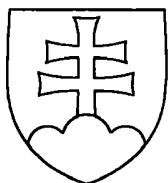


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) SK



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ZVEREJNENÁ PRIHLÁŠKA VYNÁLEZU

- (22) Dátum podania prihlášky: 18. 3. 1999
(31) Číslo prioritnej prihlášky: 98830169.3
98124401.5
(32) Dátum podania prioritnej prihlášky: 23. 3. 1998
23. 12. 1998
(33) Krajina alebo regionálna organizácia priority: EP, EP
(40) Dátum zverejnenia prihlášky: 10. 7. 2001
Vestník ÚPV SR č.: 07/2001
(62) Číslo pôvodnej prihlášky v prípade vylúčenej prihlášky:
(86) Číslo podania medzinárodnej prihlášky podľa PCT: PCT/IB99/00458
(87) Číslo zverejnenia medzinárodnej prihlášky podľa PCT: WO99/49223

(21) Číslo dokumentu:

1425-2000

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl.7:

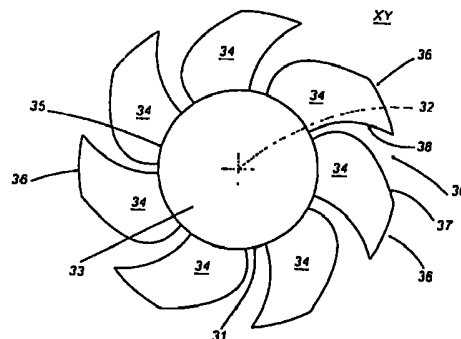
F04D 29/32,
F04D 29/38,
F04D 29/66

- (71) Prihlasovateľ: SPAL S. r. l., Correggio, IT;
(72) Pôvodca: Spaggiari Alessandro, Correggio, IT;
(74) Zástupca: PATENTSERVIS BRATISLAVA, a. s., Bratislava, SK;

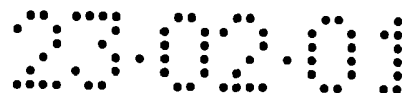
(54) Názov: Axiálny ventilátor

(57) Anotácia:

Ventilátor (1; 30) obsahuje stredovú hlavu (3; 33), množstvo lopatiek (4; 34), ktoré majú pätu (5; 35) a koniec (6; 36). Podľa jedného vyhotovenia sú lopatky (4; 34) rozmiestnené s nerovnakými uhlami (θ „i...n“?) rozstupu, ktoré môžu kolísať percentuálne (θ %) od 0,5 % do 10 %, v porovnaní s konfiguráciou s rozmiestnením pri rovnakých uhloch (θ -) rozstupu, pre ventilátory s rovnakým počtom lopatiek. Výhodnejšie, lopatky (4; 34) sú obmedzené konvexným okrajom (7; 37), ktorého priemet do roviny otáčania ventilátora je definovaný segmentom paraboly, a ďalej konkávnym okrajom (8; 38), ktorého priemet do roviny otáčania ventilátora je definovaný kruhovým oblúkom.



SK 1425-2000 A3



13609/105

AXIÁLNY VENTILÁTOR

Oblasť techniky

Predložený vynález rieši axiálny ventilátor na uvádzanie vzduchu do pohybu cez tepelný výmenník, ktorý je vhodný na použitie v chladiacich a ohrievacích systémoch motorových vozidiel.

Ventilátory tohto typu musia spĺňať určité požiadavky, ako sú: nízka hladina hluku, vysoká účinnosť, kompaktné rozmery a schopnosť dosiahnuť dobré hodnoty tlakovej energie prúdu a výkonu.

Doterajší stav techniky

Patent EP 0 553 598 B toho istého prihlasovateľa opisuje ventilátor s lopatkami, ktoré sú rozmiestnené v rozstupe s rovnakými uhlami. Lopatky majú konštantnú hĺbku profilu pozdĺž celej dĺžky a sú ohraničené čelným a zadným okrajom, dvoma oblúkmi, ktoré po premietnutí do roviny otočenia sú dva oblúky kružnice.

Aj keď ventilátory vyrobené v zhode s týmto patentom dosahujú dobré výsledky, čo sa týka účinnosti a nízkeho akustického tlaku, prítomnosť hluku môže dráždiť ľudské ucho.

V skutočnosti, s lopatkami rozmiestnenými v rozstupoch s rovnakými uhlami, nastávajú prípady rezonancie s hlavným vrchným tónom, ktorého frekvencia je výsledkom počtu rotácií za sekundu kolesa vetráka násobeného počtom lopatiek. Táto rezonancia spôsobuje syčivý zvuk, ktorý môže byť nepríjemný ľudskému uchu.

Aj keď spôsobovaný dojem podráždenia je hlavne subjektívny, sú v podstate dva dôvody, ktoré ovplyvňujú zvukové rušenie: stupeň akustického tlaku, čo je intenzita hluku a ako je šírený, čo sa týka tónu. Výsledkom je, že nízka intenzita hluku môže tiež prívodiť podráždenie, ak šírenie tónu zvuku sa líši od zvukového pozadia.



Na riešenie tohto problému sú vytvorené ventilátory s lopatkami rozmiestnenými v rozstupoch s nerovnakými uhlami.

Výpočet priemeru hodnôt zvukovej intenzity pri rôznych frekvenciách, s lopatkami rozmiestnenými v rozstupoch s nerovnakými uhlami, je produkovaný hluk takmer rovnaký, ako keď sú lopatky rozmiestnené s rovnakými uhlami. Predsa len, iný distribuovaný tón hluku umožňuje zlepšenie v akustickom komforte. Predsa však, ventilátory s lopatkami rozmiestnenými v rozstupoch s nerovnakými uhlami vykazujú množstvo nevýhod.

Prvou nevýhodou je fakt, že v mnohých prípadoch je účinnosť ventilátorov s lopatkami rozmiestnenými v rozstupoch s nerovnakými uhlami menšia, než pri ventilátoroch s lopatkami rozmiestnenými v rozstupoch s rovnakými uhlami.

Inou nevýhodou je fakt, že koleso ventilátora s lopatkami rozmiestnenými v rozstupoch s nerovnakými uhlami môže byť nevyvážený.

Podstata vynálezu

Cieľom tohto vynálezu je poskytnúť zlepšený axiálny ventilátor s veľmi nízkou hladinou hluku.

Ďalším cieľom predloženého vynálezu je poskytnúť zlepšený axiálny ventilátor s dobrou účinnosťou, tlakovou energiou a výkonom.

A ešte ďalším cieľom predloženého vynálezu je poskytnúť zlepšený axiálny ventilátor, ktorého koleso je vyvažované v podstate prirodzene.

V zhode s aspektom predloženého vynálezu je axiálny ventilátor, ako taký objasnený v nezávislých nárokoch. Závislé nároky sa týkajú jeho prednostných, výhodných uskutočnení.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Vynález je opísaný s odkazmi na pripojenú výkresovú dokumentáciu, ktorá ilustruje jeho výhodné uskutočnenia bez obmedzenia podstaty vynálezovského pojatia, a v ktorej predstavuje:

obrázok 1 znázornenie pohľadu spredu na vyhotovenie opísané v tomto vynáleze;

obrázok 2 znázornenie pohľadu spredu geometrických vlastností lopatky v niektorom z vyhotovení ventilátora opísanom v predložennom vynáleze;

obrázok 3 znázornenie pohľadu spredu na lopatky ventilátora v niektorom z vyhotovení tohto vynálezu pri pravidelných rozpätiach začínajúcich od stredovej hlavy ku koncu lopatky;

obrázok 4 znázornenie perspektívneho pohľadu na iné geometrické vlastnosti lopatky niektorého z vyhotovení ventilátora opísaných týmto vynálezom;

obrázok 5 znázornenie zväčšeného detailu časti kolesa a súvisiaceho vedenia v jednom z vyhotovení tohto vynálezu;

obrázok 6 znázornenie pohľadu spredu na iné vyhotovenie predloženého vynálezu;

obrázok 7 znázornenie grafu reprezentujúceho, v kartézskych súradniciach, konvexný okraj lopatky ventilátora v jednom z vyhotovení tohto vynálezu;

obrázok 8 graf znázorňujúci zmeny v uhle lopatky v rôznych častiach lopatky ako funkcie polomeru ventilátora v niektorom z vyhotovení tohto vynálezu;

obrázok 9 pohľad spredu na iné vyhotovenie tohto vynálezu; a

obrázok 10 znázornenie schematickeho pohľadu spredu, ktorý určuje uhlové rozstupy lopatiek v niektorých vyhotoveniach tohto vynálezu.

Okrem toho boli s cieľom ďalšieho opisu ventilátora použité ďalej uvedené termíny, ktorých význam znamená nasledujúce:

- tetiva (L) je dĺžka priamej časti ležiacej pri oblúku, ktorá sa tiahne od prednej hrany k zadnej hrane cez aerodynamický tvar časti lopatky získanej preťatím lopatky s valcom, ktorého os sa zhoduje s osou rotácie ventilátora a ktorého polomer r sa zhoduje v bode Q;
- stredová čiara alebo stredná tetiva (MC) lopatky je čiara spájajúca stredy tetív L rôznych lúčov;
- uhol krivosti (δ) meraný v danom bode Q charakteristického zakrivenia lopatky, napríklad zakrivenie predstavujúce zadnú hranu lopatky ventilátora, je uhol tvorený lúčom vychádzajúci zo stredu ventilátora k dotyčnému bodu Q a dotyčnica k zakriveniu v tom istom bode Q;
- kosý uhol alebo čisté uhlové posunutie (α) príznačného zakrivenia lopatky je uhol medzi lúčom prechádzajúcim cez charakteristické zakrivenie, napríklad, zakrivením reprezentujúcim strednú čiaru alebo strednú tetivu lopatky, k stredovej hlave ventilátora lúčom prechádzajúcim cez charakteristické zakrivenie na konci lopatky;
- uhol (θ) rozstupu lopatiek je uhol meraný v strede rotácie medzi lúčmi prechádzajúcimi cez zodpovedajúce body každej lopatky napríklad, na okraji lopatiek;
- uhol (β) lopatky je uhol medzi rovinou rotácie ventilátora a priamkou spojujúcou prednú hranu a zadnú hranu aerodynamického profilu oblasti lopatky;
- pomer stúpania (P/D) je pomer medzi stúpaním špirály, t. j. množstvo, od ktorého je dotykový bod Q axiálne posunutý, t. j. $P = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \tan(\beta)$, kde r je dĺžka lúča k bodu Q a β je uhol lopatky v bode Q a maximálny priemer ventilátora;
- vzopätie profilu (f) je najdlhší rovný diel kolmý na tetivu L, meraný od tetivy L k čiare vzopätia lopatky; poloha vzopätia profilu (f) vzhľadom na tetivu L môže byť vyjadrená ako percento dĺžky samotnej tetivy;

- uhol sklonu (V) je axiálne posunutie lopatky od roviny rotácie ventilátora, zahrnujúci nie len posunutie celého profilu od roviny rotácie, ale tiež axiálneho komponentu kvôli krivosti lopatky, ak vôbec – tiež v axiálnom smere.

Príklady uskutočnenia vynálezu

S odvolaním na pripojenú výkresovú dokumentáciu sa ventilátor 1 otáča okolo osi 2 a obsahuje stredovú hlavu 3 upevňujúcu množstvo lopatiek 4 zakrivených v rovine rotácie XY ventilátora 1. Lopatky 4 majú pätu 5, koniec 6 a sú ohraničené konvexným okrajom 7 a konkávnym okrajom 8.

Ak majú byť dosiahnuté uspokojivé výsledky v termínoch účinnosti, hladiny hluku a tlakovej energie otáčaním ventilátora vytvoreného podľa predloženého vynálezu buď v jednom alebo v druhom smere, konvexný okraj 7 a konkávnym okrajom 8 môže byť každá buď predná hrana alebo zadná hrana lopatky.

Inými slovami, ventilátor 1 sa môže otáčať tak, že poháňaný vzduch sa najskôr stretne s konvexnou hranou 7 a potom s konkávnou hranou 8 alebo naopak, najprv s konkávnou hranou 8 a potom s konvexnou hranou 7.

Samozrejme aerodynamický profil lopatky musí byť orientovaný podľa režimu činnosti ventilátora 1, to znamená, zhodne, či poháňaný vzduch sa stretne najprv s konvexným okrajom 7 alebo konkávnym okrajom 8.

Na konci 6 lopatiek 4 môže byť pripevnený vystužujúci prstenec 9. Prstenec 9 spevňuje sadu lopatiek 4 napríklad, aby sa predišlo zmene uhla β lopatky 4 v oblasti konca lopatky následkom aerodynamického zaťaženia. Okrem toho, prstenec 9 v kombinácii s vedením 10 obmedzuje vírenie vzduchu okolo ventilátora a redukuje víry na konci 6 lopatiek 4, tieto víry sú vytvárané, ako je známe, rozdielom tlaku na povrchoch lopatky 4.

Pre tento zámer má prstenec 9 silnú okrajovú časť 11, ktorá pasuje do zodpovedajúceho sedla 12 vytvoreného vo vedení 10. Vzdialenosť (a), veľmi malá v axiálnom smere, medzi okrajom 11 a sedlom 12 spoločne s labyrintovým tvarom časti medzi dvoma prvkami, redukuje vzduchový vír na konci lopatiek ventilátora.

Okrem toho, špeciálne lícovanie medzi vonkajším prstencom 2 a vedením 10 umožňuje, aby sa dve časti dostali do vzájomného kontaktu, zatiaľ čo pritom redukuje axiálne pohyby ventilátora.

Úhrom, prstenec 2 vykazuje tvar trysky, to znamená, jeho vstupná oblasť je väčšia, ako oblasť, cez ktorú prechádza vzduch na konci lopatiek 4. Väčší sací povrch necháva vzduch prúdiť pri konštantnej rýchlosti kompenzovaním odporu prúdenia.

Predsa však, ako je znázornené na obrázku 6, ventilátor vyrobený podľa predloženého vynálezu je nutné vybaviť vonkajším vystužujúcim prstencom a príslušným vedením.

Lopátka 4, prenesená do roviny otáčania XY ventilátora 1 vykazuje geometrické charakteristické znaky popísané nižšie.

Uhol v strede (B), považovaný ako stred, geometrický stred ventilátora splyvajúci s osou 2 rotácie ventilátora, zodpovedajúci šírke lopatky 4 pri päte 5, je vypočítaný použitím vzťahu, ktorý berie do úvahy medzeru, ktorá musí existovať medzi dvoma susednými lopatkami 4. V skutočnosti, ak sú ventilátory tohto typu vyrobené vhodnejšie z umelej hmoty, pri použití vstrekovacieho lisu, lopatky v lisovnici by nemali prečnievať, inak by lisovnica, použitá na vytváranie ventilátora, musela byť veľmi komplexná a následne by nevyhnutne rástli výrobné náklady.

Okrem toho by malo byť poznamenané, že hlavne v prípade aplikácie pri motorových vozidlách ventilátory nepracujú nepretržite, pretože mnoho času, počas ktorého beží motor, tepelné výmenníky, na ktorých sú pripevnené ventilátory, sú chladené prúdom vzduchu vytvoreným pohybom samotného vozidla. Takže musí byť vzduchu umožnené, aby prúdil cez ľahko, aj keď nie je ventilátor v činnosti. To je dosiahnuté nechaním relatívne širokých medzier medzi lopatkami ventilátora. Inými slovami lopatky ventilátora nesmú vytvárať clonu, ktorá by zabraňovala chladiacemu efektu prúdu vzduchu vytvoreného pohybom vozidla. Vzťah použitý pre výpočet uhla (B) v stupňoch je :

$B = (360^\circ / \text{počet lopatiek}) - K$; a $K_{\min} = 3$ (priemer stredovej hlavy; výška profilu lopatky v stredovke).

Uhol (K) je zložka, ktorá berie do úvahy minimálnu vzdialenosť, ktorá musí byť medzi dvoma susednými lopatkami, aby sa predišlo prečnievaniu počas lisovania a je funkciou priemeru stredovej hlavy: zväčšením priemeru stredovky môže byť menší uhol (K). Hodnota uhla (K) môže tiež byť ovplyvnená výškou profilu lopatky v stredovej hlave.

Nižšie podaný opis formou príkladu iba a bez obmedzenia podstaty vynálezovského poňatia sa týka vyhotovenia ventilátora vyrobeného v zhode s predloženým vynálezom. Ako je znázornené v pripojenej výkresovej dokumentácii, ventilátor má sedem lopatiek, stredovú hlavu s priemerom 140mm a vonkajším priemerom, ktorý sa zhoduje s priemerom vonkajšieho prstenca 2, 385mm.

Uhol (B) zodpovedajúci šírke lopatky v stredovke, vypočítaný použitím týchto hodnôt, je 44° .

Teraz bude opísaná konfigurácia lopatky 4 ventilátora 1 : lopatka 4 je najprv definovaná ako priemet do roviny otáčania XY ventilátora 1 a priemet lopatky 4 do roviny XY je potom uskutočnený do priestoru.

S odkazmi na detail znázornený na obrázku 2, geometrické vyhotovenie lopatky 4 pozostáva z nakreslenia osi 13 uhla (B), ktorý je striedavo obmedzený lúčom 17 naľavo a lúčom 16 napravo. Potom je nakreslený lúč 14 otočený proti smeru hodinových ručičiek o uhol $A = 3/11 B$ vzhľadom na os uhla 13 a lúč 15, ktorý je tiež otočený proti smeru hodinových ručičiek o uhol (A) ale vzhľadom na lúč 16. Dva lúče 14, 15 sú teda otočené o uhol $A = 3/11 B$, čo je $A = 12^\circ$.

Prienik lúčov 17 a 16 so stredovou hlavou 3 a prienik lúčov 14 a 15 s vonkajším prstencom 2 ventilátora (alebo s kružnicou s rovnakým priemerom ako vonkajší prstenec 2), určujú štyri body (M, N, S, T) ležiace v rovine XY, ktoré určujú priemet lopatky 4 ventilátora 1. Priemet konvexného okraja 7 je tiež, pri stredovej hlave, definovaný prvou točňou 21 naklonenou pod uhlom $C = 3/4 A$, čo je, $C = 9^\circ$, vzhľadom na lúč 17 prechádzajúci cez bod (M) na stredovej hlave 3.

Ako je vidieť na obrázku 2, uhol (C) je meraný v smere hodinových ručičiek vzhľadom na lúč 17, a preto je prvá točňa 21 ešte pred lúčom 17, keď konvexný okraj 7 je prvý, ktorý sa stretne

s prúdením vzduchu, alebo spätne lúč 17, keď konvexný okraj 7 je posledný, ktorý sa stretne s prúdením vzduchu, čo je, keď okraj 8 je prvý, ktorý sa stretne s prúdením vzduchu.

Na vonkajšom prstenci 9 je tiež definovaný konvexný okraj 7 druhou točňou 22, ktorá pod uhlom (W), ktorý je rovný šesťnásobku uhla (A), čo je 72° , vzhľadom na lúč 14 prechádzajúci cez bod (N) na vonkajšom prstenci 9. Ako je znázornené na obrázku 2, uhol (W) je meraný proti smeru hodinových ručičiek vzhľadom na lúč 14, a preto je druhá točňa 22 pred, keď konvexný okraj 7 je prvý, ktorý sa stretne s prúdením vzduchu, alebo spätne lúč 14, keď konvexný okraj 7 je posledný, ktorý sa stretne s prúdením vzduchu, čo je, keď okraj 8 je prvý, ktorý stretne prúdenie vzduchu.

V praxi je priemetom konvexného okraja 7 točňa k prvej točne 21 a ku druhej točne 22 a vyznačuje sa zakrivením s jednoduchou konvexnou časťou bez inflexných bodov. Zakrivenie, ktoré definuje priemet konvexného okraja je parabola typu:

$$y = ax^2 + bx + c$$

V znázornenom vyhotovení je parabola určená nasledujúcou rovnicou:

$$y = 0,013x^2 - 2,7x + 95,7$$

Rovnica určuje zakrivenie znázornené v Karteziánskom diagrame znázornenom na obrázku 7, ako funkcie vzťahu premenných x a y roviny XY.

Späť k obrázku 2, koncové body paraboly sú určené točňami 21 a 22 v bodoch (M) a (N) a oblasť maximálnej konvexnosti je tak najbližšie stredovej hlave 3.

Experimenty ukazujú, že konvexný okraj 7, vrátane jeho parabolického priemetu do roviny rotácie XY ventilátora, poskytuje skvelú účinnosť a hlukovú charakteristiku.

Čo sa týka priemetu konkávneho okraja 8 lopatky 4 do roviny XY, môže byť použité akékoľvek zakrivenie druhého stupňa usporiadaného takým spôsobom, aby určovalo použiteľnú konkávnosť. Napríklad, priemet konkávneho okraja 8 môže byť definovaný

parabolou podobnou parabole konvexného okraja ζ a zostrojenou v podstate rovnakým spôsobom.

Vo výhodnom vyhotovení je zakrivením definujúcim priemet konkávneho okraja ξ do roviny XY kruhový oblúk, ktorého polomer (R_{cu}) sa rovná polomeru (R) stredovej hlavice a v praktickej aplikácii opísanej tu, je hodnota tohto polomeru 70 mm.

Ako je znázornené na obrázku 2, priemet konkávneho okraja ξ je obmedzený bodmi (S) a (T) a medzi nimi sa rozkladajúcim kruhovým oblúkom, ktorého polomer sa rovná polomeru stredovej hlavy. Priemet konkávneho okraja ξ je teda celkom jednoznačne definovaný geometrickými termínmi.

Obrázok 3 znázorňuje jedenásť profilov $\underline{18}$ reprezentujúcich jedenásť oblastí lopatky $\underline{4}$ vyrobených v pravidelných intervaloch zľava doprava, čo je od stredovej hlavy $\underline{3}$ k vonkajšiemu okraju $\underline{6}$ lopatky $\underline{4}$. Profily $\underline{18}$ majú niektoré spoločné charakteristické znaky, ale sú všetky geometricky rôzne, aby boli schopné sa prispôbiť aerodynamickým podmienkam, ktoré sú v podstate funkciou polohy profilov radiálnym smerom. Charakteristické znaky spoločné pre všetky profily lopatky sú zvlášť vhodné na dosiahnutie vysokej účinnosti a tlakovej energie a nízkeho šumu.

Prvé profily naľavo sú viacej klenuté a majú väčší uhol (β) lopatky, pretože sú bližšie k stredovej hlavici, ich lineárna rýchlosť je menšia než tých z vonkajších profilov.

Profily $\underline{18}$ majú čelnú stenu $\underline{18a}$ obsahujúcu počiatočný lineárny diel. Tento lineárny diel je konštruovaný tak, aby umožňoval prúdeniu vzduchu hladko vstúpiť, predchádzajúc, aby lopatka „tĺkla“ vzduch, čo by prerušilo hladké prúdenie vzduchu a teda by narástol hluk a redukovala by sa účinnosť. Na obrázku 3 je tento diel označený (t) a jeho dĺžka je od 14% do 17% dĺžky tetivy (L).

Zostatok čelnej steny $\underline{18a}$ je v podstate tvorený kruhovými oblúkmi. Prechod od profilov blízko k stredovému kruhu smerom na tie na konci lopatky, kruhové oblúky tvoriace čelnú stenu $\underline{18a}$ sú v polomere väčšie a väčšie, t. j., vzopätie (f) profilu lopatky $\underline{4}$ sa znižuje.

Pokiaľ sa týka tetivy (L), vzopätie profilu (f), je umiestnené v bode, označenom (lf) na obrázku 3, medzi 35% a 47% celkovej dĺžky tetivy (L). Táto dĺžka musí byť meraná od okraja profilu, ktorý sa stretáva so vzduchom prvý.

Zadná strana 18b lopatky je určená zakrivením tak, že maximálna hrúbka (G_{max}) profilu je umiestnená v oblasti medzi 15% a 25% celkovej dĺžky tetivy lopatky a vhodnejšie v 20% dĺžky tetivy (L). Tiež v tomto prípade táto dĺžka musí byť meraná od okraja profilu, ktorý sa stretáva so vzduchom prvý.

Prechodom od profilu bližšie stredovej hlave, kde maximálna hrúbka (G_{max}) vykazuje najvyššiu hodnotu, hrúbka profilu 18 sa znižuje na konštantnú mieru smerom k profilom na konci lopatky, kde je redukovaná o asi štvrtinu jej hodnoty. Maximálna hrúbka (G_{max}) sa znižuje podľa v podstate lineárnej zmeny ako funkcia polomeru ventilátora. Profily 18 oblastí lopatky 4 na najkrajnejšej časti ventilátora 1 majú najnižšiu hodnotu hrúbky (G_{max}) pretože ich aerodynamická charakteristika ich musí robiť vhodnými pre vyššie rýchlosti. Takto je profil optimalizovaný na lineárnu rýchlosť časti lopatky, táto rýchlosť samozrejme narastá so zväčšujúcim sa polomerom ventilátora.

Dĺžka tetivy (L) profilov (18) sa tiež mení ako funkcia polomeru.

Dĺžka (L) tetivy dosahuje svoje najvyššie hodnoty v prostriedku lopatky 4 a klesá smerom ku koncu 6 lopatky, aby redukovala aerodynamické zaťaženie na najkrajnejšej časti lopatky ventilátora, a tiež, aby uľahčila priechod vzduchu v čase, keď je ventilátor nečinný, ako je uvedené vyššie.

Uhol (β) lopatky sa tiež mení ako funkcia polomeru ventilátora. Obzvlášť uhol (β) lopatky sa znižuje podľa pololineárneho predpisu.

Predpis zmeny uhla (β) lopatky môže byť vybraný podľa aerodynamického zaťaženia potrebného na najkrajnejšej časti lopatky ventilátora.

Vo výhodnom uskutočnení je zmena uhla (β) lopatky ako funkcia polomeru (r) ventilátora závislosťou tretieho radu na princípe kubickej rovnice a je určená vzťahom:

$$(\beta) = -7.10^{-6} \cdot r^3 + 0,0037 \cdot r^2 - 0,7602 r + 67,64$$

Predpis zmeny (β) ako funkcie polomeru (r) ventilátora je znázornené v diagrame znázornenom na obrázku 8.

Obrázok 4 znázorňuje spôsob, akým sa priemet lopatky 4 v roviny XY prevádza do priestoru. Lopatka 4 má uhol sklonu (V) vzhľadom na rovinu rotácie ventilátora 1.

Obrázok 4 znázorňuje diely spojujúce body (M', N') a (S', T') lopatky 4.

Tieto body (M', N', S', T') vychádzajú z bodov (M, N, S, T), ktoré ležia v roviny XY a ťahajú kolmé diely (M, M'), (N, N'), (S, S'), (T, T'), ktoré tiež určujú uhol sklonu (V) alebo, inými slovami, posunutie lopatky 4 v axiálnom smere. Okrem toho, vo výhodnom uskutočnení má každá lopatka 4 tvar určený oblúkmi 19 a 20 na obrázku 4. Tieto oblúky 19 a 20 sú kruhové oblúky, ktorých zakrivenie je vypočítané ako funkcia dĺžky lineárnych dielov (M', N') a (S', T'). Ako je znázornené na obrázku 4, oblúky 19 a 20 sú vyrovnané od zodpovedajúcich lineárnych dielov (M', N') a (S', T') príslušnými dĺžkami (h_1) a (h_2). Tieto dĺžky (h_1) a (h_2) sú merané na kolmici k rovine rotácie XY ventilátora 1 a sú vypočítané sami o sebe ako percento dĺžky dielov (M', N') a (S', T').

Čiarkované čiary na obrázku 4 sú zakrivenie – parabolický diel a kruhový diel a kruhový oblúk – súvisiace s konvexným okrajom 7 a s konkávnym okrajom 8.

Uhol sklonu (V) lopatky 4, čo sa týka jeho axiálneho posunutia komponentu tak aj čo sa týka zakrivenia, vytvára to možné aby opravil ohyb vďaka aerodynamickému zaťaženiu a vyváženiu aerodynamických momentov na lopatke takým spôsobom, aby získal jednotné axiálne prúdenie vzduchu rozmiestnené cez celý predný povrch ventilátora.

Všetku charakteristické hodnoty lopatky ventilátora, podľa opísaného uskutočnenia, sú zhrnuté v tabuľke nižšie, kde r je všeobecne použiteľný polomer a nasledujúce geometrické premenné sa týkajú zodpovedajúcej hodnoty polomeru:

L označuje dĺžku tetivy;

F označuje vzopätie profilu;

T označuje počiatočný lineárny diel oblasti lopatky;

Lf označuje polohu vzopätia profilu vzhľadom na tetivu L;

β označuje uhol oblasti profilu lopatky v šesťdesiat stupňovej sústave;

x a y označuje Kartézsku sústavu súradníc v rovine XY parabolického okraja lopatky.

R	70	100,6	131,2	161,9	179
L	59,8	68,7	78,2	73	71,2
F	8,2	7,5	7,8	6,7	5
T	10	10,5	11	10,5	10

Lf	21	25,5	31,2	32,8	33
β	30,1	21,9	15,7	13,3	11,1
X	65,3	93,2	126,1	161,9	176,4
Y	-25,2	-43,0	-38,1	-0,7	23,9

Experimenty porovnávajúce konvenčné ventilátory s týmito vyrobenými v zhode s vyhotoveniami používajúcimi lopatky rozmiestnené s rovnakým uhlom θ rozstupu ukazujú, že je tu stupeň v akustickom výkone okolo 25% do 30%, meraný v dB (A) so zlepšením v akustickom komforte.

Okrem toho pri rovnakých podmienkach zásobovania vzduchom, ventilátory vytvorené podľa vyhotovení s lopatkami rozmiestnenými s rovnakým uhlom θ rozstupu majú zdokonalenú tlakovú energiu, hodnoty až o 50% väčšie v porovnaní s konvenčnými ventilátormi tohto typu.

Pri ventilátoroch vyrobených podľa uskutočnenia s lopatkami rozmiestnenými s rovnakým uhlom θ rozstupu, pri prechode od spätnej konfigurácie lopatiek ku konfigurácii lopatiek smerujúcich vpred, nie sú viditeľné zmeny v hlučnosti. Okrem toho, pri určitých pracovných podmienkach, predovšetkým vo vysokom rozsahu tlakovej energie, konfigurácia lopatiek smerujúcich vpred dodáva 20-25% viac než lopatky so spätnou konfiguráciou.

Obrázky 9 a 10 znázorňujú ďalšie vyhotovenie ventilátora 30 obsahujúce koleso 31 s lopatkami 34 rozmiestnenými s rovnakým uhlom θ rozstupu. Vyhotovenie s lopatkami

rozmiestnenými s rôznymi uhlami θ rozstupu ďalej zlepšuje akustický komfort. Rôzne šírenie hluku od ventilátora vyrobeného v zhode s týmto vyhotovením vytvára ešte navyše príjemný ľudskému uchu.

S odkazmi na obrázky 9 a 10, koleso 31 má sedem lopatiek 34 rozmiestnených v rozstupoch s nasledujúcimi uhlami, vyjadrené v šesťdesiatstupňovej sústave:

$\theta_1=55,381$; $\theta_2=47,129$; $\theta_3=50,727$; $\theta_4=55,225$; $\theta_5=50,527$; $\theta_6=48,729$; $\theta_7=52,282$;

Keďže koleso 31 malo lopatky 34 rozmiestnené s rovnakými uhlami rozstupu alebo ako vyhotovenie ventilátora na obrázkoch 1 a 6, rozmiestňujúce uhly by mohli byť $\theta_>=360^\circ/7 = 51,429^\circ$.

Nižšie uvedená tabuľka znázorňuje hodnoty nerovnakých uhlov $\theta_{1,\dots,n}$, $\theta_ =$ a úplné percentuálne odchýlky hodnôt nerovnakých uhlov $\theta_{1,\dots,n}$, v porovnávaní so zodpovedajúcimi hodnotami rovnakého uhla $\theta_ =$ pre ventilátory so siedmimi lopatkami;

Počet lopatiek			7	
Uhly	lopatky s nerovnakými uhlami rozstupu ($\theta_{1,\dots,n}$)	lopatky s rovnakými uhlami rozstupu $\theta_ =$	odchýlky ($\theta_{1,\dots,n} - \theta_ =$)	Odchýlka % ($\frac{\theta_{1,\dots,n} - \theta_ =}{\theta_ =} \cdot 100$)
θ_1	55,381	51,429	3,952	7,685
θ_2	47,129	51,429	-4,300	-8,360
θ_3	50,727	51,429	-0,702	-1,364
θ_4	55,225	51,429	3,796	7,382
θ_5	50,527	51,429	-0,902	-1,753
θ_6	48,729	51,429	-2,700	-5,249
θ_7	52,282	51,429	0,853	1,659
Celkom	360°	360°	0,00	0,00

Presnejšie, druhý stĺpec obsahuje hodnoty uhlov $\theta_{1,\dots,n}$, v zhode s predloženým vyhotovením; tretí stĺpec obsahuje hodnoty uhlov $\theta_ =$ kde sú všetky uhly rovnaké; štvrtý stĺpec ukazuje algebraický rozdiel alebo algebraickú odchýlku medzi hodnotami uhlov druhého a tretieho stĺpca; piaty stĺpec obsahuje hodnotu odchýlky štvrtého stĺpca vyjadrené ako percento uhlov v treťom stĺpci $\theta_ =$.

Tabuľka ukazuje, že percentuálna a algebraická odchýlka v uhloch je relatívne nízka v porovnaní s konfiguráciou lopatiek rozmiestnených s rovnakými uhlami rozstupu. Podľa predloženého uskutočnenia, hodnoty percentuálnej odchýlky rozmiestňovacích uhlov lopatky by mali byť medzi 0,5% a 10%.

Preto, aj keď je dosiahnuté zlepšenie v charakteristike hluku, účinnosť kola s lopatkami rozmiestnenými s rovnakými uhlami rozstupu je v podstate rovnaká.

Ako môže byť zrejme z väčšieho detailu nižšie, ak percentuálne hodnoty odchýlky sú udržiavané v medziach, kolesá ktoré sú v podstate vyvážené môžu byť vyrobené aj s akýmkoľvek počtom lopatiek n väčším než tri a teda rôznym od kola 31, ktoré má sedem lopatiek ako je znázornené na príklade. Dokonca vyhotovenie vytvorené s počtom lopatiek 34 iným než siedmimi a s tými obmedzeniami, čo sa týka kruhového rozmiestnenia dosiahnutého dobrými výsledkami, čo sa týka účinnosti a hlučnosti.

Hluk vytváraný ventilátormi vyrobenými s uhlami $\theta_1, \dots, \theta_n$ spomenutými vyššie, má takmer rovnakú silu, ale je tu menšie podráždenie ľudského ucha. Dobrý výsledok bol dosiahnutý s ohľadom na príjemnosť hluku v konfigurácii s lopatkami smerom dopredu a so spätnou konfiguráciou lopatiek.

Pokiaľ možno, konfigurácia lopatiek 34 spomenutá vyššie môže byť použitá v kombinácii s lopatkami 4 s parabolickým okrajom 7 iných, skôr spomenutých vyhotovení. Tiež v tomto prípade, hodnoty tlakovej energie, výkonu a účinnosti sú podstatne nepremenné.

Inou výhodou tejto konfigurácie je, že stred gravitácie je vždy na osi 32 otáčania ventilátora 30. V analytických termínoch vzhľadom na porovnávací súbor, ktorého zdroj je na osi otáčania, platí nasledujúce:

$$X_g = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i} = 0;$$

$$Y_g = \frac{\sum m_i \cdot y_i}{\sum m_i} = 0.$$

kde X_g a Y_g sú kartézské súradnice stredu gravitačnej sily kolesa 30 ventilátora a m_i x_i y_i sú hmoty a pravouhlé súradnice stredu gravitačnej sily každej príslušnej lopatky 34.

Na príklade znázornenom na obrázkoch 9 a 10 kolesa 31 s n lopatkami rovnakej hmoty m je nasledujúca rovnica:

$$X_g = \frac{\sum m \cdot x_i}{\sum m \cdot n} = 0;$$

$$Y_g = \frac{\sum m \cdot y_i}{\sum m \cdot n} = 0.$$

S touto konfiguráciou kolesa 31 môže byť dosiahnuté už podstatne vyváženie bez potreby zásahu do hmoty lopatiek 34, alebo akýkoľvek zásah je redukovaný na minimum v porovnaní s potrebou vyváženia okruhu typu s lopatkami rozmiestnenými s nerovnakými uhlami rozstupu. Sú tu teda výhody čo sa týka jednoduchosti a ekonomickosti konštrukcie.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Axiálny ventilátor (1; 30), otáčajúci sa v rovine (XY) a obsahujúci stredovú hlavu (3; 33), množstvo (n), väčšie než tri, lopatiek (4; 34) s tým, že každá z týchto lopatiek vykazuje päť (5; 35) a koniec (6; 36), že tieto lopatky (4; 34) sú obmedzené prvým okrajom (7; 37) a druhým okrajom (8; 38) a pozostávajú s časťou s aerodynamickými profilmi (18) s uhlom lopatky (β), ktorý sa znižuje postupne a konštantne od päty (5; 35) smerom na koniec (6; 36) lopatky (4; 34), uhol (β) lopatky je určený ako existujúci uhol medzi rovinou (XY) otáčania a priamkou spájajúcou prednú hranu a zadnú hranu aerodynamického profilu (18) každej časti lopatky, a že polohy týchto lopatiek (4; 34) sú navzájom odsadené v nerovnakých uhloch ($\theta_1, \dots, \theta_n$) rozstupu, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že tieto nerovnaké uhly ($\theta_1, \dots, \theta_n$) rozstupu môžu kolísť v percente (θ %) o hodnoty medzi 0,5 % a 10 % v porovnaní s konfiguráciou s rovnakými uhlami (θ_0) rozstupu pre ventilátory s tým istým počtom (n) lopatiek, to je v rozmedzí:

$$1,5 \% \leq \theta \% \leq 8,5 \% ; \quad \text{kde} \quad \theta \% = \frac{\theta_1, \dots, \theta_n}{\theta_0} \cdot 100 ;$$

tak, že vyvažovanie ventilátora (30) sa uskutočňuje v podstate prirodzene.

2. Ventilátor podľa nároku 1, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že obsahuje sedem lopatiek (34), a že nerovnaké uhly ($\theta_1, \dots, \theta_7$) rozstupu lopatiek (34) vykazujú nasledujúce hodnoty, vyjadrené v šesťdesiatstupňovej sústave: $\theta_1=55,381$; $\theta_2=47,129$; $\theta_3=50,727$; $\theta_4=55,225$; $\theta_5=50,527$; $\theta_6=48,727$; $\theta_7=52,282$.
3. Ventilátor podľa akéhokoľvek z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že priemet konkávneho okraja (8) do roviny (XY) je definovaný segmentom paraboly.
4. Ventilátor podľa nároku 4, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že priemet konkávneho okraja (8) do roviny (XY) je definovaný kruhovým oblúkom.

5. Ventilátor podľa akéhokoľvek z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že aerodynamické profily (18) vykazujú povrch (18a) obsahujúci aspoň jeden lineárny diel (t).
6. Ventilátor podľa nároku 5, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že aerodynamické profily (18) majú povrch (18a) obsahujúci diel, nasledujúci počiatočný diel (t), čo je v podstate vytvorené kruhovým oblúkom.
7. Ventilátor podľa nároku 7 alebo 8, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že aerodynamické profily (18) majú dĺžku tetivy (L) a zadnú stenu (18b), určenú konvexným zakrivením, ktoré v kombinácii s povrchom (18a) určuje maximálnu hrúbku (G_{max}) profilu v oblasti medzi 15 % a 25 % z celkovej dĺžky tetivy (L) meranej od okraja, ktorý sa stretáva so vzduchom ako prvý.
8. Ventilátor podľa ktoréhokoľvek z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že priemet každej lopatky (4) do roviny (XY) je vymedzený štyrmi bodmi (M, N, S, T), ktoré ležia v rovine (XY) a definovaný ako funkcia uhla (B) vzhľadom na šírku jedinej lopatky (4) protiľahlej na stred ventilátora;
a že tieto štyri body (M, N, S, T) sú určené nasledujúcimi charakteristikami:
body (M) a (S) sú umiestnené na stredovej hlave (3) alebo na päte (5) lopatky (4) a sú určené lúčmi (16, 17) vychádzajúcimi zo stredu ventilátora a tvoriace uhol (B);
bod (N) je umiestnený na konci (6) lopatky (4) a je posunutý proti smeru hodinových ručičiek o uhol $(A) = 3/11(B)$ vzhľadom na os (13) uhla (B);
bod (T) je umiestnený na konci (6) lopatky (4) a je posunutý proti smeru hodinových ručičiek o uhol $(A) = 3/11(B)$ vzhľadom na lúč vychádzajúci zo stredu ventilátora a prechádzajúcim cez bod (S).
9. Ventilátor podľa nároku 8, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že priemet konvexného okraja (7) do roviny (XY) v bode (M) vykazuje prvú dotyčnicu (21) zvierajúcu uhol (C) rovný trom štvrtinám (A) vzhľadom na lúč (17) prechádzajúci cez bod (M); a že priemet konvexného okraja (7) do roviny (XY) vykazuje v bode (N) druhú dotyčnicu zvierajúcu uhol (W), ktorý sa rovná šesťnásobku (A) vzhľadom na lúč (14) prechádzajúci bodom (N); pričom prvá a druhá dotyčnica (21, 22) sa pri takomto smere rotácie ventilátora (1), pri ktorom sa konvexný okraj (7) ako prvý stretáva s prúdením vzduchu, nachádza pred

zodpovedajúcimi lúčmi (17, 14), táto prvá a druhá dotyčnica (21, 22) sú usporiadané takým spôsobom, že určujú v rovine (XY) zakrivenie, ktoré vykazuje jedinú konvexnú časť bez inflexných bodov.

10. Ventilátor podľa ktoréhokoľvek z predchádzajúcich nárokov 4 až 8, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že kruhový oblúk, tvorený priemetom konkávneho okraja (8) do roviny (XY), vykazuje polomer (R_{cu}), ktorý sa rovná polomeru (R) stredovej hlavy (3).
11. Ventilátor podľa ktoréhokoľvek z predchádzajúcich nárokov, v y z n a č u j ú c i s a t ý m, že lopatky (4) sú tvorené dielmi, ktorých aerodynamické profily (18) majú uhol (β) lopatky, ktorý sa postupne a konštantne znižuje od päty (5) smerom na koniec (6) lopatky (4) na základe kubickej rovnice ako funkcia polomeru.

Zoznam vzťahových značiek

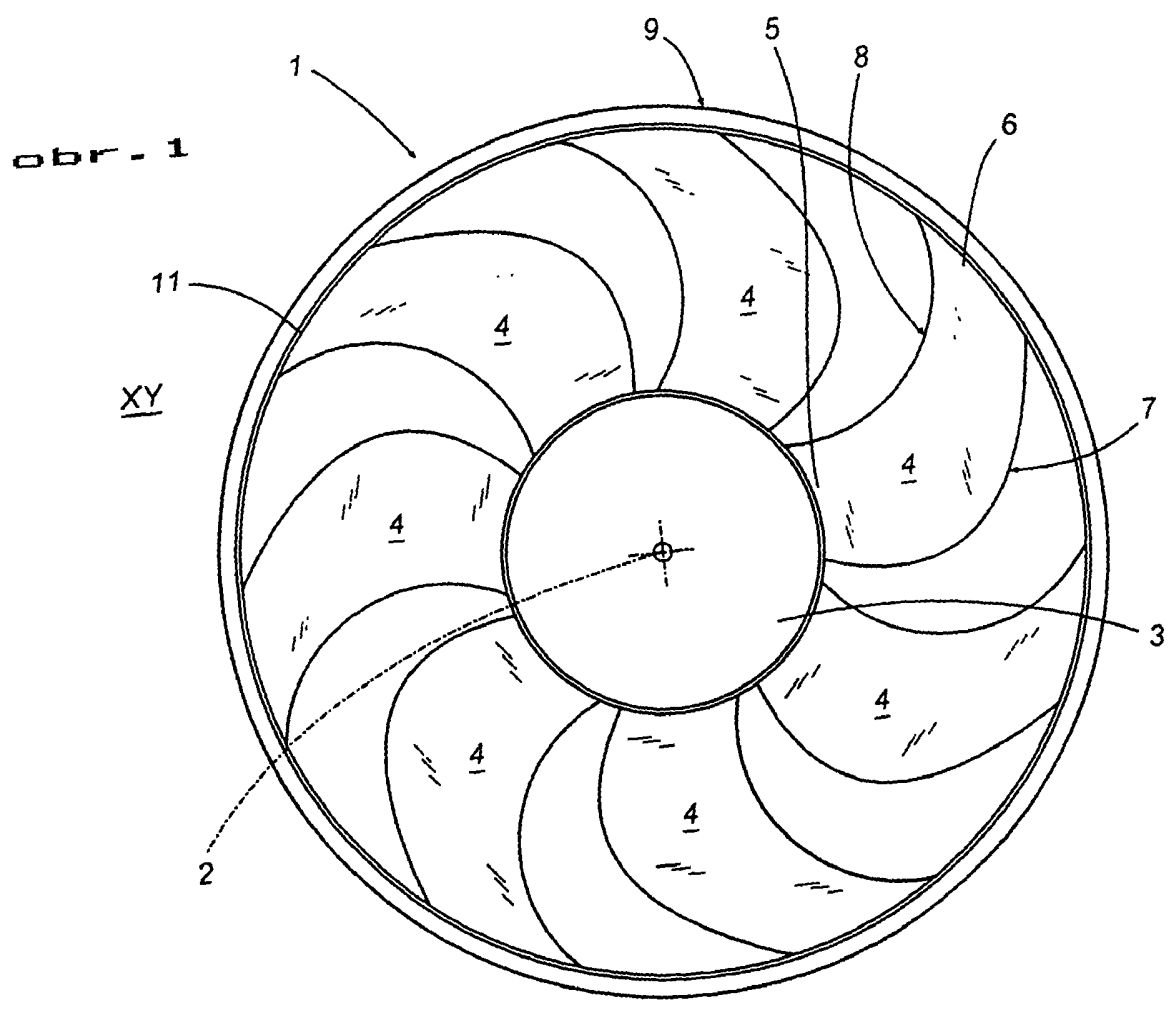
1	ventilátor
2	os
3	stredová hlava
4	lopatka
5	päta
6	koniec
7	konvexný okraj
8	konkávny okraj
9	vystužujúci prstenec
10	vedenie
11	okrajová časť
12	sedlo
13	os uhla
14	lúč
15	lúč
16	lúč
17	lúč
18a	čelná stena
18b	zadná stena
21	dotyčnica
22	dotyčnica
30	ventilátor
31	koleso
32	os
34	lopatky

2001

PCT/IB99/00458

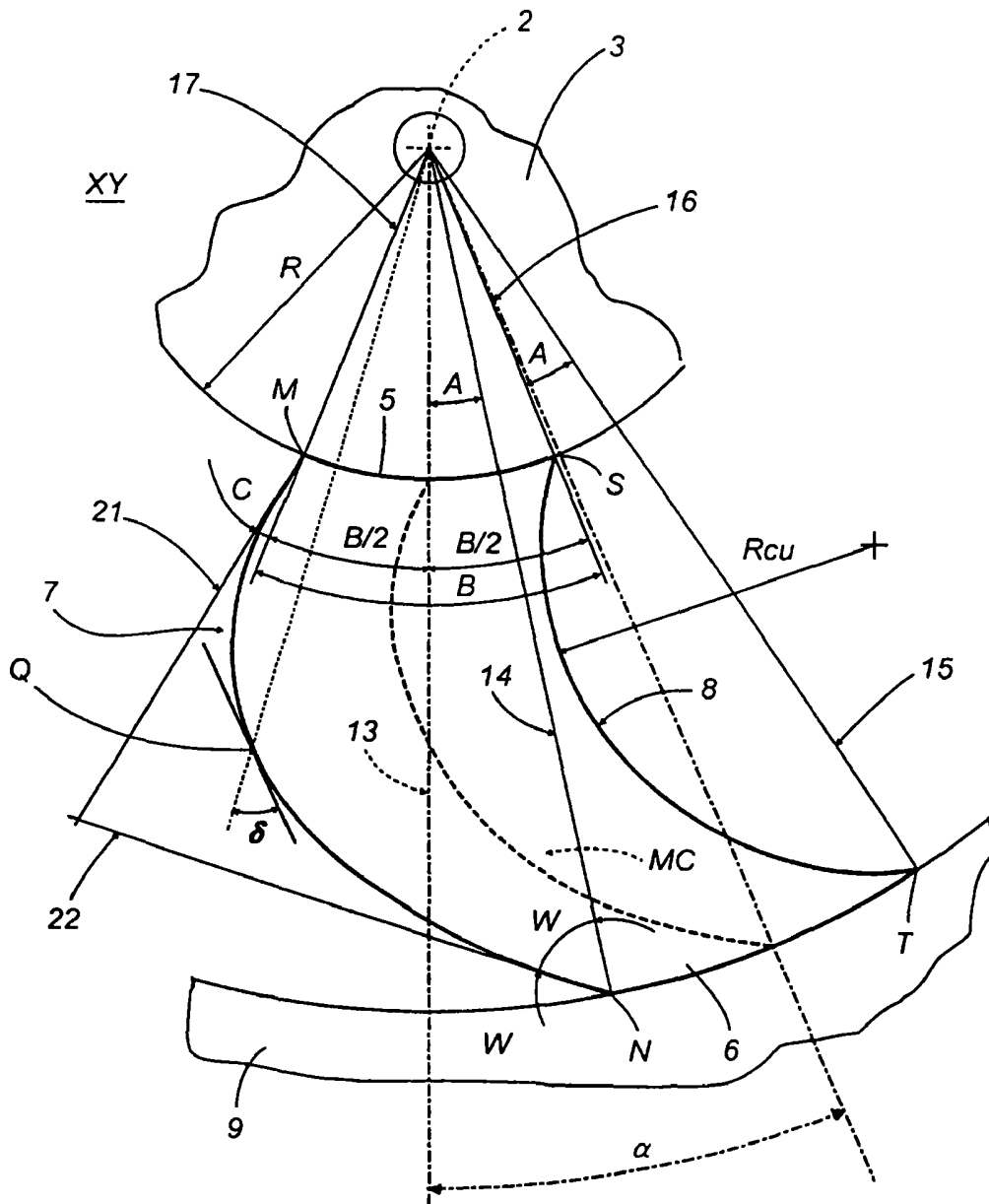
WO 99/49223

1/7

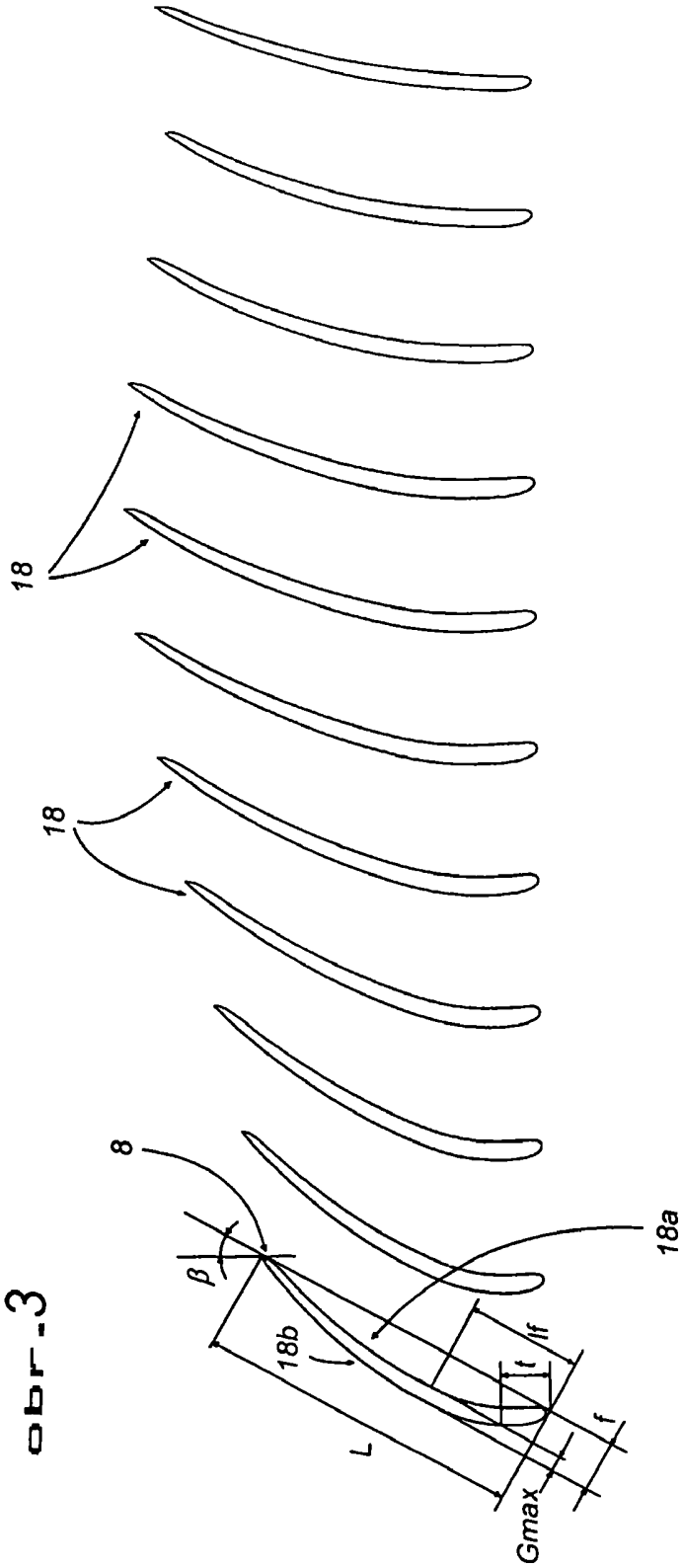


2/7

obr. 2



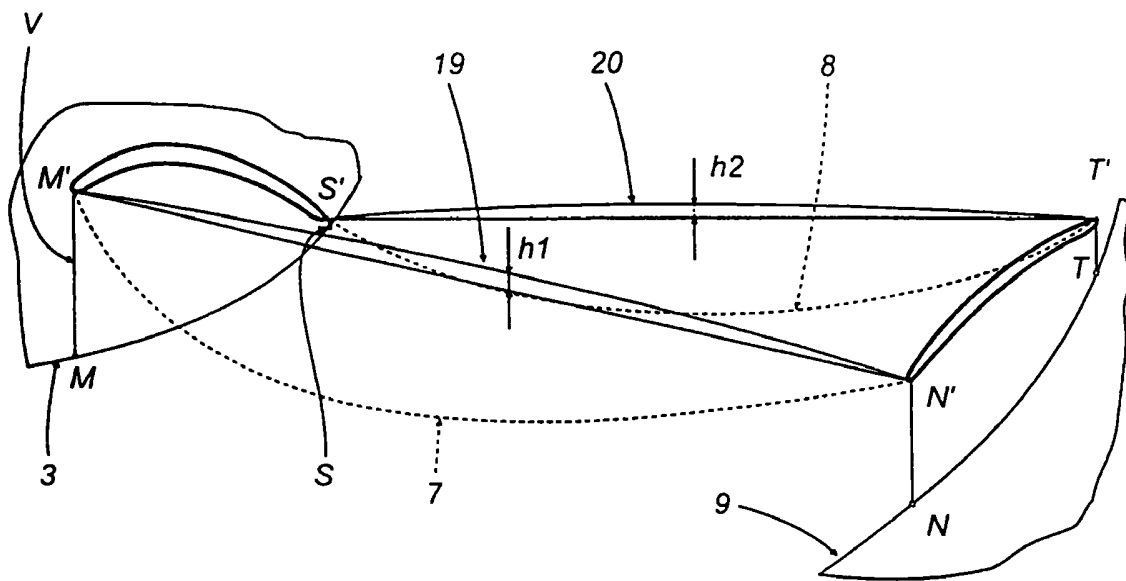
3/7



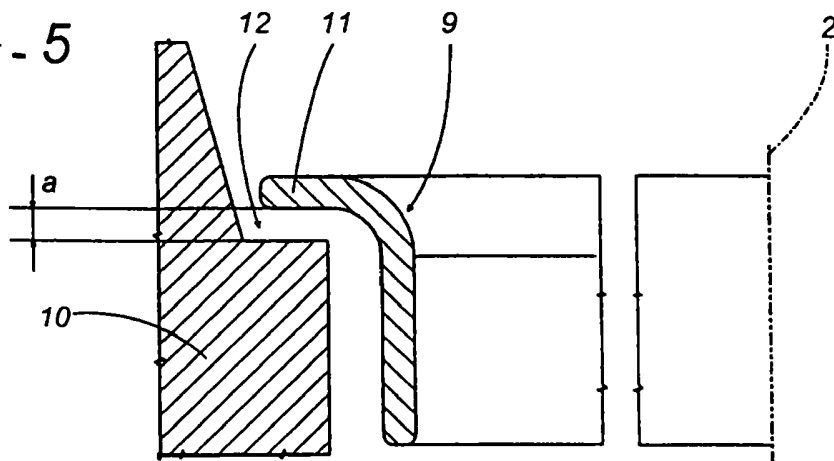
obr-3

4/7

obr. 4

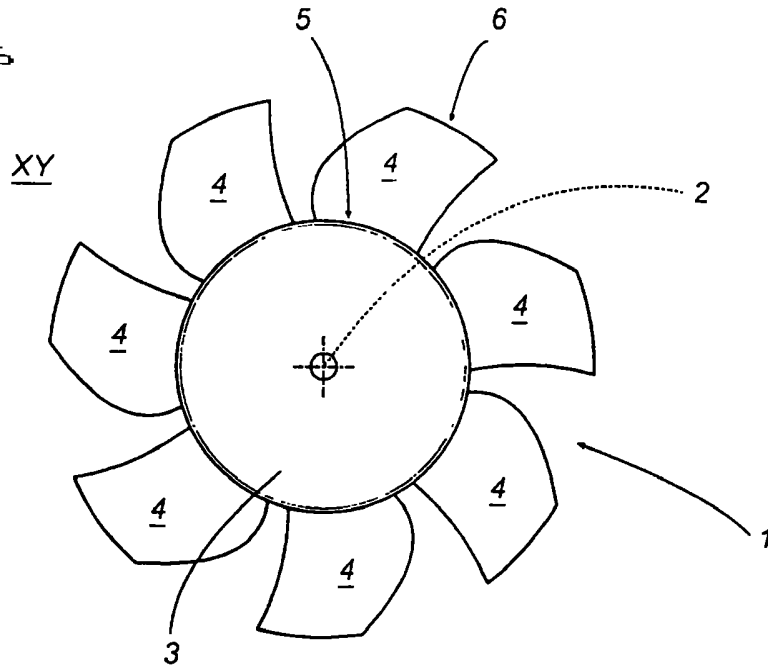


obr. 5

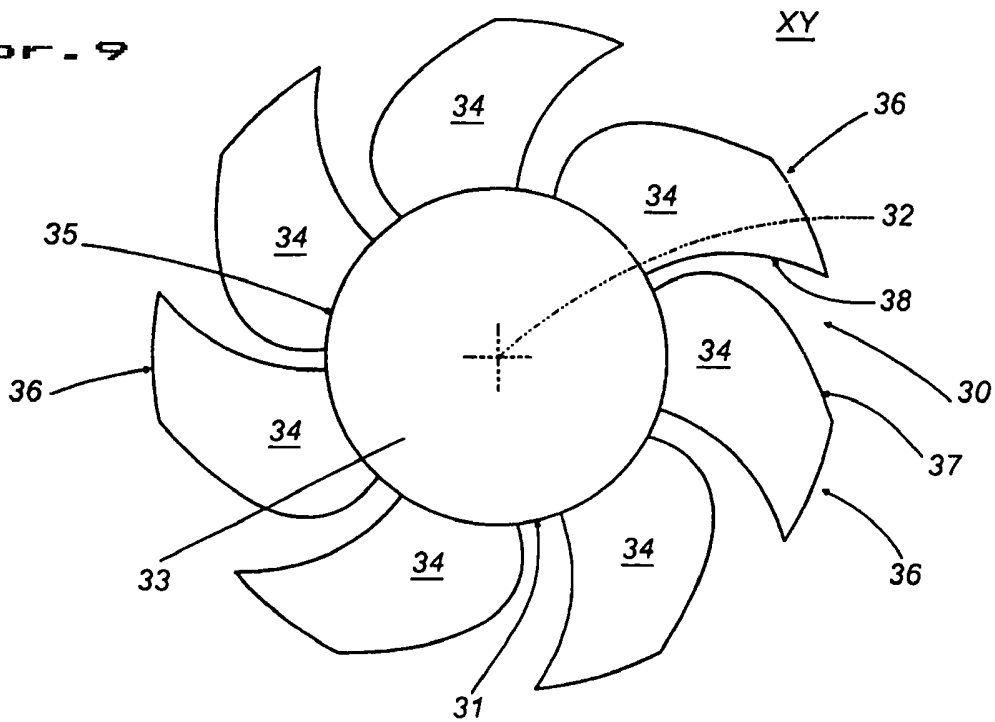


5/7

obr. 6

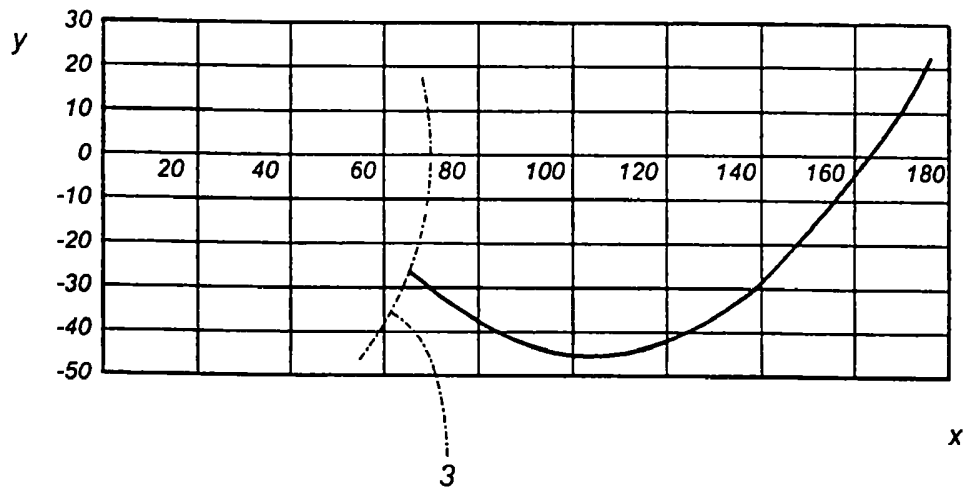


obr. 9

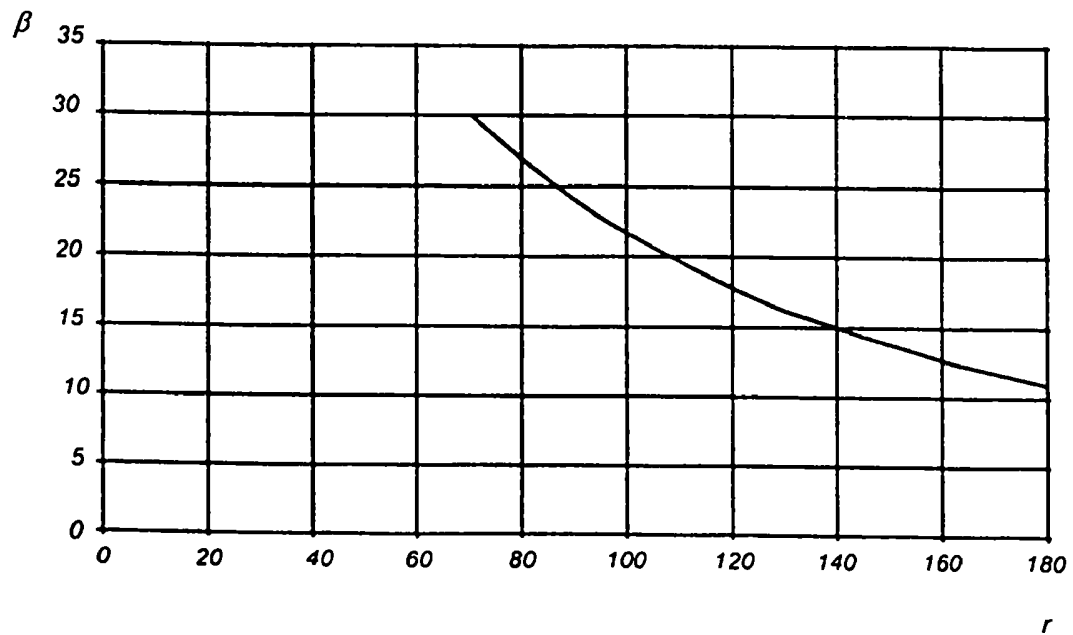


6/7

obr. 7



obr. 8



7/7

obr. 10

