上記圧力面3b側に向けて直線状に延びる直線面部10と、該直線面部10と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部14とでなる略楔形状としている。

【 0 0 7 5 】上記第2領域 W_2 においては、図1及び図3に示すように、上記羽根外周縁3eの断面形状を、基本的に上記第1領域 W_1 と同様の構造、即ち、直線状に延びる上記負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θ_b をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる直線面部15と、該直線面部15と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部19とでなる略楔形状としているが、さらにこれに加えて、上記夾角 θ_b を、上記第1領域 W_1 における上記負圧面3aと上記直線面部10との上記夾角 θ_a よりも小さい角度に設定している。

【 0 0 7 6 】上記第3領域 W_3 においては、図1及び図4に示すように、上記羽根外周縁3eの断面形状を、同一の曲率をもち且つ負圧面3aと圧力面3bとにそれぞれ連続する円弧面20a、20bからなる円弧面部20を備えた曲面形状としており、特にこの実施形態においては、上記各円弧面20a、20bの曲率半径を、共に該部位における上記羽根3の肉厚寸法の $1/2$ に設定している。従って、上記羽根外周縁3eにおいては、上記円弧面部20は、負圧面3a側から圧力面3b側へ連続する円弧面となっている。

【 0 0 7 7 】このように上記各領域 $W_1 \sim W_3$ のそれぞれ

における羽根外周縁3eの断面形状を設定することで、該各領域 $W_1 \sim W_3$ においてそれぞれ以下の如き作用効果が得られる。

【0078】上記第1領域 W_1 における作用効果
上記第1領域 W_1 において羽根外周縁3e側から空気が吸い込まれる場合、該羽根外周縁3eにおいて上記負圧面3aの先端縁3a₁に連続する部分、即ち、吸込空気に対して最初に対応する部位を、負圧面3aとの間に所定の夾角 θ_a をもって傾斜する直線面部10としているので、図5に示すように、該羽根外周縁3eからの吸込空気の軸方向速度成分 V_c （図20参照）の大きさが負荷の変動に伴って変化したとしても、該吸込空気の上記直線面部10に対する流入角度は、例えば上掲公知例の如く羽根外周縁23eが負圧面23aの先端縁23a₁側から圧力面23bにかけて全体的に円弧面とされている場合に比して小さく、従って、流入空気Aはその流入角度の変化にほとんど影響されることなく、上記直線面部10に沿って圧力面3b側に流れることになる。また、この直線面部10に沿って流れた空気は、さらにこの直線面部10に連続する上記円弧面部14のコアング効果により該円弧面部14に沿ってスムーズに圧力面3b側に流れることになる。この結果、流入空気Aは、羽根外周縁3e部分から翼端渦Bを生じさせることもなくスムーズに流入し、これによって高い送風性能が実現されることになる。

【0079】上記第2領域 W_2 における作用効果
上記第2領域 W_2 においては、基本的には上記第1領域 W_1 における羽根外周縁3eの断面形状と同様の断面形状を備えていることから、これと同様の効果が得られる。即ち、上記羽根外周縁3eの上記第2領域 W_2 に対応する部位から空気が吸い込まれる場合、該羽根外周縁3eにおいて上記負圧面3aの先端縁3a₁に連続する部分、即ち、吸込空気に対して最初に対応する部位が、負圧面3aとの間に所定の夾角 θ_b をもって傾斜する直線面部15とされているので、譬え該羽根外周縁3eからの吸込空気の軸方向速度成分 V_c の大きさが負荷の変動に伴って変化したとしても、該吸込空気の上記直線面部15に対する流入角度は小さく、従って、流入空気はその流入角度の変化にほとんど影響されることなく、上記直線面部15に沿って圧力面3b側に流れる。また、この直線面部15に沿って流れた空気は、さらにこの直線面部15に連続する円弧面部14のコアング効果により該円弧面部14に沿ってスムーズに圧力面3b側に流れることになる。

【0080】かかる基本的な作用効果に加えて次のような特有の作用効果も得られる。即ち、この第2領域 W_2 は、ファンガイド5の入口の直前の部位であって且つこの第2領域 W_2 よりも羽根後縁3d寄り部位では上記ファンガイド5の存在によって空気の吸い込みが阻止されているので、該ファンガイド5の入口に沿って流れる流

れが生じ、しかも、このファンガイド5の入口の直前部位には広い範囲から空気が集まることから、羽根外周縁3eのうちこの第2領域 W_2 に対応する部位においては他の部位に比して流速が早くなる。この場合、上述のように、この第2領域 W_2 に対応する羽根外周縁3eにおいて上記直線面部15の上記負圧面3aに対する夾角 θ_b を、上記第1領域 W_1 に対応する部位における夾角 θ_a よりも小さくすることで、該羽根外周縁3eにおける羽根3の肉厚が薄くなり、それだけ流速の早い吸い込み空気に対する抵抗が可及的に低減され、結果的に送風性能の向上が図れるものである。

【0081】上記第3領域 W_3 における作用効果
上記第3領域 W_3 は、上述のように、上記ファンガイド5の存在によって羽根3の羽根外周縁3eからの吸い込みが阻止され、該羽根外周縁3e部分においては圧力面3b側から負圧面3a側への漏れ流れが生じる領域である。この場合、この実施形態のように、上記羽根外周縁3e部分を、同一の曲率をもち且つ負圧面3aと圧力面3bとにそれぞれ連続する円弧面部20a、20bからなる円弧面部20を備えた曲面形状とすることで、該漏れ流れが該円弧面部20におけるコアング効果によって該円弧面部20に沿ってスムーズに流れることになり、結果的に、羽根外周縁3e部分における翼端渦Bの発生が可及的に抑制され、空力騒音が効果的に低減されることになる。

【0082】以上のことから、この実施形態の羽根車2を備えたプロペラファン1においては、そのあらゆる運転領域における高い送風性能の確保と、空力騒音の低減による静粛運転の実現とが両立されるものである。

【0083】第2の実施形態

図8～図10には、本願発明の第2の実施形態にかかる羽根車2における羽根3の羽根外周縁3e部分の断面形状を示している。尚、この実施形態における上記羽根3は、全て上記第1の実施形態における羽根3と基本的に同一構造をもつものであって、該第1の実施形態のものと異なる点は、上記各領域 $W_1 \sim W_3$ における羽根外周縁3eの断面形状のみである。従って、ここでは、これら各領域 $W_1 \sim W_3$ における羽根外周縁3eの断面形状のみを図8～図10に基づいて説明し、他の構成については第1の実施形態における該当説明を援用するものとする。

【0084】各領域の断面形状

上記第1領域 W_1 における羽根外周縁3e部分の断面形状は、図8に示すように、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θ_a をもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面12と該第1直線面12に連続し且つ該第1直線面12との間において圧力面3b側に膨出する折曲面を形成する第2直線面13とからなる折曲面部11と、該折曲面部11の上記第2直線面13と上

記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部14とでなる略楔形状としている。

【0085】上記第2領域 W_2 における羽根外周縁3e部分の断面形状は、図9に示すように、直線状に延びる負圧面3aと、該負圧面3aの先端縁3a₁から該負圧面3aとの間に所定の夾角 θ bをもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面17と該第1直線面17に連続し且つ該第1直線面17との間において圧力面3b側に膨出する折曲面を形成する第2直線面18とからなる折曲面部16と、該折曲面部16の上記第2直線面18と上記圧力面3bとを該圧力面3b側に膨出する円弧で滑らかに連続する円弧面部19とでなる略楔形状とするとともに、上記夾角 θ bを上記第1領域 W_1 における上記負圧面3aと上記折曲面部11の上記第1直線面12との上記夾角 θ aよりも小さい角度に設定している。

【0086】上記第3領域 W_3 における羽根外周縁3e部分の断面形状は、図10に示すように、上記羽根外周縁3eの断面形状を、同一の曲率をもち且つ負圧面3aと圧力面3bとにそれぞれ連続する円弧面20a、20bからなる円弧面部20を備えた曲面形状としており、特にこの実施形態においては、上記各円弧面20a、20bの曲率半径を、共に該部位における上記羽根3の肉厚寸法の1/2に設定している。従って、上記羽根外周縁3eにおいては、上記円弧面部20は、負圧面3a側から圧力面3b側へ連続する円弧面となっている。

【0087】このような構成とすることで上記各領域 W_1 ～領域 W_3 においてそれぞれ特有の作用効果が奏せられるものであるが、このうち、上記第3領域 W_3 における作用効果は上記第1の実施形態における第3領域 W_3 での作用効果と同一である。また、上記第2領域 W_2 における作用効果は、上記第1領域 W_1 における作用効果に加えて、上記夾角 θ bを第1領域 W_1 における夾角 θ aよりも小さく設定したことによる作用効果が追加されるだけであり、しかもこの追加的な作用効果は上記第1の実施形態における第2領域 W_2 での作用効果において説明したものと同一である。従って、ここでは、図11を参照して、上記第1領域 W_1 における作用効果のみを説明し、第2領域 W_2 における作用効果は第1領域 W_1 における作用効果と上記第1の実施形態における該説明を援用し、また第3領域 W_3 における作用効果は上記第1の実施形態における該説明を援用することとする。

【0088】第1領域 W_1 における作用効果は次の通りである。即ち、この第1領域 W_1 において羽根外周縁3e側から空気が吸い込まれる場合、該羽根外周縁3eにおいて上記負圧面3aの先端縁3a₁に連続する部分、即ち、吸込空気に対して最初に対応する部位が、負圧面3aとの間に所定の夾角 θ aをもって圧力面3b側に向けて直線状に延びる第1直線面12とされているので、

該羽根外周縁3eからの吸込空気の軸方向速度成分 V_c の大きさが負荷の変動に伴って変化したとしても、該吸込空気の上記第1直線面12に対する流入角度は、例えば上掲公知例の如く羽根外周縁23eが負圧面23aの先端縁23a₁側から圧力面23bにかけて全体的に円弧面とされている場合に比して小さく、従って、流入空気はその流入角度の変化にほとんど影響されることなく、該第1直線面12に沿ってこれに連続する第2直線面13に流れる。また、この第2直線面13は上記第1直線面12との間で上記圧力面3b側に膨出する折曲面を形成していることから、例えば、この第1直線面12と第2直線面13とが直線状に延びている場合に比して上記折曲面部11における流入空気の偏向度合いが緩やかとなり、それだけ流入空気の剥離がさらに抑制され、スムーズな空気の吸い込みが実現される。さらに、上記折曲面部11の第1直線面12及び第2直線面13に沿って流れた空気は、この第2直線面13に連続する円弧面部14のコアング効果により該円弧面部14に沿ってスムーズに圧力面3b側に流れることになる。

【0089】これらの相乗効果として、羽根3の羽根外周縁3e部分から吸い込まれる空気は、翼端渦Bを生じさせることもなくスムーズに流入し、これにより高い送風性能が実現されることになる。

【0090】第3の実施形態

第3の実施形態は、上記第1及び第2の実施形態における羽根3と同様に、その外周縁3eを第1領域 W_1 、第2領域 W_2 及び第3領域 W_3 の三つの部分に区画したもののにおいて、その第1領域 W_1 における羽根外周縁3eの断面形状として上記第1の実施形態における第1領域 W_1 の断面形状と同様の構造とする一方、その第2領域 W_2 における羽根外周縁3eの断面形状としては上記第2の実施形態における第2領域 W_2 の断面形状と同様の構造とするものである。

【0091】かかる構成とすることで、上記羽根外周縁3eの第1領域 W_1 においては、上記第1の実施形態における第1領域 W_1 での作用効果と同様の作用効果が得られ、また第2領域 W_2 においては、上記第2の実施形態における第2領域 W_2 での作用効果と同様の作用効果が得られることになる。

【0092】第4の実施形態

第4の実施形態は、上記第1及び第2の実施形態における羽根3と同様に、その外周縁3eを第1領域 W_1 、第2領域 W_2 及び第3領域 W_3 の三つの部分に区画したもののにおいて、その第1領域 W_1 における羽根外周縁3eの断面形状として上記第2の実施形態における第1領域 W_1 の断面形状と同様の構造とする一方、その第2領域 W_2 における羽根外周縁3eの断面形状としては上記第1の実施形態における第2領域 W_2 の断面形状と同様の構造とするものである。

【0093】かかる構成とすることで、上記羽根外周縁

3eの第1領域 W_1 においては、上記第2の実施形態における第1領域 W_1 での作用効果と同様の作用効果が得られ、また第2領域 W_2 においては、上記第1の実施形態における第2領域 W_2 での作用効果と同様の作用効果が得られることになる。

【0094】第5の実施形態

図12には、本願発明の第5の実施形態にかかる羽根車2を備えたプロペラファン1の要部を示しており、同図において符号3は羽根、4はハブであり、該ハブ4の外周面4a上に周方向に所定ピッチで上記羽根3を複数枚取り付けて上記羽根車2が構成され、さらに上記羽根車2の外周側にはファンガイド5が配置され、このファンガイド5と上記羽根車2とによって上記プロペラファン1が構成されるものであり、かかる基本構造は上記各実施形態の場合と同様である。

【0095】この第5の実施形態にかかる羽根車2は、上記羽根3の羽根外周縁3eと圧力面3bの形状構造に最大の特徴を有するものであり、以下この羽根3の形状を具体的に説明する。

【0096】まず、羽根外周縁3eの形状であるが、この実施形態においては、上記第1の実施形態における羽根外周縁3eの形状と同一としている。即ち、図12及び図13に示すように、該羽根外周縁3eを第1領域 W_1 と第2領域 W_2 と第3領域 W_3 の三つの領域に分け、且つこれら各領域 $W_1 \sim W_3$ 毎にその形状を異ならせているが、これら各領域 $W_1 \sim W_3$ の断面形状は共に上記第1の実施形態の各領域 $W_1 \sim W_3$ の断面形状と同一である（図13には第1領域 W_1 部分の断面形状が示されている）。従って、上記羽根外周縁3eにおける各領域 $W_1 \sim W_3$ の断面形状の説明、及びそれに基づく作用効果については上記第1の実施形態における該当説明を援用してここでの説明を省略し、以下においては、羽根3の圧力面3bの形状のみについて説明することにする。

【0097】圧力面3bの形状に関する説明

上記羽根3は、既述のようにエアfoil翼構造をもつものであって、図12の曲線 L_1 に沿う断面においては、図13に示すような断面形状とされている。即ち、従来一般のエアfoil翼の基本構造に対応させれば、上記羽根3の負圧面3aは略直線状に延び、また圧力面は符号3b'を付した鎖線の如く上記円弧面部14の圧力面3b側の端部でなる最大肉厚部3fから上記ハブ4の外周面4aに向けて同一肉厚で略直線状に延びるものとなる。

【0098】ところが、この実施形態の羽根3においては、上記圧力面3bの形状については本願発明を適用して同図に実線図示するように、上記最大肉厚部3fからハブ外周面4aに向けて湾曲させている。具体的には、上記曲線 L_1 上の断面位置における上記羽根3の肉厚が、上記羽根外周縁3eから上記最大肉厚部3fから羽根内周縁3g側に向うに伴って次第に減少変化した後、

該羽根内周縁3g近傍において増加傾向に転じるように上記圧力面3bを略S字状に湾曲させている。

【0099】ここで、上記曲線 L_1 は、上記羽根3の各半径位置での翼キャンバの長さ L と該翼キャンバ上での羽根前縁3cからの距離との比を同一とする点を結んで得られるものであって、該比毎に設定されるものである。従って、上記羽根3は、その羽根前縁3cから羽根後縁3dの全域に亘って、上記各曲線 $L_1, L_2, \dots$ のそれぞれに対応する位置において図13に示す如き断面形状をもつことになる。

【0100】以上の如く圧力面3bを湾曲させた上記羽根3を備えた羽根車2においては、以下のような特有の作用効果を奏することになる。即ち、この羽根車2においては、上記羽根3の圧力面3bに対してこれに略直交する方向から空気が流入する場合、該圧力面3bが上記最大肉厚部3fから上記羽根内周縁3gに向かうに従って次第に上記負圧面3aに接近する如く湾曲しているため、上記流入空気が上記圧力面3bから受ける反力の成分の一つとして、上記ハブ4の軸心に直交し且つ該軸心方向へ向かう反力成分が発生することになるが、この反力成分は上記羽根車2の回転に伴う遠心力の方向とは逆方向に作用する。このため、この反力成分によって、上記羽根車2の回転に伴う遠心力に基づく遠心流れ A_0

（図13参照）が可及的に抑制され、図12に空気流線 A で示すように、上記羽根3の羽根前縁3c及び羽根外周縁3eの前縁側端部3h付近から吸い込まれる空気は、上記遠心流れ A_0 による羽根外周縁3e寄りへの偏向作用の影響をさほど受けず、従来の羽根33の場合（図24を参照）に比して、可及的に直線に近い流れで羽根後縁3d側へ流れることになる。換言すれば、上記羽根3の羽根外周縁3eのうち、空気を円滑に吸い込むことができる範囲が、従来の羽根33の場合に比して、拡大されるということである。

【0101】このように上記羽根3の羽根外周縁3eのより広い範囲から空気を円滑に吸い込むことができるということは、その裏返しとして、上記圧力面3bの外周部における空気の負圧面3a側への漏れ流れが減少することである。また、羽根後縁3d側のハブ4の近傍部位においても高い送風仕事を得られる。これら両者の相乗作用として、上記羽根3、延いては上記羽根車2の空力性能が向上し、それだけ空力騒音が低減されるものである。

【0102】さらに、上記最大肉厚部3fから羽根内周縁3gに向けて次第に減少する肉厚を該羽根内周縁3gの近傍において再び増加させるように上記圧力面3bの湾曲形状を設定しているため、例えば該羽根3の肉厚を上記羽根内周縁3gの近傍において増加させることなくそのまま上記最大肉厚部3fから上記羽根内周縁3gまで次第に減少させる構成の場合に比して、該羽根内周縁3gの近傍（即ち、上記ハブ4との連続部分）における

肉厚が大きい分だけ、上記羽根3の剛性が高くなり、それだけ該羽根3の強度上の信頼性、延いては羽根車2の強度上の信頼性が高められることになる。

【0103】第6の実施形態

第6の実施形態にかかる羽根車2は、図12に示す上記第5の実施形態にかかる羽根車2の羽根3において、上述の如く上記羽根3の圧力面3bを湾曲させる領域を特定するものである。即ち、図12において、上記羽根3の羽根前縁3c寄りに設定した領域線Lfと羽根前縁3c寄りに設定した領域線Lrとで囲まれた範囲のみにおいて、上記圧力面3bを図13に示すように湾曲させるものである。また、上記領域線Lfよりも羽根前縁3c寄りに位置する範囲、及び上記領域線Lrよりも羽根後縁3d寄りに位置する範囲においては、エアfoil翼構造に基づく設定肉厚（図13の鎖線図示部分（符号3b'）参照）が上記最大肉厚部3fから上記羽根内周縁3gの範囲まで一定に維持される。

【0104】ここで、上記領域線Lfと領域線Lrは、上記羽根3の各半径における翼弦長Sに対して次のような関係をもっている。即ち、羽根前縁3c寄りの領域線Lfは、各半径における上記翼弦長Sでの上記羽根前縁3cからの距離が「 $0.2S$ 」となる点を連続させたものである。また、羽根後縁3d寄りの領域線Lrは、各半径における上記翼弦長Sでの上記羽根前縁3cからの距離が「 $0.9S$ 」となる点を連続させたものである。

【0105】このような構成とすると、上記圧力面3bを湾曲形成した上記領域線Lfと領域線Lrとで囲まれた領域においては上記第3の実施形態における同様の作用効果が奏せられることは勿論であるが、かかる湾曲構造をもたない領域、即ち、領域線Lfよりも羽根前縁3c寄りの領域と、領域線Lrよりも羽根後縁3d寄りの領域のそれぞれにおいても、以下のような特有の効果が奏せられる。即ち、上記羽根3は、エアfoil翼構造をもつものであることから図18に示すように、その羽根前縁3c側は肉厚が大きく、羽根後縁3d側は肉厚が小さくなっている。このため、大きな肉厚をもちエアfoil効果が最も得られる部位である羽根前縁3c側においては、上記圧力面3bを湾曲させずにその肉厚を維持することで高いエアfoil効果が達成される。また、肉厚が小さいことから羽根前縁3c側に比してその剛性が低くなっている羽根後縁3dにおいては、上記圧力面3bを湾曲させずにその肉厚を維持することで剛性の低下が防止される。従って、これらの相乗効果として、プロペラファン1の空力騒音の低減を図りつつ、エアfoil効果と羽根3の強度性能とを両立させることができることになる。

【0106】第7の実施形態

第7の実施形態にかかる羽根車2は、図12に示す上記第5の実施形態にかかる羽根車2の羽根3において、上述の如く上記羽根3の圧力面3bを湾曲させる場合の基

準点となる上記最大肉厚部3fの位置を上記羽根3上において特定するものである。即ち、図12において、上記羽根3の羽根外周縁3eと領域線Laとで囲まれた範囲内に上記最大肉厚部3fを設けるものである。尚、この最大肉厚部3fは、上述のように、上記羽根外周縁3eにおける上記円弧面部14の圧力面3b側の端部に該当するものである。

【0107】ここで、上記領域線Laは、上記羽根車2の外径を D_0 、上記ハブ4の外径を D_h としたとき、直径 $D = \{ (D_0^2 + D_h^2) / 2 \}^{0.5}$ で規定される円弧である。また、この直径Dは、羽根23の全仕事量からみた平均半径に該当するものであり、従って、上記領域線Laよりも外側部位は内側部位よりも大きな送風仕事をする部分である。

【0108】この実施形態の羽根車2においては、上記圧力面3bを湾曲させたことによって上記第5の実施形態と同様の作用効果が得られることは勿論であるが、これに加えて上述のように上記最大肉厚部3fの位置を設定したことによって次のような特有の作用効果が奏せられる。即ち、上記直径Dと羽根車2の外径 D_0 との範囲内に上記羽根23の最大肉厚部3fを設定することで、より大きな送風仕事をする部位と最も高いエアfoil効果が得られる部位とが重合することとなり、羽根車2の空力性能がより一層高められることになる。

【0109】第8の実施形態

第8の実施形態にかかる羽根車2は、上記第5～第7の実施形態における特徴的構成を合体させたものである。即ち、第3の実施形態における上記羽根3の圧力面3bを湾曲させる構成を、第6の実施形態において特定した領域線Lfと領域線Lrで囲まれる領域内に設定し、さらに上記圧力面3bの湾曲基準点となる上記最大肉厚部3fの位置を上記第7の実施形態において特定した上記直径Dと上記羽根3の羽根外周縁3eとで囲まれる範囲内に設定するものである。

【0110】従って、かかる構成とすれば、上記羽根3の圧力面3bにおける湾曲形状は、上記各領域線Lfと領域線Lrと領域線Laとで囲まれる略扇形の領域内にみに特定され、この領域内においては上記圧力面3bがそれ以外の領域に対して陥没した状態で存在することになる。そして、かかる構成とすることで、上記各実施形態において得られたと同様の作用効果が同時に得られるものである。

【0111】第9の実施形態

第9の実施形態にかかる羽根車2は、図13において鎖線図示するように、樹脂製の上記羽根3をその内部に空洞部6をもった中空構造とするものである。かかる構造とすれば、上記各実施形態における同様の作用効果が得られるのに加えて、例えば該羽根3を中空構造とする場合に比して、上記空洞部6の形成部分に対応する分だけ羽根3の軽量化が図れ、それだけ羽根車2の必要駆動

動力の低減、あるいは強度性能の向上が図れることになる。

【0112】尚、かかる羽根の中空構造は、この実施形態の如く羽根3の肉厚が径方向において変化する構成をもつもののみならず、上記第1及び第2の実施形態における羽根3の如くその肉厚が径方向において略一定とされる構成をもつものにも適用できることは勿論である。

【0113】第10の実施形態

図14及び図15には、第10の実施形態にかかる羽根車2の一部をそれぞれ示している。この実施形態の羽根車2は、上記各実施形態における羽根車2がこれを樹脂成形品としていたのに対して、羽根3とハブ4とを一体的に板金のプレス成形により形成したものである。即ち、ハット状に絞り成形されたハブ4の外周側において、該ハブ4から連続する板金部分を折曲加工により二つ折り状に折曲させてその一方の面はこれを略平板状に形成して負圧面3aとし、他方の面はこれを圧力面3bとする。そして、この圧力面3bは、上記羽根外周縁3eから上記最大肉厚部3fまでの範囲においては上記直線面部10と円弧面部14とを形成するとともに、該最大肉厚部3fから上記ハブ外周面4aにかけての範囲はハブ4の軸心側に向かって次第に上記負圧面3aとの間隔が減少変化する如く円弧状に形成している。従って、この羽根3は、その内部に空洞部6をもった中空のエアフォイル翼構造とされる。

【0114】尚、図14に示すものは上記羽根3の負圧面3a側を上記ハブ4に連続させ、その成形後に圧力面3bの一端を負圧面3a側に溶接固定する構造であり、また図15に示すものは、上記羽根3の圧力面3b側を上記ハブ4に連続させ、その成形後に負圧面3aの一端を圧力面3b側に溶接固定する構造であり、これら両者は共に上記各実施形態の板金と同様の作用効果が得られるものであるが、これに加えて次のような特有の作用効果も得られる。

【0115】即ち、この実施形態における羽根車2は、上記羽根3を、その肉厚の内部に空洞部6をもつように板金のプレス成形により形成された中空構造としているので、板金製の羽根に特有の低コスト性を維持しつつ、高いエアフォイル効果を得ることができるものである。また、上記羽根3を上記ハブ4と一体的に板金のプレス成形により形成することで、該羽根3とハブ4とからなる羽根車2の低コスト化と、該羽根車2の取り扱いの容易性が実現される。

【0116】尚、かかる羽根の中空構造は、この実施形態の如く羽根3の肉厚が径方向において変化する構成をもつもののみならず、上記第1及び第2の実施形態における羽根3の如くその肉厚が径方向において略一定とされる構成をもつものにも適用できることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明にかかるプロペラファン用羽根車にお

ける羽根の圧力面側からの正面図である。

【図2】図1におけるII-II拡大断面図である。

【図3】図1におけるIII-III拡大断面図である。

【図4】図1におけるIV-IV拡大断面図である。

【図5】図2に示した羽根の羽根外周縁部分での空気流れの説明図である。

【図6】図3に示した羽根の羽根外周縁部分での空気流れの説明図である。

【図7】図4に示した羽根の羽根外周縁部分での空気流れの説明図である。

【図8】図2に示した羽根外周縁の断面構造の変形例を示す断面図である。

【図9】図3に示した羽根外周縁の断面構造の変形例を示す断面図である。

【図10】図4に示した羽根外周縁の断面構造の変形例を示す断面図である。

【図11】図8に示した羽根の羽根外周縁部分での空気流れの説明図である。

【図12】本願発明にかかるプロペラファン用羽根車における羽根の圧力面上での空気流れの説明図である。

【図13】図12のXIII-XIII拡大断面図である。

【図14】羽根の他の構造例を示す断面図である。

【図15】羽根の他の構造例を示す断面図である。

【図16】従来のプロペラファン用羽根車の正面図である。

【図17】図16のXVII-XVII断面図である

【図18】図16のVIII-VIII拡大断面図である

【図19】図16のXIX-XIX拡大断面図である

【図20】従来の羽根の羽根外周縁における空気流れの説明図である。

【図21】従来の羽根の羽根外周縁における空気流れの説明図である。

【図22】従来の羽根の羽根外周縁における空気流れの説明図である。

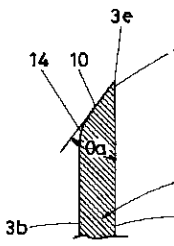
【図23】従来の羽根における断面方向での空気流れの説明図である。

【図24】従来の羽根における平面方向での空気流れの説明図である。

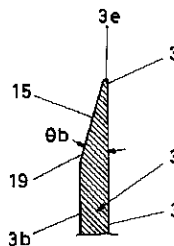
【符号の説明】

1はプロペラファン、2は羽根車、3は羽根、3aは負圧面、3a₁は負圧面3aの先端縁、3bは圧力面、3cは羽根前縁、3dは羽根後縁、3eは羽根外周縁、3fは最大肉厚部、3gは羽根内周縁、3hは前縁側端部、3iは後縁側端部、4はハブ、5はファンガイド、6は空洞部、10は直線面部、11は折曲面部、12は第1直線面、13は第2直線面、14は円弧面部、15は直線面部、16は折曲面部、17は第1直線面、18は第2直線面、19は円弧面部、20は円弧面、Qは羽根車中心、W₁は第1領域、W₂は第2領域、W₃は第3領域である。

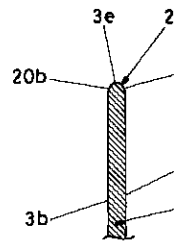
【図2】



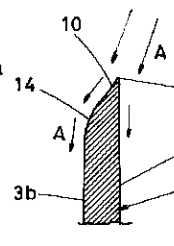
【図3】



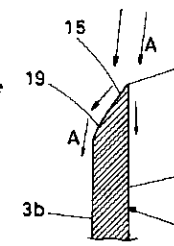
【図4】



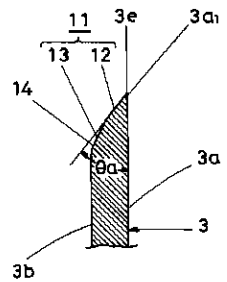
【図5】



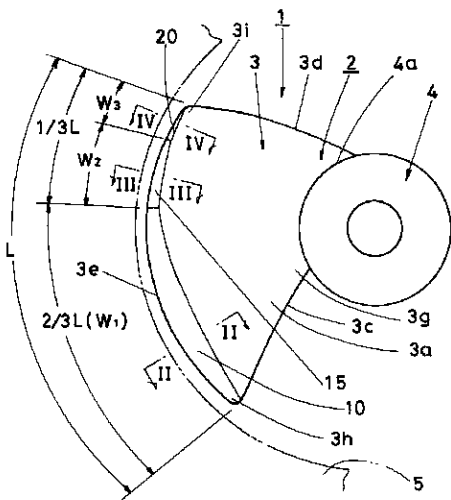
【図6】



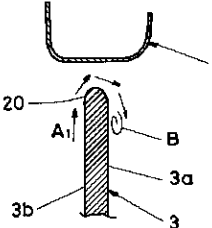
【図8】



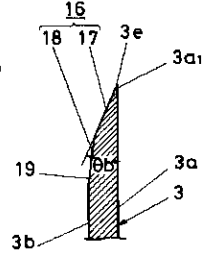
【図1】



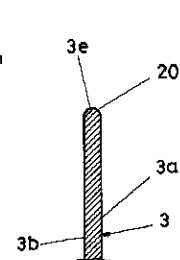
【図7】



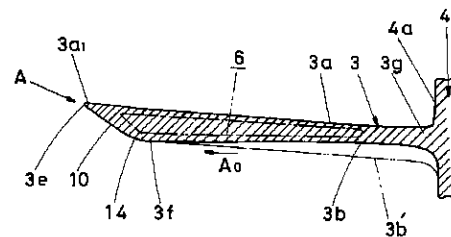
【図9】



【図10】



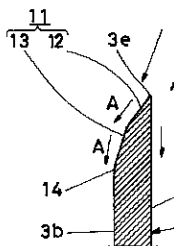
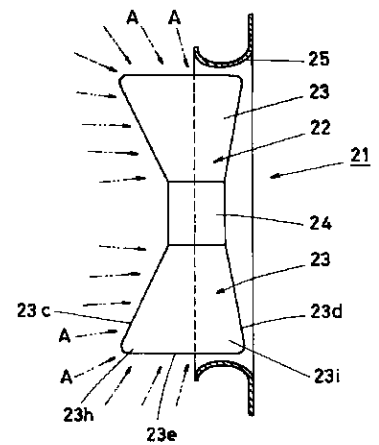
【図13】



【図11】

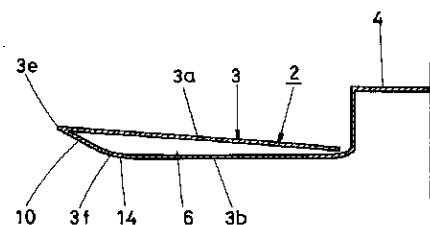
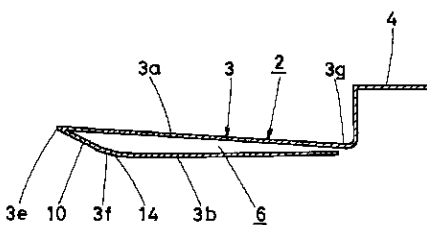
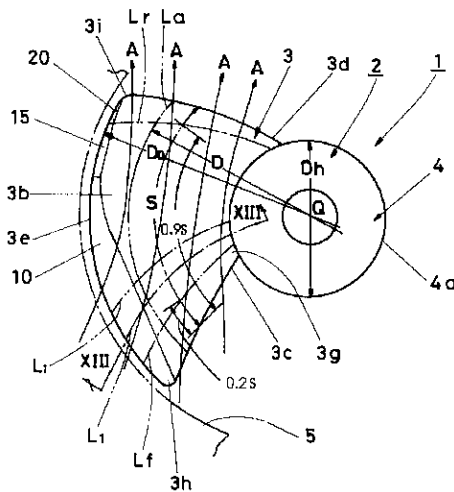
【図12】

【図17】

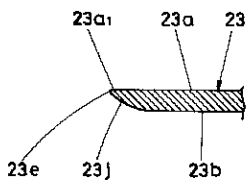


【図14】

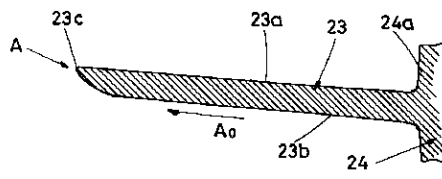
【図15】



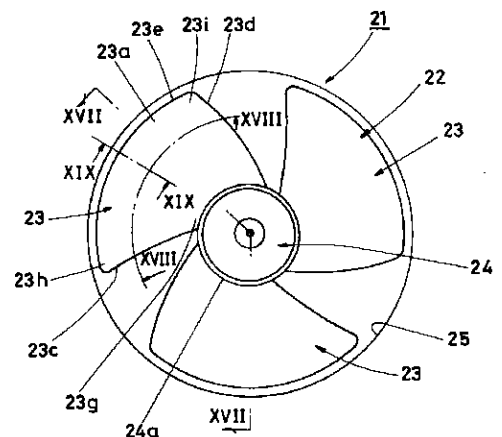
【図19】



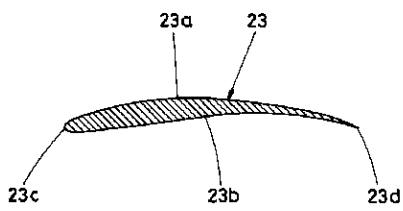
【図23】



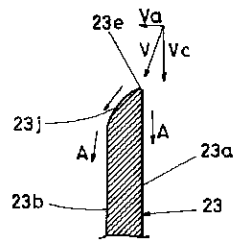
【図16】



【図18】

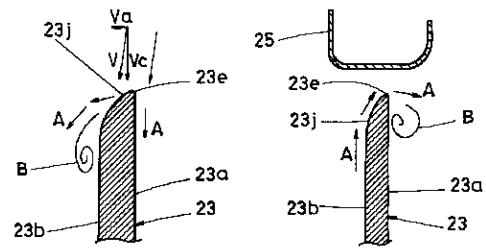


【図20】

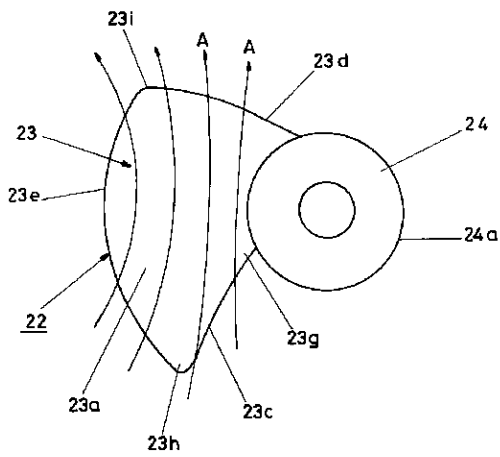


【図21】

【図22】



【図24】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平6-307396 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
F04D 29/38