

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2001-1811**
(22) Přihlášeno: **09.12.1999**
(30) Právo přednosti: **09.12.1998** DE 1998/29822003
28.06.1999 DE 1999/19929386
01.10.1999 DE 1999/19947211
25.10.1999 DE 1999/19951346
(40) Zveřejněno: **12.12.2001**
(Věstník č. 12/2001)
(47) Uděleno: **07.02.2008**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **19.03.2008**
(Věstník č. 12/2008)
(86) PCT číslo: **PCT/EP1999/009691**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2000/034651**

(11) Číslo dokumentu:

298 956

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

EP 659641 A; US 5109442 A; EP 284187 A.

(73) Majitel patentu:

WOBBEN Aloys, Aurich, DE

(72) Původce:

Wobben Aloys, Aurich, DE

(74) Zástupce:

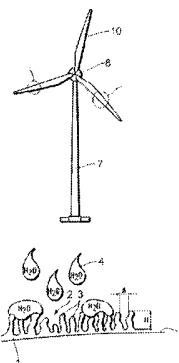
PATENTSERVIS Praha a.s., Jivenská 1, Praha 4, 14000

(54) Název vynálezu:

Rotorový list pro zařízení na využití větrné energie a zařízení na využití větrné energie

(57) Anotace:

Rotorový list (10) pro zařízení na větrnou energii je opatřen vrstvou pro odpuzování vody a/nebo ledu a pro snížení hladiny hluku. Vrstva je vytvořena na alespoň části plochy rotorového listu (10), zejména v jeho poslední třetině směrem od osy rotace rotorového listu (10). Vrstva je vytvořena z barevného nátěru a je tvořena vyvýšeninami (3) a prohlubněmi (2) pro vytvoření drsného a nerovného povrchu (6) rotorového listu (10). Vzdálenost (A) vyvýšenin (3) leží v rozmezí 2 až 250 μm . Výška (H) vyvýšenin (3) je 2 až 250 μm . Vyvýšeniny (3) jsou vytvořeny především z hydrofobních polymerů nebo trvanlivě hydrofobovaných materiálů. Tvrdost vrstvy je menší než tvrdost materiálu rotorového listu (10). Zařízení pak sestává z rotoru s minimálně jedním rotorovým listem (10), s věží (7), jakož i krytem (8) či gondolou obklopující alespoň jeden generátor zařízení. Alespoň jeden z uvedených prvků, jako je rotorový list (10), věž (7) na své vnitřní nebo vnější straně a/nebo kryt (8) či gondola, je opatřen vrstvou (1) odpuzující kapalinu, která je nanesena alespoň na části plochy rotorového listu (10), věže (7) a/nebo krytu (8).



CZ 298956 B6

Rotorový list pro zařízení na využití větrné energie a zařízení na využití větrné energie

Oblast techniky

- 5 Vynález se týká rotorového listu pro zařízení na využití větrné energie a zařízení na využití větrné energie.

Dosavadní stav techniky

- 10 Rotorové listy pro zařízení na využití větrné energie jsou známy v mnoha různých provedeních. Na těchto zařízeních představují rotory, popřípadě jejich rotorové listy, hlavní zdroj hluku. Z důvodu akceptovatelnosti a též z důvodu ochrany proti hluku je účelné usilovat o to, aby se emise hluku udržely tak nízké, jak jen to je možné, protože zařízení na větrnou energii jsou postavena často i v blízkosti obytných budov. Emise hluku, ke kterým dosud dochází provozová-
- 15 ním zařízení na větrnou energii, popř. konvertoru větrné energie, vedou také k tomu, že zařízení na větrnou energii se stávají na základě své hlučnosti příčinou odporu okolních obyvatel, a proto se tato zařízení mohou vzhledem k tomu prosazovat jen obtížně nebo je nelze prosadit. Správní úřady pak odmítají z důvodu ochrany životního prostředí zařízení na větrnou energii povolovat, protože i hluk je faktorem zatěžujícím životní prostředí.

- 20 Existuje mnoho návrhů, jak rotorový list zařízení na větrnou energii konstrukčně změnit tak, aby bylo dosaženo snížení hladiny hluku. Např. jsou známa provedení podle spisů EP-A-0 652 367 nebo DE 196 14 420.5. Ta obsahují návod na určité snížení hladiny hluku pomocí různých konstrukčních opatření na rotorovém listu, což je však možné jen ve velmi omezené míře.

- 25 Je též znám spis EP 0 659 641, podle něhož se redukce hluku na povrchu, který přichází do styku s kapalinou, může provést pomocí pokrytí úseku tohoto povrchu potahem v podobě kožešiny nebo srsti, k čemuž se použijí jemná vlákna vytvářející takovýto pokryv. V tomto spise však není nikde odkaz na to, použít takovýto pokryv na rotorových listech zařízení na větrnou energii a navíc takovýto povrchy odpuzují kapaliny, konkrétně vodu, a naopak se částice vody mohou mezi jemnými vlákny umělé kožešiny zachytit a činit při provozu větrného zařízení potíže, např. ještě více pak zvyšovat hladinu hluku. Proto tento spis nepřináší praktické řešení problému snížení hladiny hluku u rotorových listů zařízení na větrnou energii.

- 35 Podle spisu EP 0 652 367 je pak známo tlumení hluku u rotorů zařízení na větrnou energii tak, že se provedou protihluková opatření na dozadu směřující hraně rotorového listu, která se vytvoří pilovitě. Takovýto uspořádání však nepřináší žádné významné snížení hladiny hluku a je od řešení podle předloženého vynálezu zcela rozdílné.

Proto je cílem vynálezu emisi hluku zařízení na větrnou energii dále zlepšit.

40

Podstata vynálezu

- Tohoto cíle se dosáhne rotorovým listem zařízení na větrnou energii, obsahující prostředky ke snížení hluku produkovaného rotorovým listem, kde podstata vynálezu spočívá v tom, že prostředek ke snížení hluku je tvořen kapalinu odpuzující vrstvou a/nebo povrchem, který je vytvo-
- 45 řen alespoň na části plochy rotorového listu.

Vynález je též možno provést tak, že vrstva odpuzující kapalinu je nanесena alespoň tam, kde při rotaci rotorového listu vzniká podstatná produkce hluku.

50

Vynález je též možno provést tak, že rotorový list je opatřen alespoň částečně povlakem, který rotorovému listu v jeho mikrostruktuře propůjčí nerovnost zabraňující udržení vodních kapek na povrchu rotorového listu a snižující produkci hluku rotorového listu při provozu zařízení.

Vynález je též možno provést tak, že povrch rotorového listu je alespoň částečně opatřen vrstvou odpuzující kapalin, takže povrch rotorového listu je v potažené oblasti měkčí než v nepotažené oblasti.

- 5 Vynález je též možno provést tak, že vrstva odpuzující kapalinu má povrchovou strukturu skládající se z vyvýšenin a prohloubenin, že odstup mezi vyvýšeninami leží v rozsahu 2 až 250 μm a výška vyvýšenin leží v rozsahu 2 až 250 μm , přičemž vyvýšeniny výhodně sestávají z hydrofobních polymerů nebo trvale hydrofobovaných materiálů, které nejsou přírodním deštěm uvolnitelné.
- 10 Vynález je též možno provést tak, že vrstva odpuzující kapalinu má povrch, který je vytvarován podobně jako žraločí kůže.

- Vynález je též možno provést tak, že rotorový list je pro proudění vykazující jeden hlavní směr vytvořen povrch stěny turbulentně přetékané prouděním opatřený žebry uspořádanými ve vzájemném odstupu a ve směru hlavního proudění, přičemž výška žebor činí přibližně 30 až 70 % bočního odstupu žebor.
- 15

Vynález je též možno provést tak, že žebra jsou vytvořena klínovitě, výhodně v úhlu zešíkmení přibližně 10 až 60°.

- 20 Vynález je též možno provést tak, že normovaný boční odstup žebor je dán vzorcem $s^+ = (s/\eta) \cdot \sqrt{(\tau_0 / \rho)}$, kdy výsledná hodnota činí 12 až 22, přičemž s je boční odstup žebor, τ_0 je smykové napětí stěny hladkého referenčního povrchu, který je vystaven stejnému proudění, ρ je hustota kapaliny a η je kinematická vazkost kapaliny.

- 25 Vynález je též možno provést tak, že normovaný odstup žebor je při jmenovitém provozu přizpůsoben obvodové rychlosti rotorového listu, výhodně obvodové rychlosti v oblasti špičky rotorového listu.

Vynález je též možno provést tak, že boční odstup žebor činí 0,001 až 0,15 mm.

- 30 Vynález je též možno provést tak, že boční výstupky žebor mají poloměr zakřivení maximálně 5 až 35 % bočního odstupu s žebor.

Vynález je též možno provést tak, že povrch mezi žebry má poloměr zakřivení minimálně 100 %, výhodně 200 až 400 % bočního odstupu žebor.

- 35 Vynález je též možno provést tak, že na částech oblasti rotorového listu, výhodně na přední hraně rotorového listu, je nanesen ochranný lak proti erozi, který vykazuje lpění odpuzující vlastnosti svého povrchu.

- 40 Vynález je též možno provést tak, že ochranným lakem proti erozi je dvousložkový polyuretanový lak obsahující rozpouštědlo.

Vynález se též týká zařízení na větrnou energii s rotorovým listem podle kteréhokoliv výše uvedeného význaku.

- 45 Zařízení na větrnou energii pak sestává z rotoru s minimálně jedním rotorovým listem, s věží, jakož i krytem či gondolou obklopující alespoň jeden generátor zařízení na větrnou energii, přičemž podstata vynálezu spočívá v tom, že alespoň jeden z uvedených prvků, jako je rotorový list, věž na své vnitřní nebo vnější straně a/nebo kryt či gondola, je opatřen vrstvou odpuzující kapalinu, která je nanášena alespoň na části plochy rotorového listu, věže a/nebo krytu.
- 50

Vynález spočívá na poznatku, že je-li povrch rotorového listu alespoň částečně opatřen vrstvou odpuzující vodu a/nebo led, rotorový list se také zdrsní. Tedy místo toho, aby se rotorový list

opatřil nátěrem, který propůjčí rotorovému listu z vrchní strany co možná největší hladkost, udělá se přesně opak, a sice, že se vytvoří mikrostruktura s drsným povrchem. Takové povrchy jsou např. známy také u laků nebo povlaků, které naplňují funkčnost tzv. „lotosového efektu“, takže voda nebo led ulpí na povrchu jen slabě. Zároveň vznikne povlak který je vytvořen z barevného nátěru a z určitého druhu drápkového lůžka ve velikosti nanometrů. Tyto tzv. nano-drápky nejen zdrsňují povrch rotorového listu, nýbrž propůjčují jeho povrchu také menší tvrdost, protože jednotlivé nano-drápky jsou ve svém podélném směru také tvárné, popř. jsou ve své struktuře značně měkčí než povlak rotorového listu ze skelných vláken.

„Lotosový“ povlak působí tedy na rotorovém listu tak, že se vír, vytvářející se na horní straně rotorového listu, vlivem měkké struktury povrchu tlumí, popř. se vzduchovým vírům odebere energie, takže se ve svém úhrnu hluk vznikající při rotaci rotorového listu sníží.

Jako samočisticí povlak, popř. nátěr, se kterým může být v provozu dosaženo značné redukce hluku rotorového listu, se uvádí mikrosilikonová barva Lotusan, což je obchodní značka firmy Ispo GmbH, podniku skupiny Dyckerhoff. Tato mikrosilikonová barva se prodává pod obchodním označením „Zboží č. 1950“ a popisuje se jako barva odpuzující nečistoty a vodu. Je také možné vytvořit povlak pomocí fólie, jejíž povrchová struktura tvoří vrstvu odpuzující vodu. Samočisticí povrchy a jejich výroba jsou také známy ze spisu EP 0 772 514, který však s podstatou vynálezu nemá nic společného.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je dále blíže popsán a vysvětlen na základě připojeného výkresu, který znázorňuje na obr. 1 pohled na zařízení na větrnou energii s rotorem a na obr. 2 výřez rotorového listu v řezu.

Příklady provedení vynálezu

Obr. 1 znázorňuje pohled na zařízení na větrnou energii s rotorem, na kterém jsou upevněny tři rotorové listy 10. Na obr. 1 je znázorněno zařízení na větrnou energii typu E-40 od firmy Enercon.

Obr. 2 znázorňuje výřez rotorového listu 10 v řezu. Je na něm vidět, že se na jeho povrchu 6 nachází vrstva 1 odpuzující kapalinu, např. je tam nanesen nátěr, který tvoří drápkové lůžko 2, sestávající z tzv. nano-drápků 3. Odstup A mezi nano-drápků 3 leží v rozsahu přibližně 2 až 250 μm a výška H nano-drápků 3 leží v rozsahu přibližně 2 až 250 μm . Nano-drápky 3 sestávají např. z hydrofobních polymerů nebo trvanlivě hydrofobovaných materiálů. Obzvláště dobrých výsledků snížení hluku, vydávaného rotorovým listem 10, se docílí tehdy, jestliže mají nano-drápky 3 výšku přibližně 5 až 60 μm a jejich odstup mezi nimi leží přibližně v rozsahu 5 až 110 μm .

Povlak rotorového listu 10 s mikrosilikonovou barvou, kterou je např. barva zn. Lotusan, má za následek, že se voda, tedy H_2O , popř. jiné kapaliny, na povrchu rotorového listu 10 nepřichytí. Tím se také od počátku odstraní příčina k vytvoření náklady ledu.

Výhodně není vrstva 1 na rotorovém listu 10 nanesená po celé ploše, nýbrž jen v poslední třetině směrem od rotoru, tedy od rotorového listu 10, a tam výhodně v oblasti špičky rotorového listu 10, popřípadě na jeho zadní a přední hraně.

Vytvořením nano-drápků 3 se dosáhne toho, že povrch 6 rotorového listu 10 je velmi nerovnoměrný, resp. značně drsný, takže gravitace vodních kapek 4, popř. molekul, a povrchu rotorového listu 10 nestačí k tomu, aby se na něm molekuly vody přichytily. Nano-drápky 3 tedy udržují cizí molekuly vody zdánlivě v odstupu od povrchu 6 rotorového listu 10, čímž je přitažlivá síla mezi molekulami vody a povrchem značně snížena.

Současně mají nano-drápky 3 pro redukci hluku funkci jakéhosi rázového tlumiče hluku, protože víry, na obrázcích neznázorněné, které se přirozeně na povrchu 6 rotorového listu 10 vytvářejí a které podporují vydávání hluku, dopadají na nano-drápky 3, které ze své strany vlivem relativně velké pohyblivosti, ve srovnání k tuhé struktuře ze skelných vláken rotorového listu 10, mohou zachycovat energii vírů a tedy vzduchovým vírům energii odnímat, takže se hluk redukuje.

Vrstva 1 může být tvořena nátěrem nebo nalepenou fólií. Může být nanесena nikoliv jen na rotorovém listu 10 nebo jeho částech, nýbrž také na jiných dílech zařízení na větrnou energii, např. na věži 7 zařízení na větrnou energii a/nebo na krytu 8. Tento kryt 8, obvykle také nazývaný gondolou, se nachází u hlavy věže 7 a obklopuje rovnoměrně generátor zařízení na větrnou energii nebo další části zařízení na větrnou energii, které nemají být přímo vystaveny vlivu okolního prostředí. Vrstva 1 může být přitom umístěna nejen vně na věži 7, popř. rotorovém listu 10 a/nebo krytu, nýbrž také z vnitřní strany. Přitom je výhodné, jestliže jsou z vnitřní a/nebo vnější strany uspořádány odkapávací žlábkы, na obrázcích neznázorněné, pomocí kterých se může kupříkladu voda, stékající po věži 7 a/nebo po krytu 8, zachycovat, hromadit a kontrolovaně odvádět. Takové žlábkы probíhají výhodně v podstatě kolmo nebo s mírným sklonem k podélné ose věže 7 na její stěně a zachycená kapalina se odvádí navazujícím dešťovým svodem.

Snížení hladiny hluku může být alternativně nebo jako doplněk k výše popsanému řešení dosahováno také tím, že rotorový list 10 má speciální povrch na způsob žraločí kůže. Tento povrch může být vytvořen pomocí foliového povlaku. Taková fólie se prodává kupříkladu firmou 3M pod typovým označením 3M 8691 Drag Reduction Tape (Riblet Tape). Tato fólie byla vyvinuta na objednávku leteckého průmyslu s cílem dosáhnout pomocí tohoto speciálního povrchu úspory paliva u letadel.

Struktura takové „žraločí fólie“ je např. známa ze zveřejnění díla Dittricha W. Becherta z oddělení výzkumu turbulence Německého centra pro letectví a astronautiku (DLR). Struktura „žraločí fólie“ či povlaku je mezi jiným také podrobně popsána ve spisech EP 0 846 617, DE-C-36 09 541 nebo DE-C-34 14 554.

Protože základní hladina hluku je u letadel v podstatě určena pohonnými jednotkami, leží aerodynamický hluk vyvolávaný na povrchu letadla, zejména na jeho nosných plochách, pod poslechovým prahem, a proto není proto nijak zvlášť vnímán.

Fólie s povrchem na principu žraločí kůže byla vyvinuta inženýrským týmem kolem pana Dr. Diettricha W. Becherta z oddělení výzkumu turbulence Německého centra pro letectví a astronautiku na Technické univerzitě v Berlíně. U takové „žraločí fólie“ má její povrch jemné drážky 11 ve směru proudění. Ty nejsou vytvořeny všude, nýbrž jen na destičkách 12 v podobě šupin, které jsou ze své strany uspořádány vůči sobě přesazeně, jak je to znázorněno na obr. 3. U znázorněného příkladu má šupina pět drážek 11, resp. je opatřena žebry, která mají různě velkou délku a svým podélným směrem jsou vyrovnána kolmo k poloměru r rotorového listu zařízení na větrnou energii, nebo rovnoběžně s ním. Výška H drážek 11, resp. žeber přitom činí přibližně 30 až 70 % vzájemného odstupu s drážek 11 a výhodně jsou tyto drážky 11, popřípadě jimi vytvořená žebra klínovitá s úhlem zešíkmení přibližně 5 až 60°.

Vrstva 1 má tedy povrchovou strukturu skládající se z vyvýšenin 3 a prohloubenin. Jak bylo uvedeno s výhodou leží odstup A mezi vyvýšeninami 3 v rozsahu 2 až 250 μm a výška H vyvýšenin 3 leží v rozsahu 2 až 250 μm, přičemž vyvýšeniny 3 výhodně sestávají z hydrofobních polymerů nebo trvale hydrofobovaných materiálů, které nejsou přírodním deštěm uvolnitelné.

Obecně matematicky je možno stanovit, že normovaný boční odstup žeber povrchu se „žraločí fólií“ přitom má podle vzorce

$$s^+ = (s/ny) * \sqrt{(\tau_0 / \rho)},$$

hodnotu 12 až 22, přičemž s je boční odstup žeber, τ_0 je napětí stěny hladkého referenčního povrchu, který je vystaven stejnému proudění, ρ je hustota proudícího média, zpravidla vzduchu, a η kinematická viskozita proudícího média, zpravidla vzduchu. Přitom je s výhodou normovaný odstup s^+ žeber přizpůsoben obvodové rychlosti nebo úhlové rychlosti rotorového listu zařízení na větrnou energii ve jmenovitém provozu. Výhodně je přitom přizpůsoben obvodové rychlosti špičky rotorového listu, popřípadě oblasti špičky rotorového listu, to je přibližně 5 až 25 % délky rotorového listu. Odstup s drážek činí přitom přibližně 0,001 až 0,15 mm.

Je také možné uspořádat přes celý povrch rotorového listu povrchové struktury s různým odstupem drážek a/nebo odstupem šupin, takže je tím dáno přizpůsobení normovaného odstupu drážky vždy příslušné obvodové rychlosti rotoru ve jmenovitém provozu.

Výhodně mají také boční výstupky žeber poloměr zakřivení maximálně 50 %, výhodně maximálně 20 % bočního odstupu s žeber.

Je také výhodné, jestliže má povrch „žraločí fólie“ mezi žebry poloměr zakřivení minimálně 100 %, výhodně 200 až 400 % bočního odstupu s žeber 11. To je znázorněno ve zvětšeném pohledu na průřez na obr. 4.

První pokusy ukázaly, že dávka hluku rotoru s rotorovými listy, které mají výše popsanou „žraločí fólii“ a tím také příslušný popsaný povrch, se mohla redukovat přibližně 0,2 až 3 dB, podle obvodové rychlosti a poměrů při nárazovém větru.

Alternativní nebo doplňující opatření k výše popsaným opatřením na redukci hluku může také spočívat v tom, že se dílčí oblasti rotorového listu, zejména přední hrana rotorového listu, opatří ochranným lakem proti erozi. Takovým ochranným lakem proti erozi může být např. dvousložkový polyuretanový lak s rozpouštědlem, s vlastnostmi povrchu podobnými teflonu. Doposud se na přední hrany rotorového listu nalepují fólie na ochranu proti korozi, aby zabráňovaly erozi přední hrany rotorového listu vlivem částic nečistot nebo deštěm či kroupami nebo obdobnými vlivy. Nalepování této fólie je velmi nákladné a musí být prováděno s velkou péčí, aby se zabránilo jejímu brzkému uvolnění v provozu. Navzdory velké péči však potom vždy zase dojde k tomu, že se nanesená fólie uvolní, což může podle okolností vést i ke zvýšení úrovně hluku v provozu, v každém případě ale zapříčiní vysoké servisní náklady, protože uvolněné, popř. odstávající části fólie nebo rohy fólie musejí být na rotorovém listu nově upevněny, nebo musejí být umístěny nové fólie.

Jako ochranný lak proti erozi, se kterým mohou být problémy známé fólie na ochranu proti erozi odstraněny, se hodí kluzné uzavření povrchu, jak je nabízí firma Coelan pod označením VP 1970M. Přitom se jedná o dvousložkový PUR lak s rozpouštědlem, s teflonu podobnými povrchovými vlastnostmi, jakož i s následujícími charakteristikami:

40	Obsah pevných těles:	složka A	: cca 60 %
		složka B	: cca 5 %
		směs	: cca 32 %
	Teplota vzplanutí:	-22 °C	
45	Hustota:	složka A	: 1,11 g/cm ³ (20 °C)
		složka B	: 0,83 g/cm ³ (20 °C)
	Viskozita:	složka A	: cca 80 s, DIN 4 (23 °C)
		složka B	: <10 s, DIN 4 (23 °C)
	Doba zpracování:	cca 16 h v uzavřené nádobě	
50	Tvoření škráloupu:	cca 30 min	(20 °C; 50% relativní vlhkosti vzduchu)
	Nelepivost po:	cca 2 h	(20 °C; 50% relativní vlhkosti vzduchu)

Tvrdost podle Herberta: 147 vteřin (podle Königa, DIN 53157)

Urychlená zkouška trvala 2350 h UV-A s panelovým přístrojem „Q“ na umělou povětrnost (tzv. QUV-test) trvala 2430 h při záření UV-B.

Poměr směsi: složka A : 100 hmotnostních částí
složka B : 100 hmotnostních částí

Tento lak byl vyvinut pro stavbu člunů, jeho použití pro rotorové listy ke zmenšení vzniku hluku nebylo dosud nikdy navrženo, ale je přitom velmi výhodné, protože může nahradit známou fólii na ochranu proti erozi a mohou být tak odstraněny problémy spojené s použitím této fólie.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Rotorový list zařízení na využití větrné energie, obsahující prostředky ke snížení hluku produkovaného rotorovým listem, **vyznačující se tím**, že prostředek ke snížení hluku je tvořen kapalinu odpuzující vrstvou (1) a/nebo povrchem, který je vytvořen alespoň na části plochy rotorového listu (10).

2. Rotorový list podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vrstva (1) odpuzující kapalinu je nanесena alespoň tam, kde při rotaci rotorového listu (10) vzniká podstatná produkce hluku.

3. Rotorový list podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že je opatřen alespoň částečně povlakem, který rotorovému listu (10) v jeho mikrostruktuře propůjčí nerovnost zabráňující udržení vodních kapek na povrchu rotorového listu a snižující produkci hluku rotorového listu při provozu zařízení.

4. Rotorový list podle nároků 1, 2 nebo 3, **vyznačující se tím**, že povrch rotorového listu (10) je alespoň částečně opatřen vrstvou (1) odpuzující kapalinu, takže povrch rotorového listu (10) je v potažené oblasti měkčí než v nepotažené oblasti.

5. Rotorový list podle některého z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že vrstva (1) má povrchovou strukturu skládající se z vyvýšenin (3) a prohloubenin, že odstup (A) mezi vyvýšeninami (3) leží v rozsahu 2 až 250 μm a výška (H) vyvýšenin (3) leží v rozsahu 2 až 250 μm , přičemž vyvýšeniny (3) výhodně sestávají z hydrofobních polymerů nebo trvale hydrofobovaných materiálů, které nejsou přírodním deštěm uvolnitelné.

6. Rotorový list podle některého z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že vrstva (1) odpuzující kapalinu má povrch, který je vytvarován podobně jako žraločí kůže.

7. Rotorový list podle některého z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že rotorový list (10) je pro proudění vykazující jeden hlavní směr vytvořen povrch stěny turbulentně přetékané prouděním opatřený žebry uspořádanými ve vzájemném odstupu (s) a ve směru hlavního proudění, přičemž výška žebor činí přibližně 30 až 70 % bočního odstupu žebor.

8. Rotorový list podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že žebra jsou vytvořena klínovitě, výhodně v úhlu zešíkmení přibližně 10 až 60°.

9. Rotorový list podle některého z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že normovaný boční odstup žebor obnáší hodnotu danou vzorcem

$$s^+ = (s/ny) * \sqrt{(\tau_0 / \rho)},$$

kdy tato hodnota činí 12 až 22, přičemž s je boční odstup žeber, τ_0 je smykové napětí stěny hladkého referenčního povrchu, který je vystaven stejnému proudění, ρ je hustota kapaliny a ny je kinematická vazkost kapaliny.

5

10. Rotorový list podle některého z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že normovaný odstup s^+ žeber je při jmenovitém provozu přizpůsoben obvodové rychlosti rotorového listu (10), výhodně obvodové rychlosti v oblasti špičky rotorového listu (10).

10

11. Rotorový list podle některého z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že boční odstup (s) žeber činí 0,001 až 0,15 mm.

15

12. Rotorový list podle některého z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že boční výstupky žeber (11) mají poloměr zakřivení maximálně 5 až 35 % bočního odstupu (s) žeber (11).

20

13. Rotorový list podle některého z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že povrch mezi žebry (11) má poloměr zakřivení minimálně 100 %, výhodně 200 až 400 % bočního odstupu (s) žeber (11).

14. Rotorový list, zejména podle některého z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že na částech oblasti rotorového listu (10), výhodně na přední hraně rotorového listu (10), je nanesen ochranný lak proti erozi, který vykazuje lpění odpuzující vlastnosti svého povrchu.

25

15. Rotorový list podle nároku 16, **vyznačující se tím**, že ochranným lakem proti erozi je dvousložkový polyuretanový lak obsahující rozpouštědlo.

16. Zařízení na větrnou energii s rotorovým listem podle kteréhokoliv z předcházejících nároků.

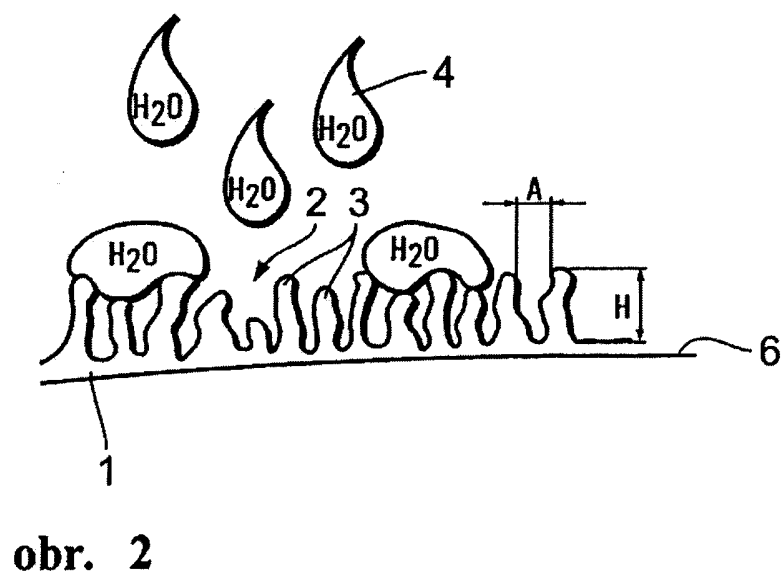
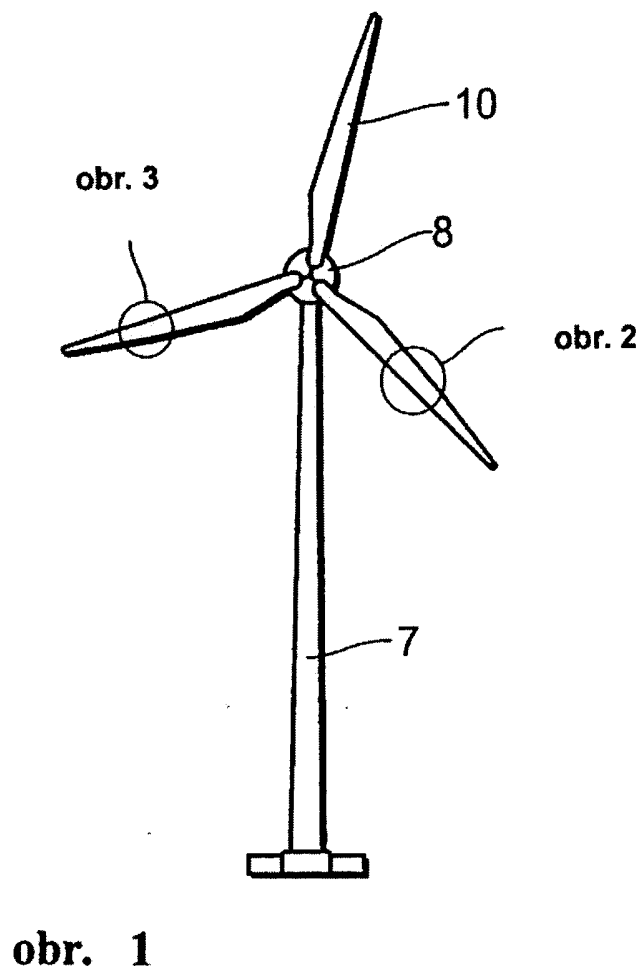
30

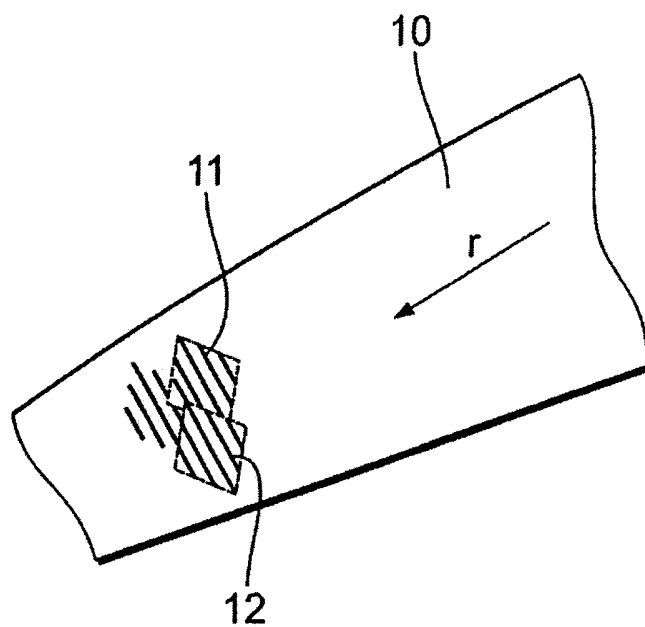
17. Zařízení na větrnou energii, sestávající z rotoru s minimálně jedním rotorovým listem (10), s věží (7), jakož i krytem (8) či gondolou obklopující alespoň jeden generátor zařízení na větrnou energii, **vyznačující se tím**, že alespoň jeden z výše uvedených prvků, jako je rotorový list (10), věž (7) na své vnitřní nebo vnější straně a/nebo kryt (8) či gondola, je opatřen vrstvou (1) odpuzující kapalinu, která je nanесena alespoň na části plochy rotorového listu (10), věže (7) a/nebo krytu (8).

35

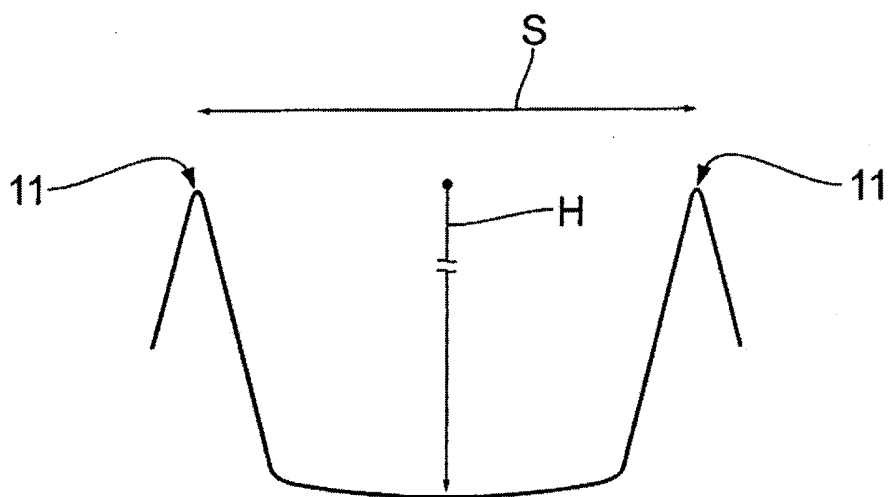
3 výkresy

40





obr. 3



obr. 4

Konec dokumentu
