

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

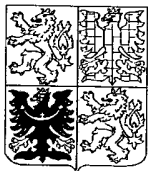
1999 - 1593

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁷ :

F 01 C 1/22

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **04.05.1999**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **13.12.2000**
(Věstník č. 12/2000)

(71) Přihlašovatel:

FROLÍK Jiří ing., Praha, CZ:

(72) Původce:

Frolík Jiří ing., Praha, CZ;

(74) Zástupce:

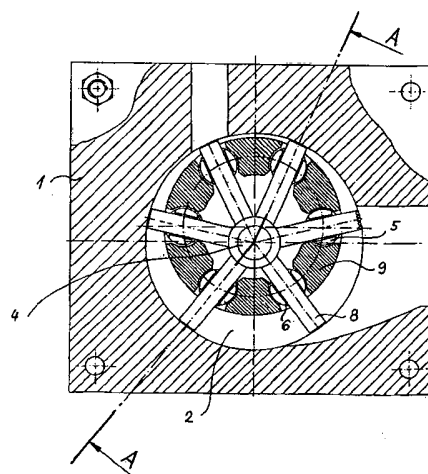
Jíra Vladimír, Kovanecká 2112/18, Praha 9, 19000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Rotační stroj s oběžnými křídly, zejména pro kompresory nebo tepelné motory

(57) Anotace:

Řešení se týká rotačního stroje s oběžnými křídly, zejména pro kompresory nebo tepelné motory, sestávající ze statorové skříně s vnitřním válcovým pracovním prostorem opatřené vstupními a výstupními kanály a centrální hřídelí, na níž jsou otočně uložena jednotlivá oběžná křídla, která jsou unášena rotační částí uložená podle excentricky vzhledem k centrální hřídeli rovnoběžně procházející ose. Podstata spočívá v tom, že rotační část je tvořena dvojicí (3, 3') unášecích kruhových prstenců excentricky, vzhledem k centrální hřídeli (4) statorové skříně (1), otočně uložených a zapuštěných v protilehlých stěnách vnitřního válcového pracovního prostoru (2) statorové skříně (1), do jejichž protilehlých ploch jsou čelně a otočně zapuštěny unášecí válce (5), ve kterých jsou vytvořeny podélné průniky (6), ve kterých jsou kluzně uložena oběžná křídla (8). Mezi každými sousedními unášecími válci (5) jsou vloženy vymezovací lišty (9) čelně a napevno spojené s protilehlými plochami dvojice (3, 3') unášecích kruhových prstenců. Alespoň jeden z dvojice (3, 3') unášecích kruhových prstenců je opatřen ozubeným věncem (10), který je ve stálém záběru s vnitřním ozubeným kolem (11) uloženým na pomocné převodové hřídeli (12) na jejímž opačném konci je uloženo vnější ozubené kolo (13), které je ve stálé, záběru s ozubeným kolem (14) centrální hřídele pevně uloženým na výstupní části centrální hřídele (4).



1593/99
04.05.99 1593-99

Rotační stroj s oběžnými křídly, zejména pro kompresory nebo tepelné motory.

Oblast techniky

Vynález se týká rotačního stroje s oběžnými křídly, zejména pro kompresory nebo tepelné motory, který je využitelný v celé řadě aplikací v oblasti čerpadel, kompresorů, expansních motorů a obzvláště pak tepelných motorů, hydraulických motorů a jiných vztahujících se technických oblastech.

Dosavadní stav techniky

Dosud je znám značný počet technických řešení, které se zabývají rotačními stroji využitelnými u kompresorů nebo tepelných motorů včetně rotačních strojů s oběžnými křídly. Řada těchto technických řešení využívá základní princip sestávající z pevné statorové skříně s centrální hřídelí procházející osou vnitřního válcového pracovního prostoru a rotační části excentricky vzhledem k centrální hřídeli uložené, přičemž tato rotační část tvoří unášecí prostředek pro oběžná křídla, která jsou uložena na centrální hřídeli. Známý představitel tohoto řešení je popsán v publikaci "Grundzüge der Theorie und des Baues der Dampfturbinen mit der Berücksichtigung der Rotationsdampfmaschinen", Peter Stierstorfer, Leipzig 1904, str. 139, kde je uveden rotační parní stroj "Patschke". Jeho konstrukce se vyznačuje tím, že jedno z oběžných křídel je pevně spojeno s centrální hřídelí, tzv. výkonnostní, ze které je odebírán točivý moment. Při otáčení se oběžné křídlo vysouvá a zasouvá do otvoru vytvořeném v rotační unášecí části, což má za následek střídavé změny pracovního radiusu oběžného křídla a současně je urychlováno a následně bržděno během jedné pracovní otáčky podle konfigurace, ve které se právě nachází. Současně se zvyšováním a snižováním obvodové rychlosti oběžného křídla se vzhledem k jeho pevnému spojení s centrální - výkonnostní hřídelí mění i obvodová rychlost této hřídele za jednu otáčku, což způsobuje její nerovnoměrný otáčivý pohyb a pulsace. Je-li výkonnostní hřídel dodatečně zatížena přídatným točivým momentem např. poháněného stroje a nebo hnacím kolem u stroje mobilního a nebo prostým zvýšením energetické hladiny vstupního média u expansního motoru, případně při přenosu vysokých kompresních poměrů tlakových médií u kompresorů, dochází zde k neúměrně zvýšenému namáhání v místě pevného spojení mezi oběžným křídlem a výkonnostní hřídelí. Toto

nepříznivé opakované namáhání vykazuje vysokou poruchovost stroje, je na úkor jeho životnosti a vyžaduje obtížné hledání odpovídajícího materiálu.

Další známé provedení rotačních křídlových strojů představuje řešení volně uložených oběžných křídel do radiálních drážek vytvořených na obvodu excentricky uloženého rotoru. Toto řešení vykazuje řadu nevýhod spočívajících především v tom, že s rostoucími otáčkami roste odstředivá síla působící na jednotlivá oběžná křídla, čímž narůstá jejich přitlačná síla na stěnu statoru a neúměrně rostou třecí ztráty stroje. Existuje pak limitní počet otáček stroje pro jeho funkci a při jejich překročení zmíněné třecí síly spotřebují veškerou vstupní energii a stroj je brzděn až po možnost jeho zastavení. Další nevýhodou tohoto řešení je, že kontakt oběžné plochy oběžného křídla je uskutečněn pouze v jedné linii, jelikož oběžná křídla nejsou centrována k ose pracovního prostoru, ale jsou centrována k ose excentricky uloženého rotoru, čímž je funkce stroje omezena pouze pro využití jako kompresoru.

Nejbližší technické řešení je popsáno v evropském patentu EP 0 102 555 týkajícího se rotačního stroje sestávajícího z kruhové skříně statoru, v níž je excentricky uložen rotor, který má na svém obvodu volně otočně vloženy válce, jejichž osy jsou rovnoběžné s osou centrálního čepu pevně spojeného s kruhovou skříní statoru. Skrze válce jsou vedena oběžná křídla spolupůsobící s vnitřní stěnou kruhové skříně statoru a jsou nasměrovány radiálně na centrální čep, přičemž jejich radiální vzdálenost je stavitelná pomocí spojovacích tyčí uchycených otočně na centrálním čepu.

Nevýhody u tohoto technického řešení lze spatřovat především v existenci klopných momentů vznikajících v důsledku nesouměrného uchycení spojovacích tyčí oběžných křídel na centrálním čepu a v jejich konstrukčním řešení se stavitelným prvkem, což vykazuje technologickou náročnost a v případech tepelného zatížení nízkou odolnost proti deformacím. Další nevýhodou zůstávají těsnící místa, která jsou problematická zejména v místech rotační části stroje ve styku s oběžným křídlem a v místě styku oběžného křídla s pracovní plochou kruhové skříně statoru. Axiální ukončení rotační části je nutné odsadit od přivrácené strany vnitřního pracovního prostoru kruhové skříně, kde vzniká vysoký gradient tlakového média s vysokými ztrátami a v neposlední řadě letmé upevnění centrálního čepu nepřispívá k mechanické stabilitě stroje.

Obecně platné nevýhody stávajících systémů rotačních strojů s oběžnými křídly spočívají ve značně velkých třecích silách, nacházejících se jak mezi vlastním oběžným křídlem a unášecím

rotorem, tak i ve značném materiálovém namáhání v místě spoje oběžného křídla s výkonnostní hřídelí. U volně uložených oběžných křídel se objevují značné třecí síly s rostoucími otáčkami i mezi styčnou plochou oběžného křídla a plochou pracovního prostoru satorové skříně na orbitále. Vzhledem k těmto nevýhodám se realizace těchto strojů omezila na rotační stroje s poměrně značnou axiální délkou rotační části o malém průměru, kde třecí síly nejsou ještě tak destruktivní a existuje zde lepší možnost utěsnění zón mezi čely rotačních částí a stěnami satoru, zejména u vzduchových expansních motorů a vzduchových kompresorů - např. systém Wittig.

Podstata vynálezu

Shora uvedené nevýhody ve velké míře odstraňuje a vysokou univerzálnost použití splňuje rotační stroj s oběžnými křídly, zejména pro kompresory nebo tepelné motory, sestávající ze satorové skříně s vnitřním válcovým pracovním prostorem opatřené vstupními a výstupními kanály a centrální hřídelí, na níž jsou otočně uložena jednotlivá oběžná křídla, která jsou unášena rotační částí uložené podle excentricky vzhledem k centrální hřídeli rovnoběžně procházející ose podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že rotační část je tvořena dvojicí unášecích kruhových prstenců excentricky vzhledem k centrální hřídeli satorové skříně otočně uložených v protilehlých stěnách vnitřního válcového pracovního prostoru satorové skříně, do jejichž protilehlých ploch jsou čelně a otočně zapuštěny unášecí válce, ve kterých jsou vytvořeny podélné průniky, ve kterých jsou kluzně uložena oběžná křídla, přičemž mezi každými sousedními unášecími válci jsou vloženy vymezovací lišty čelně a napevno spojené s protilehlými plochami dvojice unášecích kruhových prstenců a přičemž alespoň jeden z dvojice unášecích kruhových prstenců je opatřen ozubeným věncem, který je ve stálém záběru s vnitřním ozubeným kolem uloženým na pomocné převodové hřídeli, na jejíž opačném konci je uloženo vnější ozubené kolo, které je ve stálém záběru s ozubeným kolem centrální hřídele pevně uloženým na výstupní části centrální hřídele. Radiální koncové plochy a axiální koncové plochy oběžných křídel jsou opatřeny labyrintovým bezdotykovým těsněním a/nebo těsněním podobných vlastností. V oběžném křídle je vytvořen kanálový systém tlakového vzduchu.

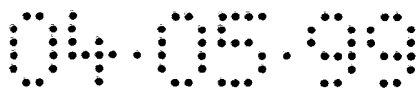
Výhody rotačního stroje podle vynálezu spočívají v tom, že jeho konstrukce umožňuje velmi účinné odstranění mechanického tření rotační částí s plochami satorové skříně. Toto odstranění je

dáno především možností opatřit uvedené konce oběžných křídel bezdotykovým labyrintovým těsněním a tato možnost je dána jednak konstantní radiální délkou oběžných křídel vždy symetricky otočně uložených na centrální hřídeli pomocí úložných ok oběžných křídel, které jednak eliminuje jejich klopný moment a dovoluje jejich v podstatě neomezené otáčení ve vysokých otáčkách, aniž by nepříznivě působila odstředivá síla a přítlak na orbitálu statorové skříně. Tato příznivá vlastnost konstrukce rozšiřuje možnosti použití rotačního stroje i pro podmínky dovolující vysokorychlostní otáčení.

Další výhoda spočívá v zapuštění čelních částí rotační části stroje do protilehlých stěn statorové skříně s možností opatřit i tyto zóny bezdotykovým labyrintovým těsněním nebo těsněním podobných vlastností, což zaručuje vysoce účinné potlačení tlakového gradientu v uvedených místech a umožňuje tak konstrukci rotačních strojů s relativně malou axiální délkou rotační části o jejím velkém průměru. Takovéto provedení následně umožňuje použití rotačního stroje pro parametry vysokých výkonů a přenosů vyšších točivých momentů při jeho aplikacích jak u kompresorů tak především u expansních motorů. Přenos točivého momentu z rotační části stroje na centrální hřídel s pomocí uvedených převodů zaručuje rovnoměrný pohyb centrální hřídele bez oscilačního efektu a v neposlední řadě umožňuje uvedená konstrukce rotačního stroje podle vynálezu řešení tepelného stroje využívající Brytonova oběhu plyn - plyn s uzavřeným oběhem a vnějším ohřevem v oblasti objemově pracujících strojů, např. v kombinaci kompresoru a expansního motoru. Takto provedená kombinace systémů vykazuje velmi příznivé ekologické hodnoty spalín a zařízení má možnost pracovat s vysokou účinností.

Přehled obrázků na výkresech

Základní konstrukce rotačního stroje je znázorněna na připojených výkresech, kde obr. 1 představuje v podélném řezu A-A hlavní konstrukční prvky rotačního stroje se zaměřením na přenos točivého momentu na centrální hřídel, obr. 2 představuje v příčném řezu B-B vedeném válcovým vnitřním pracovním prostorem statorové skříně uspořádání oběžných křídel a jejich uložení pomocí unášecích válců a vymezovacích listů, na obr. 3 jsou v axonometrickém průmětu znázorněny hlavní konstrukční prvky rotační části s unášecími prstenci a na obr. 4 je v axonometrickém průmětu znázorněno uložení oběžných křídel na centrální hřídeli a jejich tvar včetně příkladně použitého labyrintového bezdotykového těsnění. Obr. 5 představuje v podélném



řezu D-D a obr. 6 představuje v příčném řezu C-C tvar oběžného křídla a kanálový systém tlakového média. Na obr. 7 je znázornění v příčném řezu rotační stroj podle vynálezu pro využití jako kompresoru a obr. 8 znázorňuje v příčném řezu rotační stroj v provedení pro expansní motor.

Příklad provedení vynálezu

Pro uvedení příkladného provedení rotačního stroje podle vynálezu byla zvolena technologie stavby satorové skříně 1 vytvořené z rovnoběžně uspořádaných ploten vzájemně spojených např. svorníky 17. V geometrické ose satorové skříně 1 je uložena v ložiskách (18, 18') centrální hřídel 4. Excentricky ke geometrické ose centrální hřídele 4 je v protilehlých stěnách vnitřního válcového prostoru 2 satorové skříně 1 na ložiskách 19, 19' prstenců uložena dvojice 3, 3' unášecích kruhových prstenců, v jejichž protilehlých plochách jsou čelně a otočně zapuštěny unášecí válce 5 vzájemně rovnoběžně uspořádané, jejichž počet odpovídá zvolenému počtu oběžných křídel 8. V každém unášecím válci 5 jsou vytvořeny podélné průniky 6, ve kterých jsou vytvořena prismatická vedení 7 a ve kterých jsou kluzně uložena oběžná křídla 8 opatřena prismaty 7' oběžných křídel. Mezi každými sousedními unášecími válci 5 jsou vloženy vymešovací lišty 9 čelně a napevno spojené s protilehlými plochami dvojice 3, 3' unášecích kruhových prstenců, z nichž alespoň jeden je opatřen ozubeným věncem 10, který je ve stálém záběru s vnitřním ozubeným kolem 11 napevno uloženým na pomocné převodové hřídeli 12, na jejíž opačném konci je napevno uloženo vnější ozubené kolo 13, které je ve stálém záběru s ozubeným kolem 14 centrální hřídele napevno uloženým na centrální hřídeli 4. V příkladném provedení podle obr. 1 je dále znázorněno zrcadlové uspořádání vnějšího ozubeného kola 11', pevně uloženého na zrcadlově uspořádané protilehlé pomocné převodové hřídeli 12' opatřené napevno uloženým vnějším ozubeným kolem 13', které je ve stálém protilehle orientovaném záběru s ozubeným kolem 14' centrální hřídele. Toto zrcadlové uspořádání je s výhodou použité za účelem optimálnějšího přenosu točivého momentu z rotační části stroje na výstupní část centrální hřídele 4 s eliminací jednostranného namáhání centrální hřídele 4 a pro další zlepšení lze instalovat radiálně okolo centrální hřídele 4 další pomocné převodové hřídele. Točivý moment lze podobným způsobem odebírat i z opačného konce centrální hřídele 4 a v místě tohoto opačného konce lze instalovat obdobný převodový systém na druhém z dvojice 3, 3' unášecích kruhových prstenců.

Na obr. 2 je v příčném řezu B-B znázorněn vnitřní válcový pracovní prostor 2 statorové skříně 1 a uspořádání oběžných křídel 8 otočně uložených na centrální hřídeli 4, které jsou provlečeny a kluzně uloženy v podélných průnicích 6 unášecích válců 5. Mezi každými sousedními unášecími válci 5 jsou znázorněny vložené vymezovací lišty 9, které jsou čelně a napevno spojené s protilehlými plochami dvojice 3, 3' unášecích kruhových prstenců, které jsou v obr. 2 nezakresleny. Styčné plochy vymezovacích lišt 9 a unášecích válců 5 jsou sférické o odpovídajícím průměru unášecích válců 5.

Obr. 3 představuje v axonometrickém průmětu vzájemné uspořádání základních konstrukčních prvků rotorové části, kde je patrna dvojice 3, 3' unášecích kruhových prstenců, mezi jejichž přivrácenými plochami jsou čelně a napevno připevněny vymezovací lišty 9 a pro bližší objasnění je jedna z vymezovacích lišt 9 znázorněna ve vyjmuté poloze.

Obr. 4 znázorňuje otočné uložení oběžných křídel 8 na centrální hřídeli 4 pomocí vždy symetricky umístěné dvojice 20, 20' úložných ok oběžných křídel, přičemž jedno z oběžných křídel 8 je pro bližší objasnění vyjmuta a jsou na něm patrna prisma 7' oběžného křídla. Na jednom z oběžných křídel 8 je znázorněno radiálně umístěné a axiálně umístěné provedení labyrintového bezdotykového těsnění 15 a dvojice 20, 20' úložných ok oběžných křídel.

Obr. 5 znázorňuje v podélném řezu D-D provedení kanálového systému 16 tlakového média vytvořeného v oběžném křídle 8 propojeného s kanálovým systémem centrální hřídele 4. Tento kanálový systém slouží m.j. u některých aplikací k vytvoření uzavíracího efektu mezi jednotlivými komorami rotační části stroje.

Obr. 6 představuje příčný řez C-C oběžným křídlem 8, ve kterém je patrný kanálový systém 16 tlakového média, jehož ukončení odvrácené od centrální hřídele 4 je vyvedeno do místa labyrintového bezdotykového těsnění 15.

Na obr. 7 je v příčném řezu znázorněno provedení rotačního stroje podle vynálezu pro kompresor, u něhož je patrný ve statorové skříní 1 vytvořený vstupní kanál 21 kompresoru a výtlačný kanál 22 kompresoru a je zde znázorněn smysl otáčení rotační části rotačního stroje a na obr. 8 je v příčném řezu znázorněno aplikační provedení rotačního stroje podle vynálezu pro expanzní motor, u něhož je patrný ve statorové skříní 1 vytvořený vstupní kanál 23 energetického

média a výfukový kanál 24 energetického média, smysl otáčení rotační části rotačního stroje a výstupní kanál 25 zbytkového expandovaného média.

Rotační stroj podle vynálezu pracuje pro případ využití pro kompresor podle obr. 7 tak, že přiváděné médium vstupním kanálem 21 kompresoru je dopravováno do vnitřního válcového pracovního prostoru 2 statorové skříně 1, kde je pomocí rotujících oběžných křídel 8 unášeno a se společným účinkem excentricky uložené rotační části a vzájemně se přibližujících oběžných křídel 8 vyvolávajících zmenšování jednotlivých pracovních komor komprimováno a dále při stlačení dopravováno až k výtlačné části k výtlačnému kanálu 22 kompresoru. Poté dochází k opětovnému vzdalování se sousedních oběžných křídel 8 a zvětšování takto vzniklých komor a celý proces je dalším otáčením opakován. Pracovní efekt oběžných křídel 8 je v součinnosti se zmenšujícím a zvětšujícím se objemem jednotlivých takto vzniklých komor kapacitně nastavitelný zvoleným počtem oběžných křídel 8, excentricitou, tloušťkou jednotlivých oběžných křídel 8, umístěním a průměry vstupního kanálu 21 kompresoru a výtlačného kanálu 22 kompresoru a axiální délkou rotační části stroje.

Rotační stroj podle vynálezu pracuje pro případ využití pro expansní motor podle obr. 8 tak, že energetické médium, např. tlakový vzduch, je přiváděn pod tlakem P_1 do příslušné komory nacházející se právě v otevřené konfiguraci ke vstupnímu kanálu 23 energetického média a působí na plochu S oběžného křídla 8. V předchozí komoře V_1 ve směru otáčení se nalézá již částečně vyexpandované energetické médium o tlaku P_2 . Tlak P_1 se tedy zmenšuje o tlak P_2 , takže výsledný tlak ΔP působící na jedno oběžné křídlo 8 uzavřené komory V_1 ve směru otáčení je $\Delta P = P_1 - P_2$. Síla F působící ve směru otáčení je vyjádřena součinem $F = \Delta P \cdot S$ a působí na poloměr R ramena oběžného křídla 8 a vytváří točivý moment MT , vyjádřený vztahem

$$MT = R \cdot \Delta P \cdot S = R \cdot F$$

Nalézá-li se mezi vstupním kanálem 23 energetického média a výfukovým kanálem 24 energetického média více oběžných křídel 8, pak se celkový točivý moment rovná součtu všech dílčích točivých momentů.

Expansní motor tedy pracuje v první fázi jako plnotlaký a následně po uzavření přívodu energetického média nastává v takto uzavřené první komoře V_1 expanse až na objem druhé komory V_2 nacházející se v konfiguraci před otevřením výfukového kanálu 24 energetického

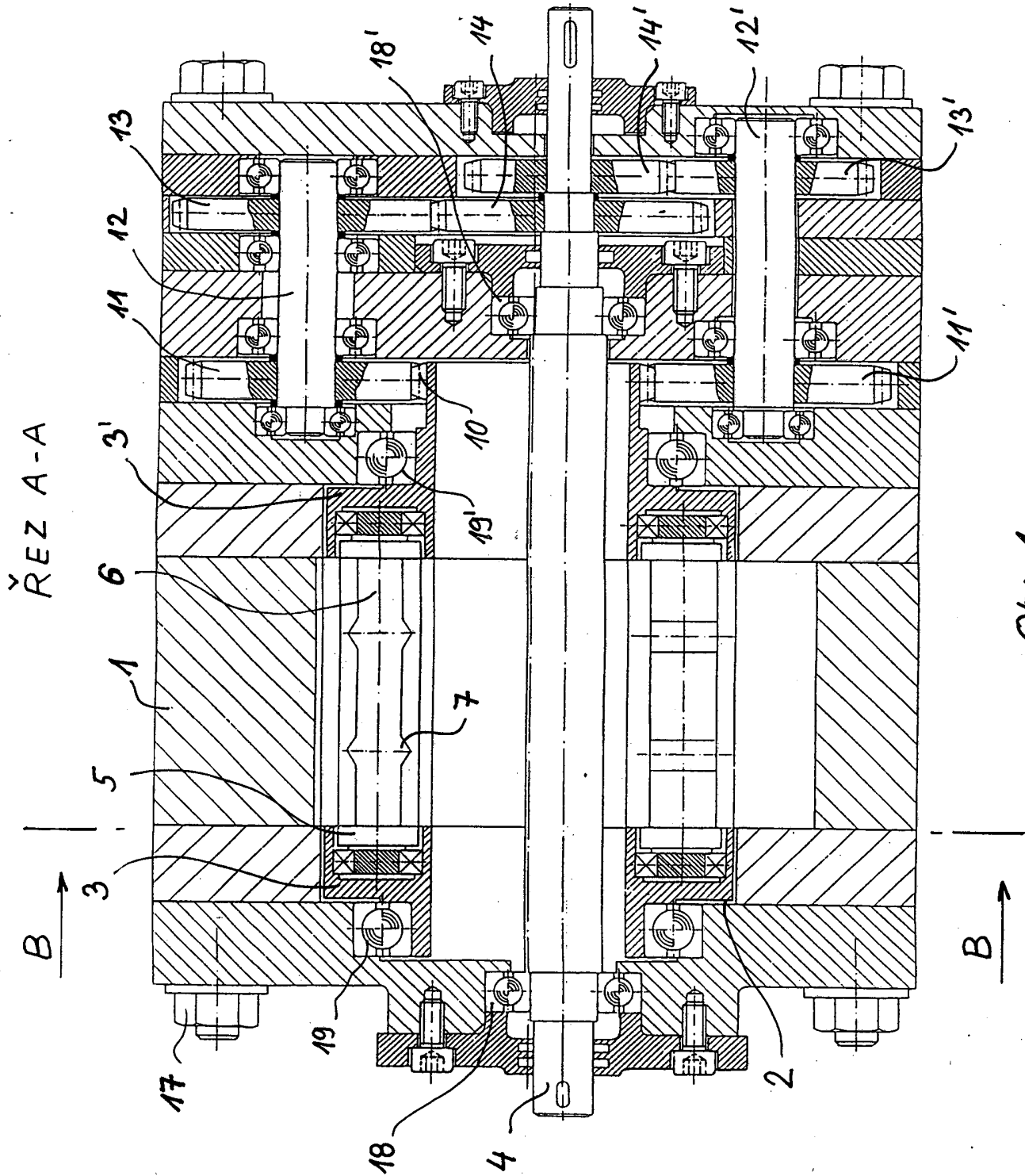
média. Výstupním kanálem 25 zbytkového expandovaného média je odveden zbytek energetického média mimo pracovní prostředí statorové skříně 1 a celý cyklus se opakuje.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Rotační stroj s oběžnými křídly, zejména pro kompresory nebo tepelné motory, sestávající ze satorové skříně s vnitřním válcovým pracovním prostorem opatřené vstupními a výstupními kanály a centrální hřídelí, na níž jsou otočně uložena jednotlivá oběžná křídla, která jsou unášena rotační částí uložené podle excentricky vzhledem k centrální hřídeli rovnoběžně procházející ose, v y z n a č u j í c í s e t í m , že rotační část je tvořena dvojicí (3, 3') unášecích kruhových prstenců excentricky vzhledem k centrální hřídeli (4) satorové skříně (1) otočně uložených a zapuštěných v protilehlých stěnách vnitřního válcového pracovního prostoru (2) satorové skříně (1), do jejichž protilehlých ploch jsou čelně a otočně zapuštěny unášecí válce (5), ve kterých jsou vytvořeny podélné průniky (6), ve kterých jsou kluzně uložena oběžná křídla (8), přičemž mezi každými sousedními unášecími válci (5) jsou vloženy vymezovací lišty (9) čelně a napevno spojené s protilehlými plochami dvojice (3, 3') unášecích kruhových prstenců a přičemž alespoň jeden z dvojice (3, 3') unášecích kruhových prstenců je opatřen ozubeným věncem (10), který je ve stálém záběru s vnitřním ozubeným kolem (11) uloženým na pomocné převodové hřídeli (12), na jejíž opačném konci je uloženo vnější ozubené kolo (13), které je ve stálém záběru s ozubeným kolem (14) centrální hřídele pevně uloženým na výstupní části centrální hřídele (4).
2. Rotační stroj podle bodu 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že radiální koncové plochy a axiální koncové plochy oběžných křídel (8) jsou opatřeny labyrintovým bezdotykovým těsněním (15) a/nebo těsněním podobných vlastností.
3. Rotační stroj podle bodů 1 a 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že v oběžném křídle (8) je vytvořen kanálový systém (16) tlakového média.

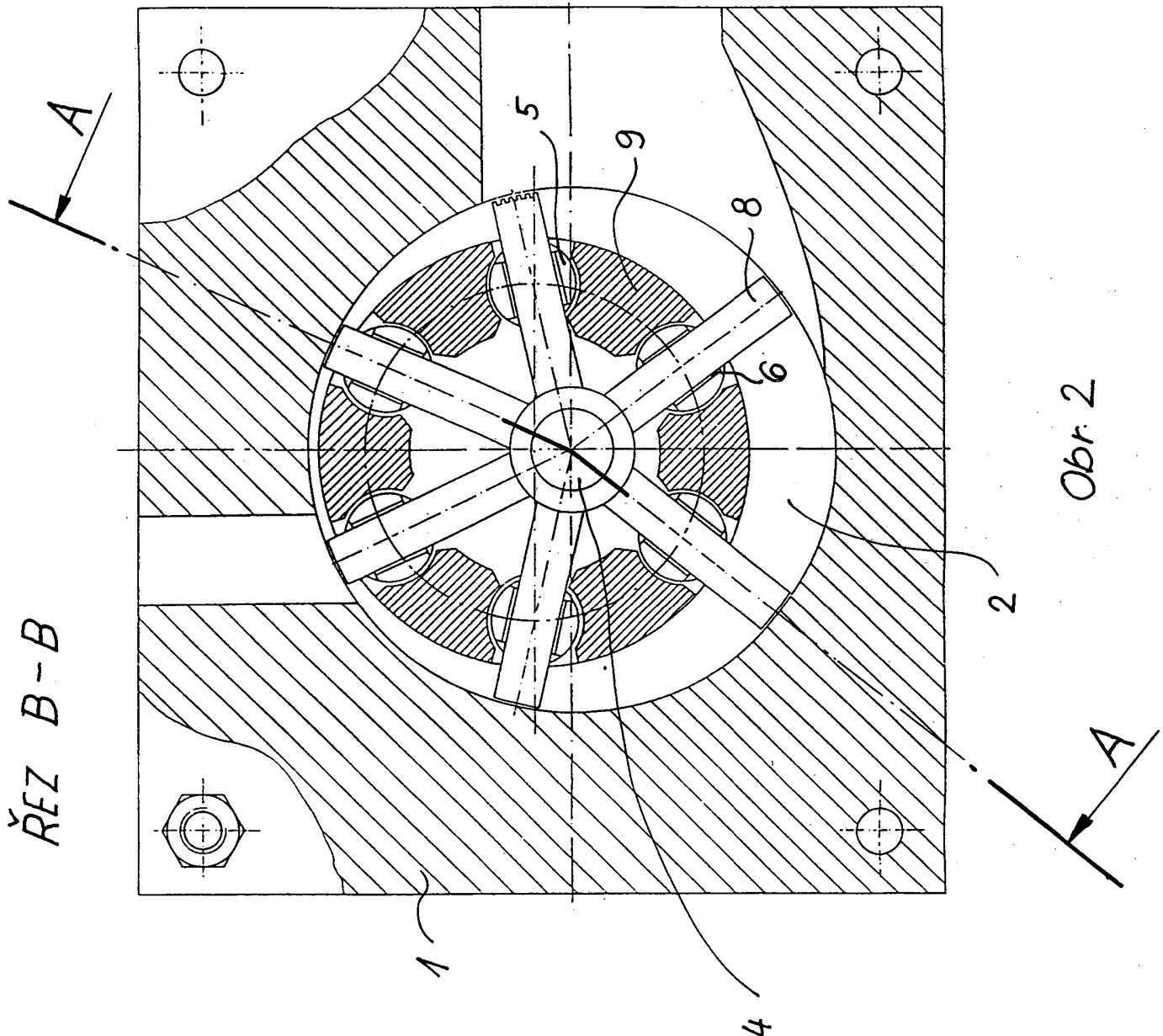
04.05.99

1593-99



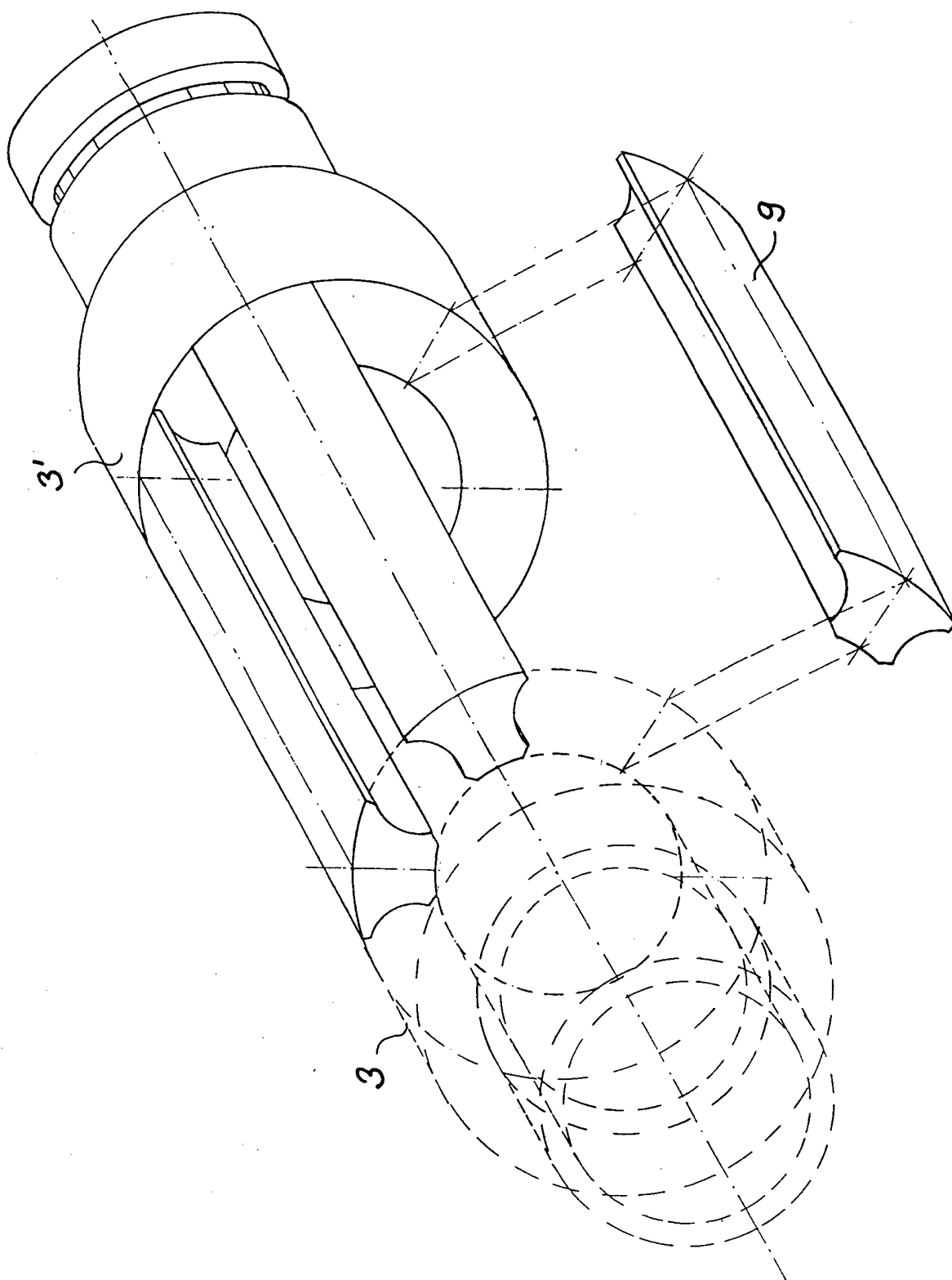
Obr. 1

1593-99



04.05.99

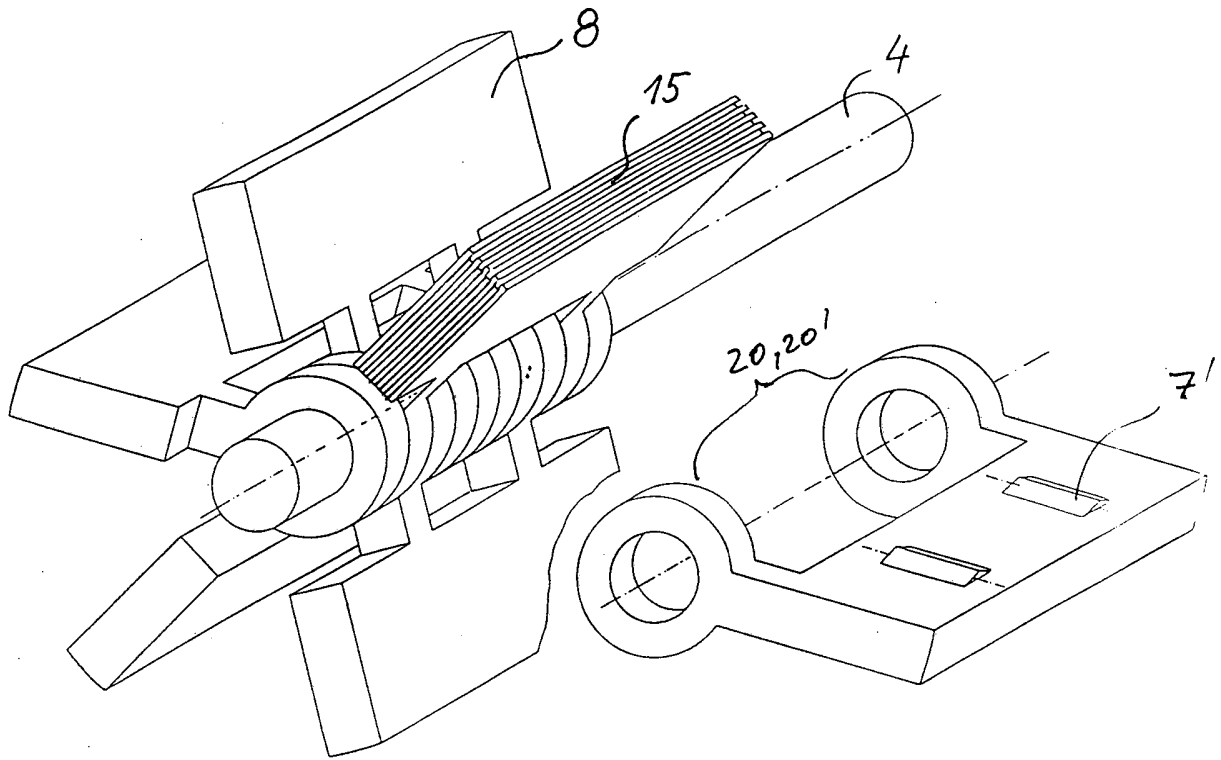
1593-99



Obr. 3

04.05.99

1593-99



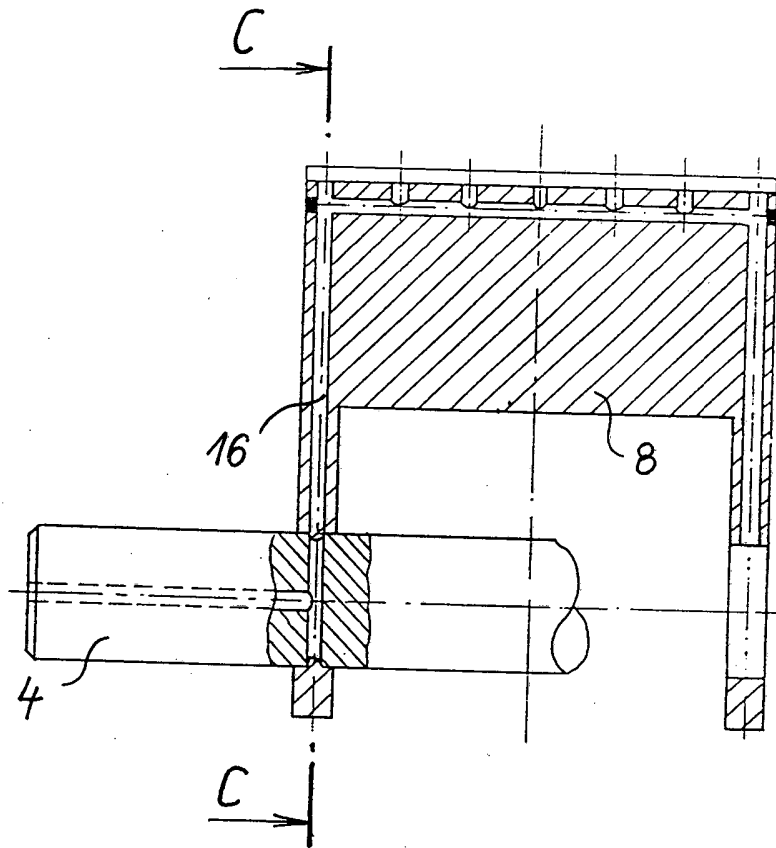
Obr. 4

04.05.99

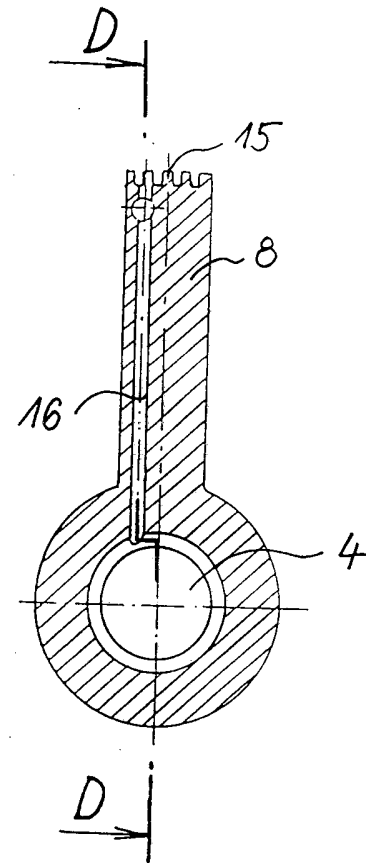
1593-99

ŘEZ D-D

ŘEZ C-C



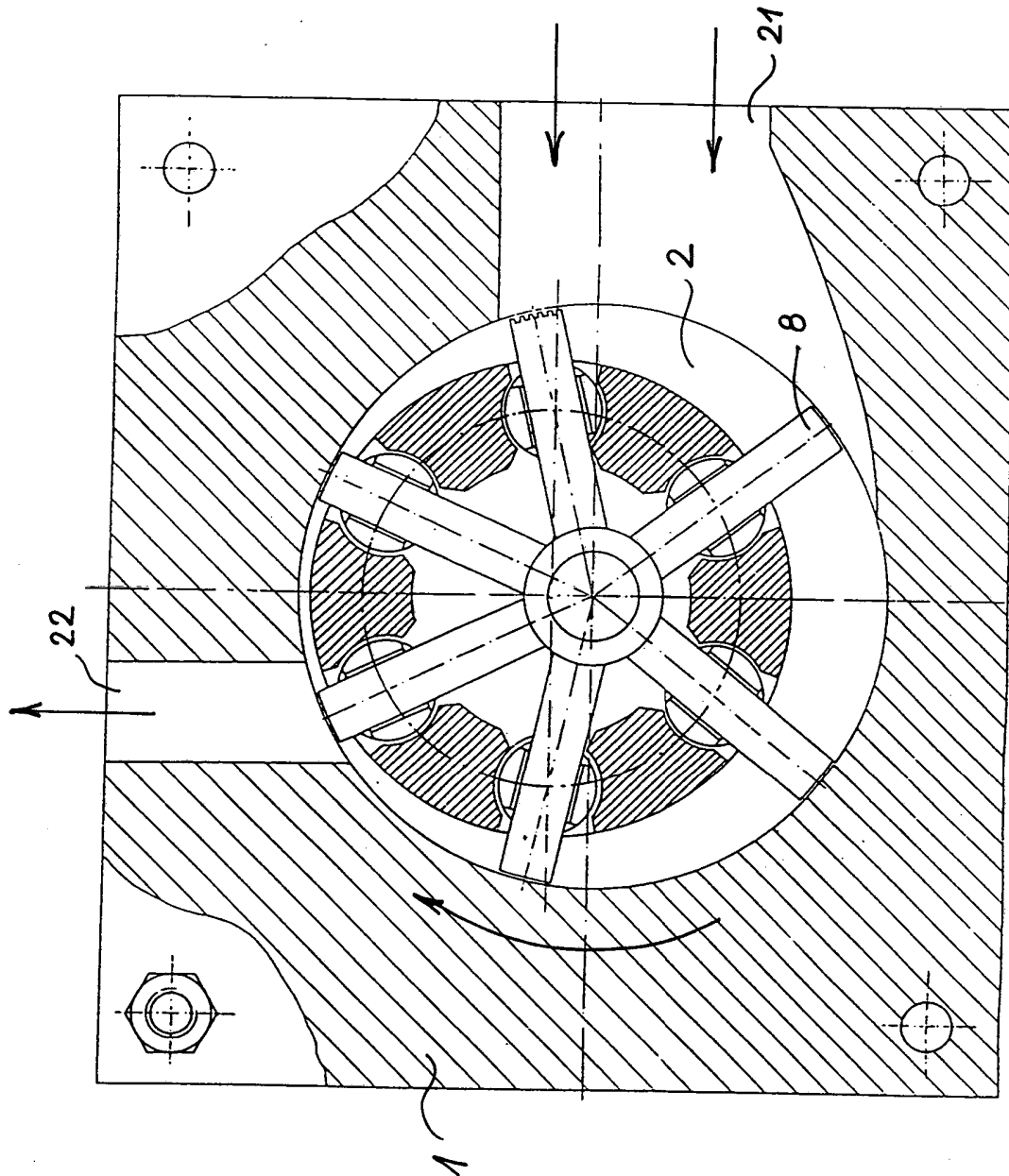
Obr. 5



Obr. 6

04.05.99

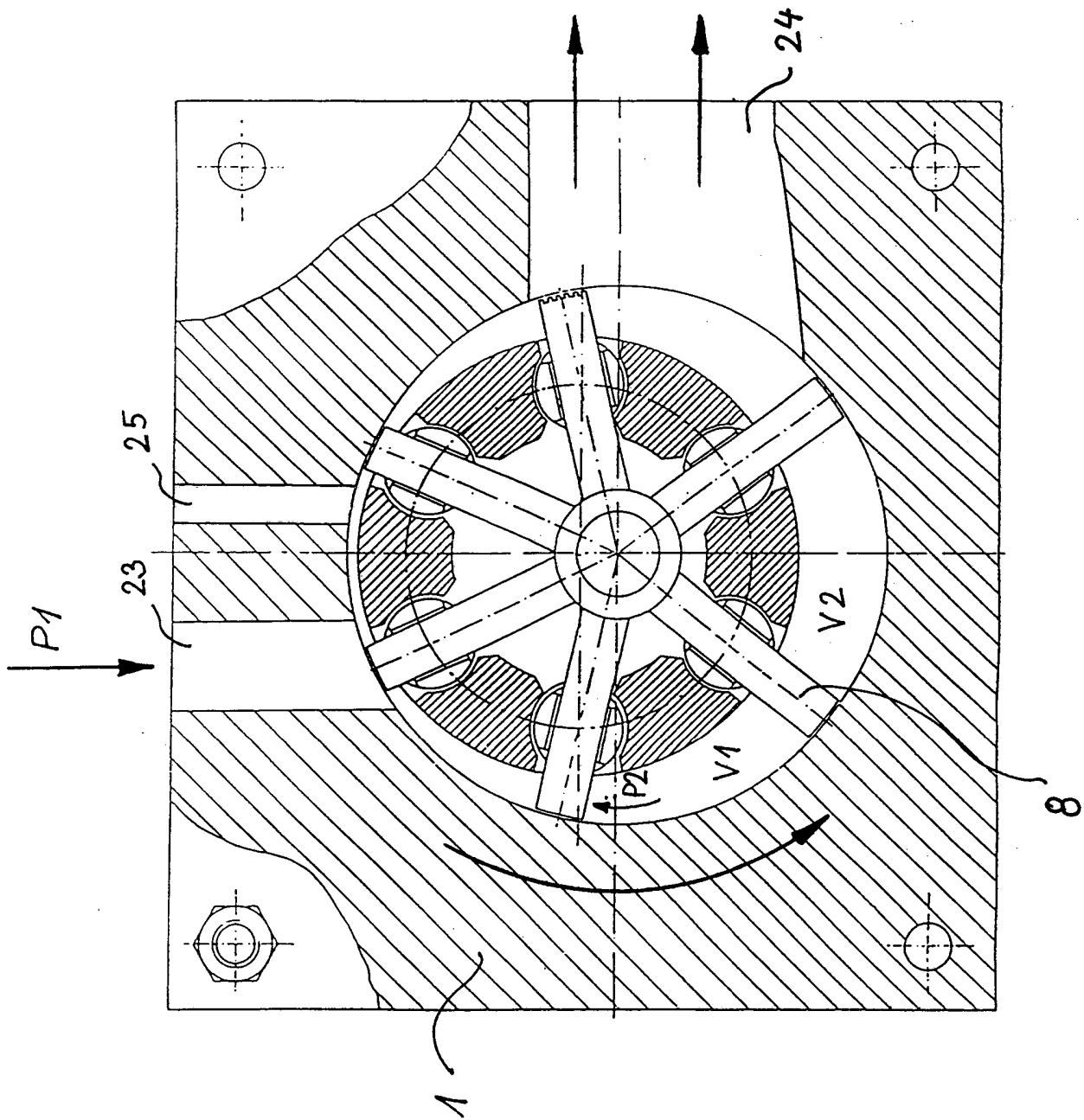
1593-99



Obr. 7

04.05.99

1593-99



Obr. 8