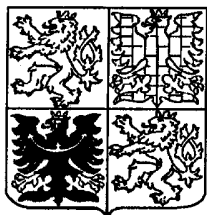


ČESKÁ
REPUBLIKA

(19)



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(12)

(22) 03.03.93
(32) 04.03.93
(31) 93/4306689
(33) DE
(40) 14.09.94

(21) 483-94

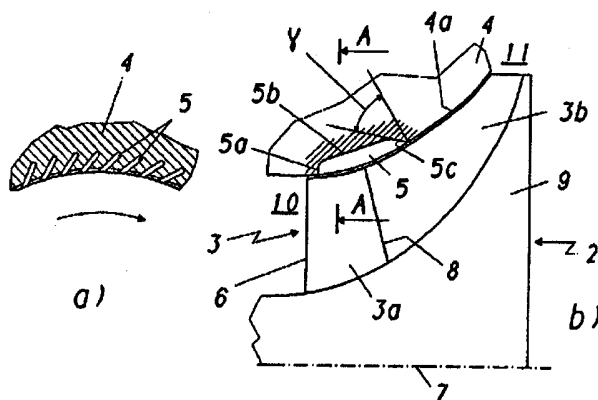
(13) A3

5(51)

F 04 D 29/40

- (71) ABB Management AG, Baden, CH;
(72) Heinrich Klaus dr. ing., Nussbaumen, CH;
(54) Radiální kompresor se skříní stabilizující proudění

- (57) Radiální kompresor se skříní stabilizující proudění sestává z oběžného kola (2), uloženého otočně kolem osy (7) stroje, s nábojem (9), na jehož obvodu jsou uspořádány oběžné lopatky (3), ze skříně (4), obklopující oběžné kolo (2), jejíž vnitřní obrys (4a) je přizpůsoben vnějšímu obrysu oběžných lopatek (3) a která spolu s nábojem (9) tvoří mezi axiálním vstupem (10) a radiálním výstupem (11) průtokový kanál, a z podélných stabilizačních štěrbin (5), upravených ve vstupní oblasti průtokového kanálu a probíhajících rovnoběžně se směrem proudění, které zasahují z vnitřního obrysu (4a) do skříně (4) a jsou rozmístěny po vnitřním obvodu skříně (4). Pro rozšíření stabilního pracovního rozsahu jsou stabilizační štěrby (5) vzhledem k oběžným lopatkám (3) uspořádány tak, že jejich přední konec, přivrácený k axiálnímu vstupu (10), leží v předem stanovené vzdálenosti po proudu za náběžnou hranou (6) oběžné lopatky (3).



MP-103-94-Ho

Radiální kompresor se skříní stabilizující proudění

Oblast techniky

Vynález se týká radiálního kompresoru se skříní stabilizující proudění, sestávajícího z

- (a) oběžného kola, uloženého otočně kolem osy stroje, s nábojem, na jehož obvodu jsou uspořádány oběžné lopatky,
- (b) skříně, obklopující oběžné kolo, jejíž vnitřní obrys je přizpůsoben vnějšímu obrysu oběžných lopatek a která spolu s nábojem tvoří mezi axiálním vstupem a radiálním výstupem průtokový kanál, a
- (c) podélných stabilizačních šterbin, upravených ve vstupní oblasti průtokového kanálu a probíhajících rovnoběžně se směrem proudění, které zasahují z vnitřního obrysu do skříně a jsou rozmístěny po vnitřním obvodu skříně.

Takový radiální kompresor je znám například z patentu US-A-4 212 585.

Dosavadní stav techniky

U radiálních kompresorů je stabilní provozní oblast omezena při silném škrcení na malé objemové proudění takzvanou "hranicí pumpování". Za hranicí pumpování již není možný bezpečný provoz kompresoru. Navíc potom v důsledku nestacionárního proudění vznikají velmi velká mechanická zatížení všech součástí, které mohou vést k poškození kompresoru nebo dokonce k jeho zničení.

V současné době existuje pro mnoho použití velký zájem přesunout hranici pumpování radiálního kompresoru do oblasti menších objemových proudění, aby se stabilní pracovní oblast

kompresoru zvětšila. Předpokladem k tomu je znalost příčin, které jsou pro vznik hranice pumpování rozhodující, a její polohu určují.

Pro zjištění jevů zhroucení stabilního proudění kompresoru existuje mnoho experimentálních a teoretických výzkumů. V odborném světě prakticky panuje shoda v tom, že recirkulační vír, tvořící se při škrcení kompresoru v přední oblasti oběžného kola, se ve velké míře podílí na vzniku pumpování. Všechny známé konstrukce pro přesunutí hranice pumpování jsou tedy zaměřeny na potlačení nebo ovlivnění tohoto víru.

Jedno řešení, označované jako "úprava tělesa čerpadla" (Casing Treatment), je popsáno ve zmíněném patentu. Toto řešení je znázorněno na obr. 1 a vyznačuje se provedením většího počtu úzkých stabilizačních štěrbin 5 ve skříni 4 čerpadla. Tyto stabilizační štěrbin 5 začínají u náběžných hran 6 oběžných lopatek 3 oběžného kola 2 nebo dokonce kousek proti proudu před nimi. Jsou skloněny ve směru otáčení oběžného kola 2 a částečně šikmé k ose 7 stroje. V meridiálním řezu mají stabilizační štěrbin 5 obdélníkový tvar, přičemž přední stěna 5a a zadní stěna 5c jsou orientovány zhruba kolmo vůči ose 7 stroje.

U známých konstrukcí nastává přesunutí hranice pumpování především v horním rozsahu frekvence otáčení kompresoru. V dolním rozsahu frekvence otáčení kompresoru naproti tomu nedochází u této formy úpravy tělesa čerpadla (Casing Treatment) k žádným zlepšením. Může zde naopak dojít dokonce ke zhoršení. Tato forma úpravy tělesa čerpadla je proto vhodná pouze pro ty kompresory, které jsou provozovány s frekvencí otáčení pouze málo kolísající kolem jmenovité hodnoty. Pro kompresory, které pracují s velmi proměnlivou frekvencí otáčení, jako jsou například kompresory v turbokompresorech na

odpadní plyny, je tato forma úpravy tělesa čerpadla vzhledem ke zmíněným problémům se stabilitou při malé frekvenci otáčení nevhodná.

Úkolem vynálezu je vytvořit radiální kompresor se skříní stabilizující proudění, u něhož je v celém rozsahu frekvence otáčení hranice pumpování přesunuta k menším objemům proudění.

Podstata vynálezu

Tento úkol splňuje radiální kompresor se skříní stabilizující proudění, sestávající z oběžného kola, uloženého otočně kolem osy stroje, s nábojem, na jehož obvodu jsou uspořádány oběžné lopatky, skříně, obklopující oběžné kolo, jejíž vnitřní obrys je přizpůsoben vnějšímu obrysu oběžných lopatek a která spolu s nábojem tvoří mezi axiálním vstupem a radiálním výstupem průtokový kanál, a podélných stabilizačních štěrbin, upravených ve vstupní oblasti průtokového kanálu a probíhajících rovnoběžně se směrem proudění, které zasahují z vnitřního obrysu do skříně a jsou rozmístěny po vnitřním obvodu skříně, podle vynálezu, jehož podstatou je, že stabilizační štěrbiny jsou vzhledem k oběžným lopatkám uspořádány tak, že jejich přední konec, přivrácený k axiálnímu vstupu, leží v předem stanovené vzdálenosti po proudu za náběžnou hranou oběžné lopatky.

Jádro vynálezu spočívá v takovém uspořádání stabilizačních štěrbin, při němž jsou recirkulační víry, tvořící se při zvětšujícím se škrcení, již stabilizačními štěrbinami ovlivnitelné již před tím, než se zcela rozvinou.

Podle prvního výhodného provedení kompresoru podle vynálezu leží zadní konec stabilizačních štěrbin v oblasti začínajícího obracení axiálního vstupního proudění do radiálního proudění. Tím je zaručeno, že víry se již při svém

vzniku dostanou do oblasti vlivu stabilizačních štěrbin.

Podle dalšího výhodného provedení kompresoru podle vynálezu jsou oběžné lopatky tvořeny hlavními lopatkami, rozkládajícími se od axiálního vstupu až k radiálnímu výstupu, a mezi nimi upravenými kratšími vloženými lopatkami, začínajícími až za axiálním vstupem, přičemž zadní konec stabilizačních štěrbin leží v oblasti začátku vložených lopatek. Tím je možno dosáhnout výhod dříve popsaného provedení i u oběžných kol s různě dlouhými oběžnými lopatkami.

Další výhody z hlediska stabilizace vzniknou tehdy, když se tvar stabilizačních štěrbin přizpůsobí poměrům v recirkulačním víru. Podle dalšího výhodného provedení vynálezu se toho dosáhne tím, že stabilizační štěrby mají dno rozkládající se přímo ve směru proudění, které je orientováno zhruba tangenciálně k sousedícímu vnějšímu obrysu oběžných lopatek, a že stabilizační štěrby jsou vždy na zadním konci omezeny zadní stěnou, která probíhá skloněně vůči normále vnitřního obrysu skříně v tomto místě, a svírá s touto normálou ostrý úhel.

Další výhodná provedení jsou uvedena v závislých patentových nárocích.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále blíže objasněn na příkladech provedení podle přiložených výkresů, na nichž

obr. 1 znázorňuje schematicky příčný řez kompresorem se stabilizující úpravou skříně (Casing Treatment) podle dosavadního stavu techniky,

obr. 2 první výhodné provedení kompresoru se stabilizačními šterbinami podle vynálezu v zobrazení (b) analogickém k obr. 1 a v řezu (a) podél čáry A-A z obr. 2(b) a

obr. 3 druhé výhodné provedení kompresoru, srovnatelné s obr. 2(b), se změněným tvarem stabilizačních šterbin.

Příklady provedení vynálezu

Aby byly rozdíly řešení podle vynálezu vůči dosavadnímu stavu techniky zřetelné, bude nejprve krátce popsáno známé řešení, znázorněné na obr. 1, které je zřejmé zejména z patentového spisu, zmíněného v úvodu. Znamý radiální kompresor se stabilizující skříní sestává z oběžného kola 2, otočně uloženého v ose 7 stroje, které nese na náboji 9 větší počet oběžných lopatek 3, které jsou rovnoměrně rozmístěny po obvodu náboje 9. Oběžné kolo 2 je uloženo ve skříní 4 kompresoru (naznačené na obr. 1 pouze částečně). Skříň 4 kompresoru má na vnitřní straně vnitřní obrys 4a, který je přizpůsoben vnějšímu obrysu oběžných lopatek 3. Vnitřní obrys 4a skříně 4 a náboj 9 tvoří průtokový kanál pro stlačované médium, který začíná u axiálního vstupu 10 a vede k radiálnímu výstupu 11, přičemž médium se ve střední oblasti průtokového kanálu postupně obrací z axiálního vstupního proudění do radiálního výstupního proudění.

Znamá úprava skříně kompresoru (Casing Treatment) nyní spočívá v provedení většího počtu stabilizačních šterbin 5, které jsou uspořádány v oblasti náběžných hran 6 oběžných lopatek 3 na vnitřním obvodu skříně 4 v pravidelných úhlových odstupech. Stabilizační šterbiny 5, které jsou podélné ve směru osy 7 stroje, mají v meridiální rovině v podstatě obdélníkový průřez a jsou na předním a zadním konci ohraničeny přední stěnou 5a a zadní stěnou 5c, které jsou vždy orientovány kolmo k ose 7 stroje. Přední stěna 5a přitom leží

ve směru proti proudu před náběžnou hranou 6 oběžných lopatek 3. Vnější ohraničení v radiálním směru je provedeno dnem 5b, rovnoběžným s osou 7 stroje.

Jak již bylo uvedeno, spočívá stabilizační účinek stabilizačních štěrbin 5 ve vnitřní stěně skříně 4 v ovlivňování recirkulačního víru v přední oblasti oběžných lopatek 3: recirkulační vír se přesune z oblasti oběžného kola 2 do stabilizačních štěrbin 5 a tím ztratí vliv na hlavní proudění. Jak ukázaly novější experimentální pokusy, nevzniká tento vír přímo na náběžných hranách 6 oběžných lopatek 3 oběžného kola 2. Vzniká spíše směrem po proudu za těmito náběžnými hranami 6 v oblasti začátku obracení axiálního vstupního proudění na radiální výstupní proudění, popřípadě v oblasti náběžných hran 8 vložených lopatek 3b (v případě, že oběžné lopatky 3 jsou rozděleny na hlavní lopatky 3a a vložené lopatky 3b). Teprve při velkém škrcení doroste recirkulační vír až k náběžným hranám 6 (které u oběžných lopatek 3 rozdělených na delší hlavní lopatky 3a a kratší vložené lopatky 3b jsou současně náběžnými hranami 6 hlavních lopatek 3a). Formou úpravy skříně čerpadla, znázorněnou na obr. 1, je možno z tohoto důvodu ovlivňovat teprve plně rozvinuté recirkulační víry.

U známé úpravy skříně čerpadla (Casing Treatment) nejenže začátek stabilizačních štěrbin, respektive jeho poloha proti proudu vůči náběžným hranám 6 oběžných lopatek 3, není optimálně přizpůsoben poloze recirkulačního víru. Totéž totiž platí i pro tvar stabilizačních štěrbin v meridiální rovině: obdélníkový tvar s přední stěnou 5a a zadní stěnou 5c orientovanými kolmo k ose 7 stroje nenabízí žádné dobré předpoklady pro vnikání proudění recirkulačního víru do stabilizační štěrbin 5 a jeho pohyb v ní.

Aby se hranice pumpování v celém rozsahu frekvence

otáčení kompresoru přesunula k menším objemům proudění, musí se proto nejprve optimálně přizpůsobit poloha stabilizačních štěrbin 5 poloze a tvaru recirkulačního víru. Za druhé by se mělo umožnit, aby již mírný vír, přímo při svém vzniku, mohl proudit do stabilizačních štěrbin 5. Za tím účelem by měl mít obrys stabilizačních štěrbin 5 takový tvar, že stabilizační štěrby 5 by měly mít co nejmenší hydraulický odpor.

První výhodné provedení takové optimalizované úpravy skříně 4 čerpadla (Casing Treatment) je znázorněno na obr. 2. Na obr. 2(b), srovnatelném s obr. 1, jsou přitom stejné součásti opatřeny stejnými vztahovými značkami. U tohoto příkladu, což ovšem není nutné, jsou oběžné lopatky 3 vždy rozděleny na delší hlavní lopatky 3a, rozkládající se od axiálního vstupu 10 až k radiálnímu výstupu 11, a na mezi nimi uspořádané kratší vložené lopatky 3b, s náběžnou hranou 8 posunutou dozadu. Stabilizační štěrby 5 mají oproti známému provedení změněnou nejen svoji polohu, nýbrž i svůj tvar. Leží svým předním koncem, přivráceným k axiálnímu vstupu 10, to znamená svou přední stěnou 5a v předem stanovené vzdálenosti proti proudu od náběžných hran 6 hlavních lopatek 3a.

Zadní konec stabilizačních štěrbin 5 je upraven v oblasti obracení axiálního vstupního proudění do radiálního výstupního proudění, což je u provedení, znázorněného na obr. 2(b), s rozdělenými oběžnými lopatkami 3 na hlavní lopatky 3a a vložené lopatky 3b, v oblasti bezprostředně za náběžnými hranami 8 vložených lopatek 3b. Optimální polohu a délku stabilizačních štěrbin 5 může odborník lehce zjistit početně nebo experimentálně z polohy a velikosti recirkulačního víru. Jak je zřejmé z příčného řezu podél čáry A-A z obr. 2(b), znázorněného na obr. 2(a), mohou být stabilizační štěrby 5 uspořádány navíc skloněně ve směru otáčení oběžného kola 2.

Navíc ke změněné poloze a délce stabilizačních štěrbin 5 vznikne oproti řešení ze známého stavu techniky i změna ve tvaru. V příkladu podle obr. 2(b) zůstává sice přední stěna 5a prakticky kolmá k ose 7 stroje, avšak přímé dno 5b již není rovnoběžné s osou 7 stroje, nýbrž je orientováno tangenciálně k sousednímu vnějšímu obrysu oběžných lopatek 3, a tím i k recirkulačnímu víru. Dále jsou stabilizační štěrby 5 vždy na zadním konci omezeny zadní stěnou 5c, která má určitý sklon k normále vnitřního obrysu 4a skříně 4 v tomto místě, a svírá s touto normálnou ostrý úhel φ , jehož velikost se rovněž řídí podle poměrů ve víru, které je nutno určit. A konečně se odstraní pravé úhly v obrysu stabilizačních štěrbin 5, které nejsou z hydrodynamického hlediska optimální tím, že přední stěna 5a a zadní stěna 5c stabilizační štěrby 5 přecházejí plynulou tangentou do dna 5b. Pomocí všech popsanych opatření se recirkulační vír lépe ovlivní jak v časnějším stadiu svého vzniku, tak i celkově, a stabilizuje mimo oběžné kolo 2.

V dalším příkladu provedení, znázorněném na obr. 3, je při přibližně nezměněné poloze oproti příkladu na obr. 2 tvar stabilizačních štěrbin 5 zjednodušen. Zadní stěna již zde není upravena a dno 5b stabilizační štěrby 5 vybíhá na zadním konci klínovitě do vnitřního obrysu 4a skříně 4, čímž je při současně dobrém ovlivňování recirkulačního víru umožněna jednodušší výroba stabilizačních štěrbin 5.

Celkově se podle vynálezu vytvoří radiální kompresor, který se vyznačuje zřetelným rozšířením stabilní pracovní oblasti k menším objemům proudění v celém rozsahu frekvence otáčení.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Radiální kompresor se skříní stabilizující proudění, sestávající z

- (a) oběžného kola (2), uloženého otočně kolem osy (7) stroje, s nábojem (9), na jehož obvodu jsou uspořádány oběžné lopatky (3),
- (b) skříně (4), obklopující oběžné kolo (2), jejíž vnitřní obrys (4a) je přizpůsoben vnějšímu obrysu oběžných lopatek (3) a která spolu s nábojem (9) tvoří mezi axiálním vstupem (10) a radiálním výstupem (11) průtokový kanál, a
- (c) podélných stabilizačních štěrbin (5), upravených ve vstupní oblasti průtokového kanálu a probíhajících rovnoběžně se směrem proudění, které zasahují z vnitřního obrysu (4a) do skříně (4) a jsou rozmístěny po vnitřním obvodu skříně (4),

v y z n a č u j í c í s e t í m, že

- (d) stabilizační štěrbin (5) jsou vzhledem k oběžným lopatkám (3) uspořádány tak, že jejich přední konec, přivrácený k axiálnímu vstupu (10), leží v předem stanovené vzdálenosti po proudu za náběžnou hranou (6) oběžné lopatky (3).

2. Radiální kompresor podle nároku 1, v y z n a č u j í - c í s e t í m, že zadní konec stabilizačních štěrbin (5) leží v oblasti začínajícího obracení axiálního vstupního proudění do radiálního výstupního proudění.

3. Radiální kompresor podle nároku 1, v y z n a č u j í - c í s e t í m, že oběžné lopatky (3) sestávají z hlavních lopatek (3a), rozkládajících se až k radiálnímu výstupu (11), a z mezi nimi upravených kratších vložených lopatek (3b), začínajících až za axiálním vstupem (10), a že zadní konec stabilizačních štěrbin (5) leží v oblasti začátku vložených lopatek (3b).

4. Radiální kompresor podle jednoho z nároků 1 až 3, v y-
z n a č u j í c í s e t í m, že stabilizační štěrby (5)
mají vždy přímé dno (5b), rozkládající se ve směru proudění,
které je orientováno přibližně tangenciálně k sousednímu
vnějšímu obrysu oběžných lopatek (3).

5. Radiální kompresor podle nároku 4, v y z n a č u j í -
c í s e t í m, že stabilizační štěrby (5) jsou vždy na
zadním konci ohraničeny zadní stěnou (5c), která je skloněna
vůči normále k vnitřnímu obrysu (4a) skříňě v tomto místě a s
touto normálou svírá ostrý úhel ($\angle$).

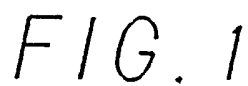
6. Radiální kompresor podle nároku 5, v y z n a č u j í -
c í s e t í m, že zadní stěna (5c) přechází do dna (5b)
vždy pomocí plynulé tangenty.

7. Radiální kompresor podle jednoho z nároků 1 až 3, v y-
z n a č u j í c í s e t í m, že stabilizační štěrby (5)
mají vždy přímé dno (5b), rozkládající se ve směru proudění,
které na zadním konci stabilizační štěrby (5) klínovitě
vybíhá do vnitřního obrysu (4a) skříňě (4).

8. Radiální kompresor podle jednoho z nároků 1 až 7, v y-
z n a č u j í c í s e t í m, že stabilizační štěrby (5)
jsou na svém předním konci vždy ohraničeny přední stěnou (5a),
která přechází plynulou tangentou do přímého dna (5b),
rozkládajícího se rovnoběžně se směrem proudění.

9. Radiální kompresor podle jednoho z nároků 1 až 8, v y-
z n a č u j í c í s e t í m, že stabilizační štěrby (5)
jsou uspořádány skloněně ve směru otáčení oběžného kola (2).





01800
1997

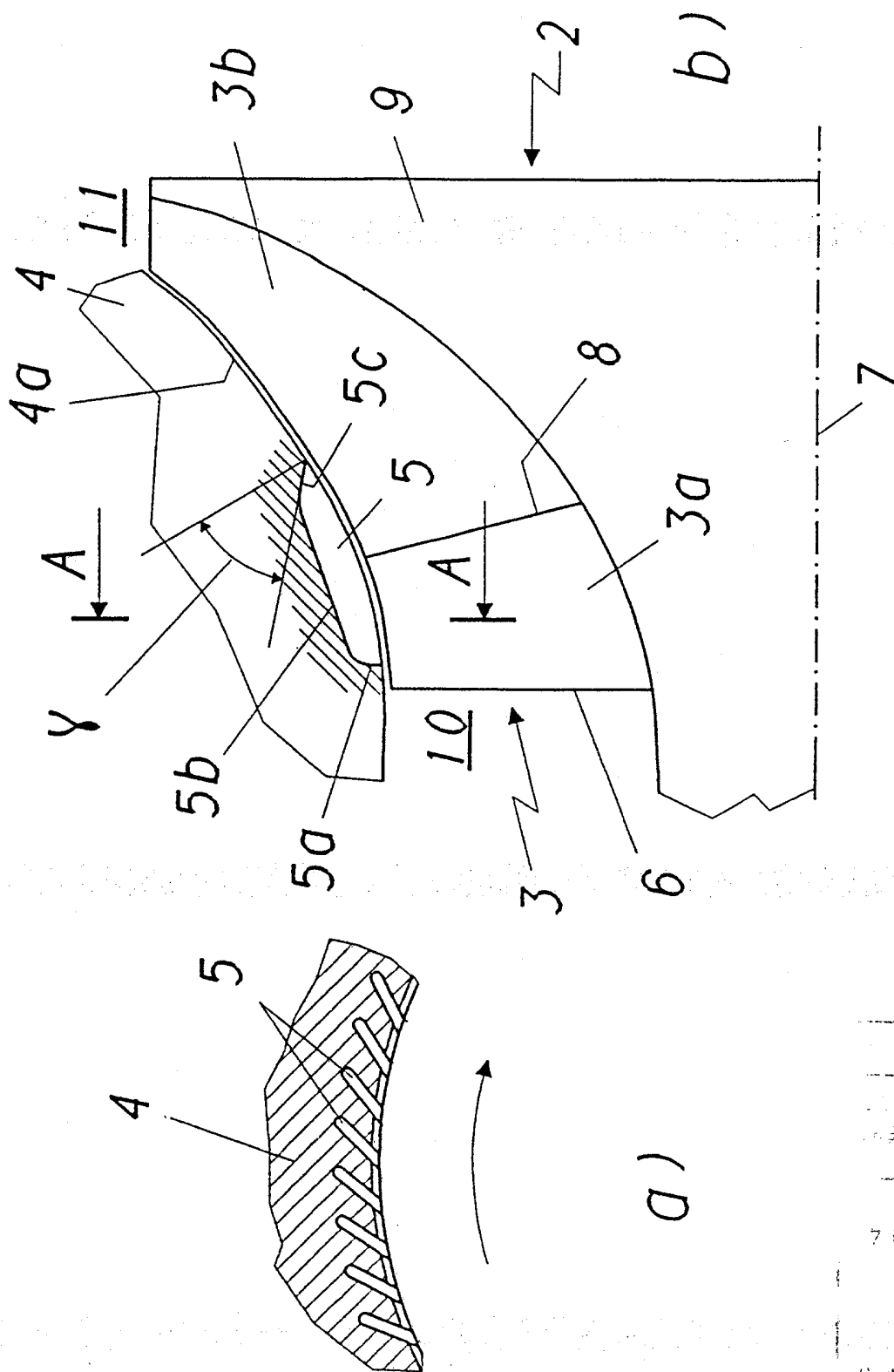


FIG. 2

012579	00510	03 III 92	URAD	PRIM. OVER	CLASSIFIED	PRIL
--------	-------	-----------	------	------------	------------	------

3/3

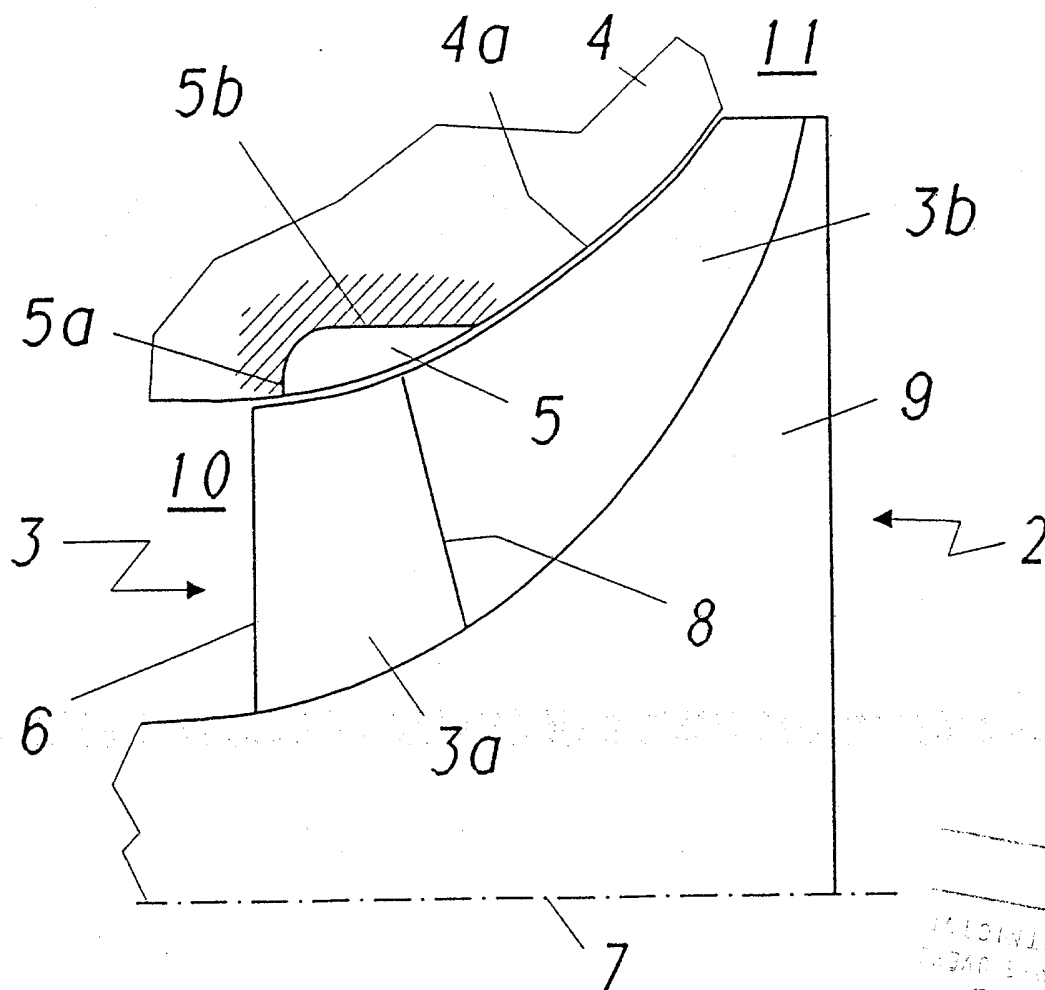


FIG. 3

