ČESKÁ A SLOVENSKÁ FEDERATIVNÍ REPUBLIKA
(19)

FEDERÁLNÍ ÚŘAD PRO VYNÁLEZY

ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(12)

(21) 02819-91.M

(13) A3

5(51) F 01 D 5/00, 5/16, 1/00

(22) 13.09.91

(32) 13.09.90

(31) 90/9011336

(33) FR

(40) 18.03.92

(71) GEC ALSTHOM SA, Paris, FR

(72) Vincent de Paul Michel, Senlis, FR
Detanne Francois, Paris, FR

(54) Lopatková mříž pro turbinový stroj opatřená nasávacími štěrbinami ve stropě a/nebo základně a turbinový stroj obsahující takové mříže

(57) Lopatková mříž pro turbinový stroj obsahuje lopatky (A, B) uložené mezi základnou a stropem a má základnu a/nebo strop opatřeny nasávací štěrbinou (4, 4') uspořádanou v blízkosti alespoň lopatek (A). Štěrbina (4, 4') má jeden konec (6) uložený u vnější strany lopatky a vychází z oblasti jejího největšího zakřivení (7) k hrdlu (8) kanálu (3) mezi touto lopatkou (A) a sousední lopatkou (B). Štěrbina (4, 4') je orientována podél izobary a má takovou délku, že její druhý konec (9) je vzdálen od vnější strany lopatky (A) o vzdálenost ležící mezi čtvrtinou a polovinou šířky hrdla (8) kanálu (3).

2819-91

Lopatková mříž pro turbinový stroj opatřená nasávacími štěrbinami ve stropě a/nebo základně a turbinový stroj obsahující takové mříže.

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY
PŘÍL.
Č.j. 042477
Dosl. 13. IX. 91

Oblast techniky.

Vynález se týká lopatkových mříží pro turbinový stroj obsahujících lopatky uložené mezi podkladem a stropem a jejichž podklad a/nebo strop je opatřen nasávací šterbinou v blízkosti alespoň určitých lopatek, přičemž tato štěrbina má první konec uložený podél vnější strany lopatky v oblasti lopatky vycházející z úseku jejího maximálního zakřivení k hrdlu kanálu mezi touto lopatkou a sousední lopatkou.

Stav techniky.

V takových lopatkových mřížích jsou umístěny nasávací štěrbiny do základny a/nebo stropu pro nasávání mezních vrstev podél základny a stropu. Tyto vrstvy jsou totiž zdrojem poruch (viz článek "Sur les pertes a l'extrémité des aubes de turbine"-revue Brown, Boveri ve francouzštině, listopad 1941, str.356 až 361, zejména obr.2 a 3). Tyto poruchy jsou doprovázeny značnými ztrátami, které jsou známé pod označením druhotné ztráty, které ovlivňují tím více výkon lopatkové mříže, čím menší je poměr mezi výškou a tětivou lopatek.

Příklad lopatkové mříže s nasávacími štěrbinami je znám z japonského spisu JP-A-52-54807 ze 4.5.1977.

Známé štěrbiny procházejí kanálem a vycházejí z vnější strany jedné lopatky až ke vnitřní straně sousední lopatky. Lze konstatovat, že takové štěrbiny nepřinesly zlepšení a mají dokonce takový účinek, že zvyšují ztráty.

Charakteristika vynálezu.

Uvedené nedostatky odstraňuje vynález lopatkové mříže pro turbinový stroj obsahující lopatky uložené mezi podkladem a stropem a jejíž podklad a/nebo strop je opatřen nasávací štěrbinou v blízkosti alespoň určitých lopatek, přičemž tato štěrbina má první konec uložený podél vnější strany lopatky v oblasti lopatky vycházející z úseku jejího maximálního zakřivení k hrdlu kanálu mezi touto lopatkou a sousední lopatkou, jehož podstatou je, že štěrbina je orientována

podél izobary a má délku takovou, že druhý konec je vzdálen od vnější strany lopatky o vzdálenost ležící v rozmezí od jedné čtvrtiny do poloviny šířky hrdla kanálu.

Toto řešení umožňuje, že tlak podél štěrbiny je konstantní, takže tekuté prostředí nebude vrháno zpět na jiné místo štěrbiny, jako je tomu u známých mříží.

Vynález se rovněž vztahuje na turbinový stroj obsahující několik stupňů tvořených každý mříží pevných lopatek opatřenou mříží pohyblivých lopatek, přičemž tyto lopatky pevné a pohyblivé mříže jsou uloženy mezi podkladem a stropem, přičemž strop mříží pohyblivých lopatek je opatřen ucpávkou vymezující nekolik komor s protilehlou částí rotoru, přičemž strop mříže pevných lopatek je opatřen nasávací šterbinou v blízkosti alespoň některých lopatek, přičemž tato štěrbina má první konec uložený podél vnější strany lopatky v oblasti vycházející z úseku jejího maximálního zakřivení k hrdlu kanálu mezi touto lopatkou a sousední lopatkou, jehož podstatou je že štěrbina je orientována podél izobary a má takovou délku, že její druhý konec je vzdálen od vnější strany lopatky o vzdálenost ležící v rozmezí od jedné čtvrtiny do jedné poloviny šířky hrdla kanálu, přičemž tato štěrbina je vytvořena v bodě nejnižšího tlaku turbinového stroje.

Když je vynález aplikován na pevnou mříž jednoho stupně, je štěrbina připojena kanálem k jedné z ucpávkových komor ležící na výstupní části ucpávky mříže pohyblivých lopatek následujícího stupně.

Když je vynález aplikován na mříž pohyblivých lopatek jednoho stupně, je podklad mříže pohyblivých lopatek je opatřen nasávací štěrbinou v blízkosti alespoň určitých lopatek, přičemž tato štěrbina má první konec uložený podél vnější strany lopatky v oblasti vycházející z úseku jejího maximálního zakřivení k hrdlu kanálu mezi touto lopatkou (A) a sousední lopatkou, přičemž štěrbina je orientována podél izobary a má délku takovou, že její druhý konec je umístěn od vnější strany lopatky ve vzdálenosti od jedné čtvrtiny do jedné poloviny šířky hrdla kanálu, přičemž štěrbina je připojena kanálem prostupujícím lopatkou zespodu od základny směrem nahoru a vyústěným za ucpávkou nebo do jedné z posledních komor této ucpávky.

S výhodou je druhý konec štěrbiny vzdálen od vnější strany odpovídající lopatky o vzdálenost odpovídající třetině šířky hrdla odpovídajícího kanálu.

Přehled obrázků na výkresech.

Vynález je blíže vysvětlen v následujícím popise na příkladech provedení s odvoláním na připojené výkresy, ve kterých znázorňuje obr.1 axiální řez klasickou turbinou, obr.2 podrobnost nasávací štěrbiny ve známé turbině, obr.3 graf závislosti ztrát na vzdálenosti od stěny v turbině z obr.2, obr.4 podrobnost umístění polohy nasávací štěrbiny podle vynálezu v mříži pevných lopatek, obr.5 graf závislosti ztrát na tvaru z obr.4, obr.6 podrobnost umístění polohy štěrbiny podle vynálezu pro mříž pohyblivých lopatek, obr.7 axiální řez turbinou obsahující lopatkové mříže podle vynálezu a obr.8 podrobnost turbiny z obr.7 ve vodorovném řezu.

Provedení vynálezu.

Na obr.1 jsou znázorněny lopatky A a B, které tvoří součást věnce a jejichž pata je upevněna na podklad 1 a hlava na strop 2. Podklad 1 a strop 2 jsou obvykle válcovité plochy nebo plochy ve tvaru komolého kužele.

Vnitřní strana lopatky B, vnější strana lopatky A, podklad 1 a strop 2 vymezují kanál 3 s hrdlem 8 odpovídajícím minimální šířce kanálu.

V tomto kanálu, s odstupem od stěn, probíhá proudění ve formě nerušených dílčích proudů h. Naproti tomu v dotyku se stropem a s podkladem jsou dílčí proudy tekutého prostředí ortogonální na izobary a sledují směry l a m a po té začínají od okamžiku nárazu na vnější stranu lopatky A vířit.

Obr.2 znázorňuje uspořádání štěrbiny 4 podle japonského patentového spisu č.52-54807. Tato štěrbina 4 je vytvořena v podkladu a ve stropu s cílem nasávat část mezní vrstvy.

Obr.3 ukazuje míry lokální ztráty P v závislosti na vzdálenosti y od podkladu 1 a od stropu 2 lopatkové mříže. Křivka vyznačená plně a ukazuje průběh ztráty pro mříž nevykazující sání v kanálu. Vedle stěny je ztráta značná v důsledku mezní vrstvy, která se tvoří na této stěně.

Zmenšuje se se vzrůstající vzdáleností od stěny a po té začíná znovu růst: toto jsou ztráty rozptýlené v procházejícím víru. V dostatečné vzdálenosti od stěn ztráta jednoduše vyplývá z existence mezních vrstev, které se vytvářejí na lopatkách.

Křivky b a c znázorňují tytéž průběhy ztráty v případě lopatkové mříže opatřené sací štěrbinou, jak je znázorněná na obr.2. Když je nasávané množství malé a činí řádově 0,5% celkového množství procházejícího lopatkovou mříží, je ztráta (křivka b) velmi výrazně zvýšená. Když nasávané množství roste, ztráta se zmenšuje (křivka c), ale pro procentuelní podíl nasávaného průtokového množství činící 3% hlavního průtokového množství, což je velmi značné, je celková ztráta ještě větší, než je ztráta v lopatkové mříži bez nasávání.

Důvod těchto špatných chování je třeba hledat v proudění v nasávací štěrbině. Tlak není konstantní podél nasávací šterbiny a také v určitých místech štěrbiny, kde je tlak nejvyšší, bude tekuté prostředí účinně nasáváno, ale bude moci být znovu vháněno do proudu v jiném místě štěrbiny,kde je tlak nižší. Toto opěrovné vhánění bude samozřejmě doprovázeno značnými ztrátami.

Obr.4 ukazuje dvě krajní polohy štěrbiny podle vynálezu. V kanálu 3 vytvořeném dvěma lopatkami A a B jsou vykresleny izobary 5 odvozené z výpočtu dvourozměrné lopatkové mříže. Takový výpočet (přístupný pro všechny odborníky v oboru, kteří se zabývají turbinovými stroji), dovoluje znát charakteristické vlastnosti proudění dostatečně daleko od stěn. Vedle těchto stěn jsou charakteristické vlastnosti proudění velmi rozdílné, pokud jde o modul a směr rychlostí tekutého prostředí, avšak je známo, že statické tlaky jsou jen velmi málo modifikovány vzhledem ke statickým tlakům v úseku vzdáleném od stěn. Obr.4 ukazuje dvě krajní polohy šterbiny 4, 4'.

Nasávací šterbina 4,4' je umístěna v blízkosti lopatky A. Její první konec 6 je uložen podél vnější strany lopatky v oblasti vycházející z úseku maximálního zakřivení 7 k hrdlu 8 kanálu 3.

Štěrbina 4, 4' je přímočará a je orientována podél izobary. Její druhý konec 9 je vzdálen o třetinu minimální

šířky kanálu 3, která odpovídá šířce hrdla 8. Štěrbina je délkově omezována ve své užitečné části u vnější strany lopatky pro minimalizování nasávaného množství.

Obr.5 ukazuje (křivka d) ztráty P naměřené při nasávání štěrbinou 4 podle vynálezu. Konstatuje se výrazný zisk vzhledem ke ztrátám naměřeným v nepřítomnosti jakéhokoli nasávacího prostředku (křivka a).

Obr.6 ukazuje jiný příklad použití vynálezu na mříž s pohyblivými lopatkami, kde izobary mají tvar dosti rozdílný proti tvaru znázorněnému na obr.4.

Obr.7 ukazuje dva stupně 10 turbiny, které jsou každý tvořeny mříží pevných lopatek 11 a mříží pohyblivých lopatek 12. Tento obrázek dovoluje pochopit, jak je realizováno nasávání. Pro mříže s pevnými lopatkami 11 je nasávací štěrbina 4 připojena kanálem 13, který ústí otvorem 14 do komory ucpávky 15 uložené na vrcholu mříže pohyblivých lopatek 12 následujcího stupně. Výrazné rozpínání v mříži pevných lopatek dovoluje získat tlakový rozdíl potřebný pro nasávání.

Pro mříž pohyblivých lopatek 12 tento postup samozřejmě nemůže být použit. Na vrcholu těchto lopatkování není nasávání vůbec možné. Naproti tomu v základně je možné realizovat nasávání použitím odstředivého účinku. Vyvrtá se radiální kanál 16 (nebo šikmý) v tloušťce lopatky, který spojuje štěrbinu 4, vytvořenou v základně kanálu (poloměr R1), s komorou nejvíce za ucpávkou z hlediska směru proudění, umístěnou na vrcholu (poloměr R2). Spojení mezi štěrbinou 4 a radiálním kanálem 16 se děje spojem 18 (viz obr.8). Tlakový rozdíl potřebný k uvedení tekutého prostředí do pohybu od základny k vrcholu, je vytvářen prací odstředivé síly

$$1/2 \ \omega^2 (R_2^2 - R_1^2), \text{ kde}$$

ω je úhlová rychlost.

Když je rozdíl takto vytvořeného tlaku příliš velký s ohledem na průtokové množství, které se má zajistit, je možné nechat vyústit radiální kanál 16 do předposlední komory 17' ucpávky 15 lopatkové mříže pohyblivých lopatek 12, což dovoluje omezit množství úniku 19 procházejícího touto ucpávkou, což je množství odebírané tekutému prostředí vystupujícímu z pevných lopatek a které samozřejmě nevytváří

práci.

Celkové množství, které přichází do ucpávky otvorem 14 nebo kanálem 16 je menší nebo rovno unikajícímu množství, které by normálně prošlo do těchto ucpávek v nepřítomnosti nasávacích prostředků. Celkem úplný zisk vyplývající ze zlepšení druhotných ztrát je tak zabezpečen.

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY
PŘ.
DOSLO 13. IX. 91
Č.J. 042477
2819-91

PATENTOVÉ NÁROK

1. Lopatková mříž pro turbinový stroj obsahující lopatky uložené mezi podkladem a stropem a jejíž podklad a/nebo strop je opatřen nasávací štěrbinou v blízkosti alespoň určitých lopatek, přičemž tato štěrbina má první konec uložený podél vnější strany lopatky v oblasti lopatky vycházející z úseku jejího maximálního zakřivení k hrdlu kanálu mezi touto lopatkou a sousední lopatkou, vyznačená tím, že štěrbina (4, 4') je orientována podél izobary a má délku takovou, že druhý konec (9) je vzdálen od vnější strany lopatky (A) o vzdálenost ležící v rozmezí od jedné čtvrtiny do poloviny šířky hrdla (8) kanálu (3).

2. Turbinový stroj obsahující několik stupňů tvořených každý mříží pevných lopatek opatřenou mříží pohyblivých lopatek, přičemž tyto lopatky pevné a pohyblivé mříže jsou uloženy mezi podkladem a stropem, přičemž strop mříží pohyblivých lopatek je opatřen ucpávkou vymezující nekolik komor s protilehlou částí rotoru, přičemž strop mříže pevných lopatek je opatřen nasávací štěrbinou v blízkosti alespoň některých lopatek, přičemž tato štěrbina má první konec uložený podél vnější strany lopatky v oblasti vycházející z úseku jejího maximálního zakřivení k hrdlu kanálu mezi touto lopatkou a sousední lopatkou, vyznačený tím, že štěrbina (4) je orientována podél izobary a má takovou délku, že její druhý konec (9) je vzdálen od vnější strany lopatky (A) o vzdálenost ležící v rozmezí od jedné čtvrtiny do jedné poloviny šířky hrdla (8) kanálu (3), přičemž tato štěrbina (4) je vytvořena v bodě (14) nejnižšího tlaku turbinového stroje.

3. Turbinový stroj podle nároku 2 vyznačený tím, že štěrbina (4) je spojená kanálem s jednou z ucpávkových komor (17) ležící ve výstupní části ucpávky (15) mříže pohyblivých lopatek (12) následujícího stupně (10).

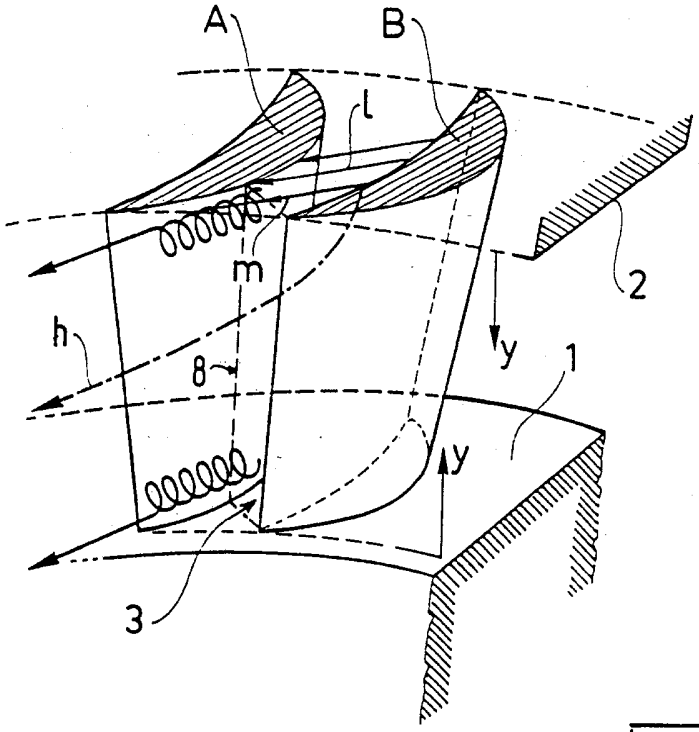
4. Turbinový stroj obsahující několik stupňů tvořených každý mříží pevných lopatek, následovanou mříží pohyblivých lopatek, přičemž uvedené lopatkové mříže jsou uloženy mezi podkladem a stropem, přičemž strop mříží pohyblivých lopatek je opatřen ucpávkou vymezující několik komor s protilehlou částí rotoru, vyznačený tím, že podklad (1) mříží

pohyblivých lopatek (12) je opatřen nasávací štěrbinou (4) v blízkosti alespoň určitých lopatek (A), přičemž tato štěrbina (4) má první konec (6) uložený podél vnější strany lopatky v oblasti vycházející z úseku jejího maximálního zakřivení (7) k hrdlu (8) kanálu (3) mezi touto lopatkou (A) a sousední lopatkou (B), přičemž štěrbina (4) je orientována podél izobary a má délku takovou, že její druhý konec (9) je umístěn od vnější strany lopatky ve vzdálenosti od jedné čtvrtiny do jedné poloviny šířky hrdla (8) kanálu (3), přičemž štěrbina (4) je připojena kanálem (16), prostupujícím lopatkou od základny směrem vzhůru, a vyústěným na výstupní straně za ucpávkou nebo do jedné z posledních komor (17.17') této ucpávky (15).

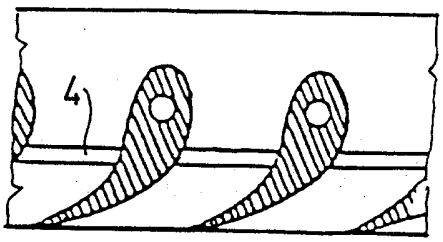
5. Lopatková mříž podle kteréhokoli z přechozích nároků vyznačená tím, že druhý konec (9) štěrbiny (4) je vzdálen od vnější strany odpovídající lopatky o vzdálenost okolo třetiny šířky hrdla (8) odpovídajícího kanálu (3).

2819-91

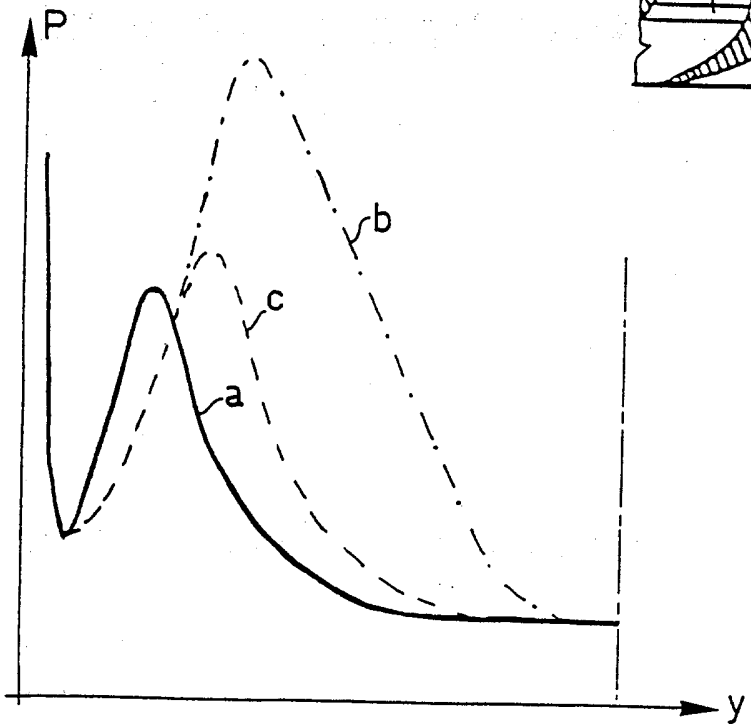
. 1



. 2



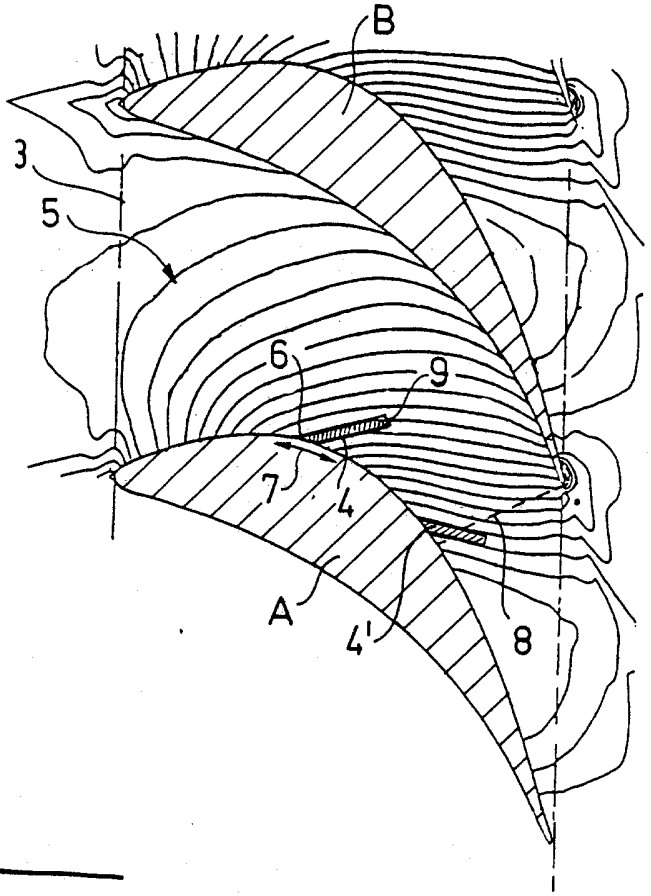
. 3



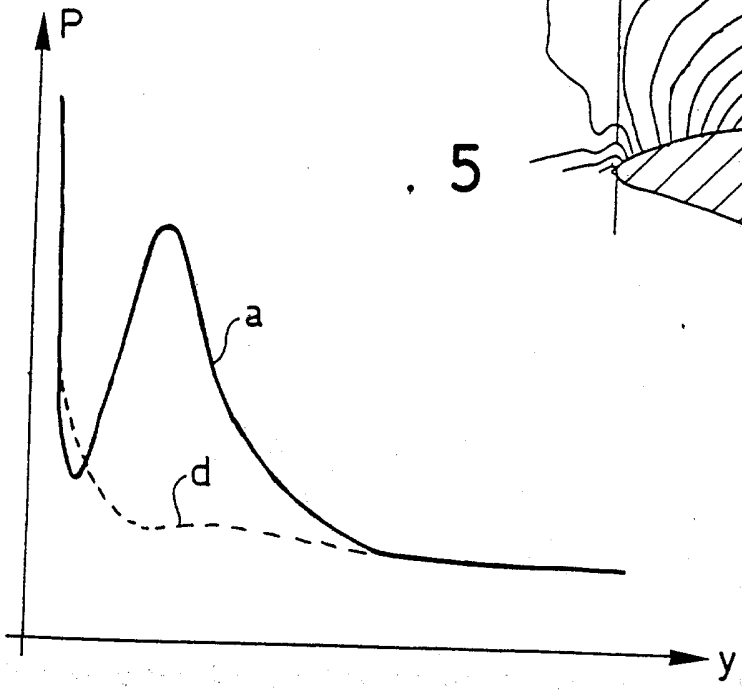
ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY
PŘÍL.
13. IX. 91
DOSLO
0 4 2 4 7 7

2819-91

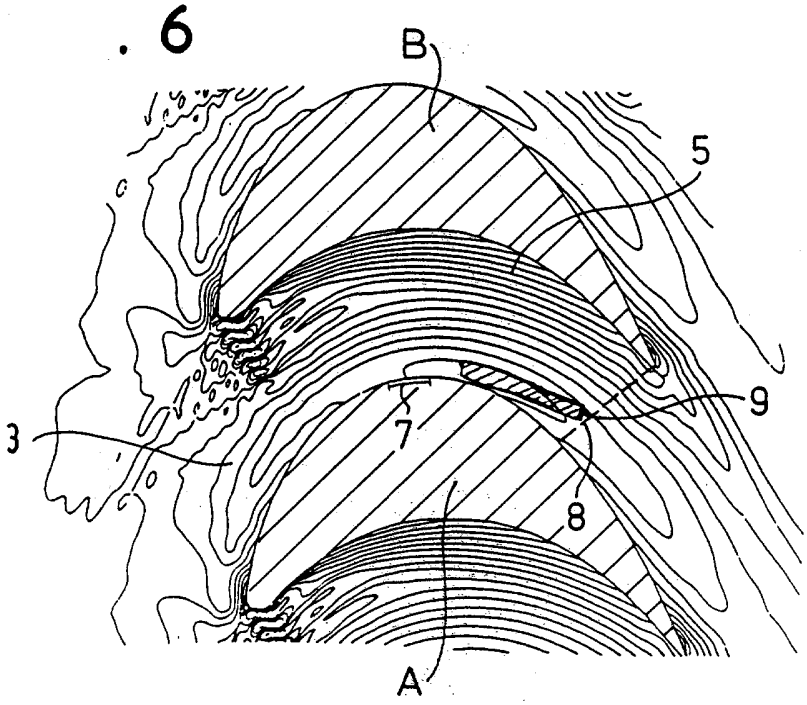
. 4



. 5



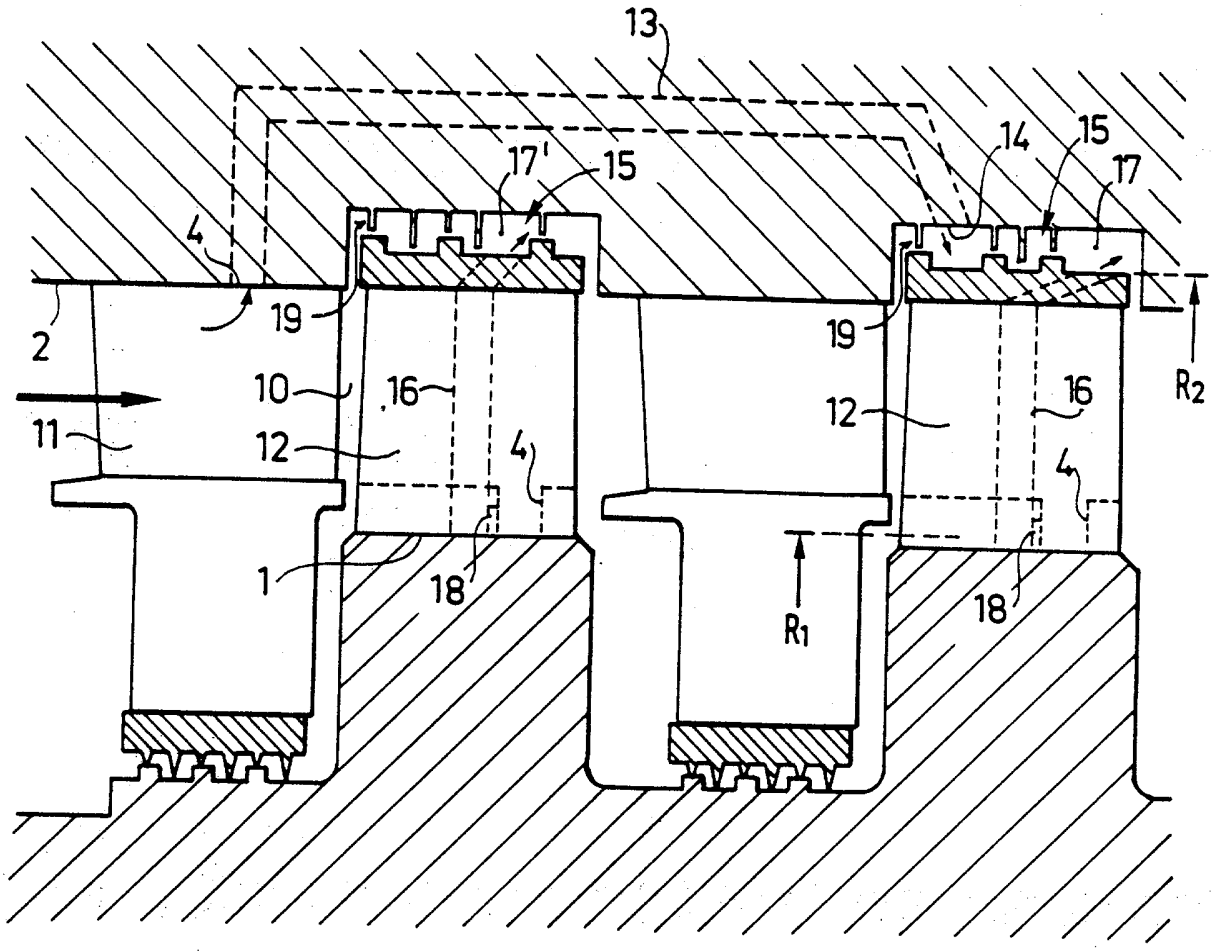
. 6



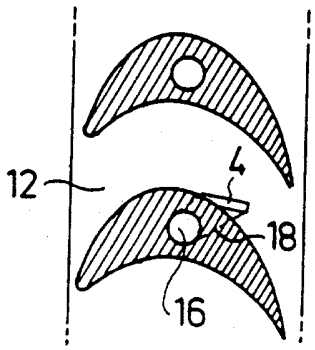
ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY
PŘÍL.
13. IX. 91
0 4 2 4 7 7

2819-91

. 7



. 8



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY
PŘÍL.
13. IX. 91
0 4 2 4 7 7