PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:
305 476
(13) Druh dokumentu: **B6**
(51) Int. Cl.:
F16F 15/16 (2006.01)

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

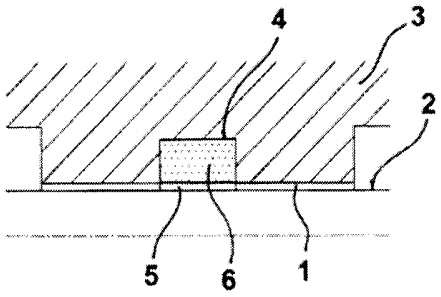
(21) Číslo přihlášky: **2013-996**
(22) Přihlášeno: **12.12.2013**
(40) Zveřejněno: **08.07.2015**
(Věstník č. 27/2015)
(47) Uděleno: **09.09.2015**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **21.10.2015**
(Věstník č. 42/2015)

(56) Relevantní dokumenty:
US 7431504; US 2002081050; JP 2004108426.

(73) Majitel patentu:
SIGMA GROUP a.s., Lutín, CZ

(72) Původce:
prof. Ing. František Pochylý, CSc., Brno - Medlánky, CZ
prof. Ing. Jaroslav Zapoměl, DrSc., Ostrava - Zábřeh, CZ
Ing. Petr Ferfecki, Ph.D., Ostrava - Poruba, CZ
Ing. Aleš Kubis, Velká Bystřice, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Petr Soukup, Vídeňská 8, 772 00 Olomouc



(54) Název vynálezu:
Tlumící hydrodynamický prvek, zejména rotorových soustav

(57) Anotace:
Tlumicí hydrodynamický prvek, zejména rotorových soustav, obsahující škrticí spáru (1), vytvořenou mezi rotorovým dílem (2) a statorovým dílem (3), kde v oblasti stykových ploch rotorového dílu (2) a statorového dílu (3) obsahujících škrticí spáru (1) je vytvořena minimálně jedna komůrka (4). Podstatou vynálezu je, že komůrka (4) je v oblasti vstupního průřezu nebo ve svém vnitřním prostoru opatřena elastickým distančním členem (5) a zároveň je alespoň částečně naplněna tlumicí kapalinou (6), přičemž distanční člen (5) je vytvořen nebo v komůrce (4) zabudován tak, že je zajištěno oddělení pracovní kapaliny od tlumicí kapaliny (6).

CZ 305476 B6

Tlumicí hydrodynamický prvek, zejména rotorových soustav

Oblast techniky

Vynález se týká oblasti řešení hydrodynamických vlastností soustavy těleso–tekutina a týká se konstrukční úpravy tlumicího hydrodynamického prvku, zejména rotorových soustav s nesymetrickými příčně kmitajícími rotujícími i nerotujícími částmi.

Dosavadní stav techniky

Řešení problému interakce tělesa a tekutiny je jedním z nejčastějších případů vyskytujících se v praxi, když v mnoha případech je nutné řešit interakce tuhého tělesa a tenkého tekutinového filmu. Konkrétními případy v oblasti rotorových soustav s nesymetrickými příčně kmitajícími rotujícími i nerotujícími částmi jsou pak řešení hydrodynamických těsnicích spár, kluzných ložisek a hydrodynamických tlumičů, tzv. squeeze filmových tlumičů.

Nejčastěji je k tlumení příčného, tedy radiálního, kmitání rotorových soustav využívána jednoduchá hydrodynamická spára, tvořená úzkou mezerou mezi rotorem otáčejícím se určitou úhlovou rychlostí a statorovou výstelkou, která bývá nejčastěji kruhového průřezu. Spárou proudí tekutina ve směru tlakového spádu a současně rotuje, přičemž rotace kapaliny je vyvolána smykovým napětím v důsledku rotace hřídele. V případě, že je rotor umístěn v centrické poloze, je proudění kapaliny kolem hřídele symetrické a nevzniká žádná radiální síla na rotor. Dojde-li z nějakých příčin k posunu rotoru v radiálním směru, je proudění ve spáře nerovnoměrná a vznikne radiální síla, která působí proti posunutí rotoru. Velikost této síly je u hydrodynamické těsnicí spáry ovlivněna jak obvodovým, tak axiálním prouděním, přičemž tlumicí efekt se projeví i při nulové úhlové rychlosti rotoru. Konkrétní příklad řešení tohoto těsnicího prvku je uveden ve spise SU 1349385. Lepších těsnicích a tlumicích vlastností se dosahuje pomocí jedné nebo více komůrek vytvořených v oblasti těsnicí spáry, které zvyšují hydraulické ztráty a které jsou popsány například ve spisech RU 2380575 a US 6036192. Těsnicí a tlumicí schopnost hydrodynamické těsnicí spáry se rovněž zvýší tvarováním povrchů rotoru a statorové výstelky, což je známo ze spisů WO 2013028240 nebo US 6036192.

Proudění tekutiny v tenké spáře mezi statorem a rotorem je rovněž využíváno u kluzných ložisek, ovšem zde je konstrukčně oboustranně situovanými ucpávkami zabráněno axiálnímu proudění kapaliny. Při posunutí rotoru v radiálním směru se u kapaliny změní obvodové rychlosti tak, že v užší mezeře je rychlost větší, než v mezeře širší, což je důsledek obecně platné rovnice kontinuity. Výsledkem rozdílných rychlostí je nerovnoměrné tlakové pole, které působí silou proti směru radiálního posunutí. Nejjednodušším tlumicím hydrodynamickým prvkem je squeeze filmový tlumič, využívaný u soustav, kde ani jeden prvek těsněného uzlu nerotuje, pouze se pohybuje v radiálním směru. Tlumicí síla je zde vyvolána v důsledku nestlačitelnosti kapaliny jejím přetékáním z užší mezery do širší. Ani zde nedochází k axiálnímu proudění kapaliny.

Hydrodynamického tlumení u rotorových soustav lze dosáhnout také koncepcí labyrintového provedení těsnicí spáry, které je realizováno na vzájemně přiléhajících radiálně situovaných stěnách rotoru a statoru. Labyrintů může být v sérii uspořádáno i více v závislosti na hodnotě tlakového spádu. Příkladem tohoto řešení je spis DE 4122965. Intenzitu tlumení rotorových soustav lze zvýšit i vložením jednoduchého nebo dvojitého tzv. plovoucího kroužku, což je popsáno například ve spisech CN 103047171, CA 1308960, CN 101709718, US 6429160 nebo CN 2154372. Dalším možným řešením tlumení v hydrodynamické spáře obsahující komůrky je popsáno například ve spisech SU 1634908 nebo SU 1622688. U těchto případů jsou do komůrek vloženy pružné elementy, které jednak mění velikost spáry v závislosti na tlaku a jednak působí jako pružná podpěra, kterou je možno měnit vlastní frekvenci kmitání. Vkládané pružné elementy

mohou být nahrazeny porézním materiálem, který kromě změny tuhosti v závislosti na tlakovém spádu zvyšuje i disipaci energie, a tím zvyšuje tlumení hřídele.

Úkolem předkládaného vynálezu je představit k využití takové řešení, které by za využití znalostí všech způsobů tlumení zajistilo jednoduchým způsobem zvýšení tlumicích a tuhostních účinků hřídelí nebo čepů, a tím snížení přenosu kmitání do konstrukce soustavy.

Podstata vynálezu

Stanoveného cíle je dosaženo vynálezem, kterým je řešení tlumicího hydrodynamického prvku, zejména rotorových soustav, obsahujících škrticí spáru, vytvořenou mezi rotorovým dílem a statorovým dílem, kde v oblasti stykových ploch rotorového dílu a statorového dílu obsahujících škrticí spáru je vytvořena minimálně jedna komůrka. Podstatou vynálezu je, že komůrka je v oblasti vstupního průřezu nebo ve svém vnitřním prostoru opatřena elastickým distančním členem a zároveň je alespoň částečně naplněna tlumicí kapalinou, přičemž distanční člen je vytvořen nebo v komůrce zabudován tak, že je zajištěno oddělení pracovní kapaliny od tlumicí kapaliny.

Ve výhodných provedeních je komůrka vytvořena ve statorovém dílu ve tvaru mezikruží nebo je komůrka vytvořena v kluzném ložisku nebo squeeze filmovém tlumiči uloženém mezi stykovými plochami rotorového dílu a statorového dílu.

Je rovněž výhodné, když je elastický distanční člen tvořen pružnou membránou zabudovanou ve vstupním průřezu komůrky, přičemž při vytvoření více jak jedné komůrky mají tyto komůrky stejnou délku i hloubku nebo nestejnou délku a stejnou hloubku nebo nestejnou délku i nestejnou hloubku.

V dalších výhodných provedeních je elastický distanční člen tvořen anuloidem volně vloženým v komůrce nebo je v komůrce vložen pružný kroužek tak, že se opírá v radiálním směru o statorový díl.

Konečně je výhodné, když je rotorový díl uložen v kluzném ložisku vytvářejícím komůrku, kde jednak jsou škrticí spáry realizovány s využitím ucpávek a jednak je ve vnitřním prostoru komůrky zabudován distanční člen rozdělující komůrku na dvě části, přičemž část vnitřního prostoru komůrky přiléhající statorovému dílu je naplněna tlumicí kapalinou.

Tlumicí kapalina může být v dalších výhodných provedeních tvořena kapalinou magnetoreologickou, přičemž v komůrce jsou zabudovány póly magnetu, tvořené s výhodou plovoucími kroužky.

Předkládaným řešením se dosahuje nového a vyššího účinku v tom, že je možno jene zvyšovat hodnoty tuhosti a tlumení kapalinové vrstvy, ale také řídit působení nových hydrodynamických prvků na dynamiku mechanické soustavy, a to volbou druhu kapaliny nebo účinkem magnetického pole.

Objasnění výkresů

Konkrétní příklady provedení vynálezu jsou schematicky znázorněny na připojených výkresech, kde:

obr. 1 je podélný osový řez základním provedením hydrodynamického tlumicího prvku obsahujícího škrticí spáru, jejíž obvodová komůrka je naplněna tlumicí kapalinou, která je oddělena od protékající kapaliny distančním členem vytvořeným ve formě pružné membrány,

obr. 2 je podélný osový řez možným provedením tlumicího prvku z obr. 1 se škrticí spárou opatřenou více komůrkami stejné délky i hloubky,

obr. 3 je podélný osový řez možným provedením tlumicího prvku z obr. 1 se škrticí spárou opatřenou více komůrkami nestejné délky a stejné hloubky,

obr. 4 je podélný osový řez možným provedením tlumicího prvku z obr. 1 se škrticí spárou opatřenou více komůrkami nestejné délky a nestejné hloubky,

obr. 5 je podélný osový řez možným provedením tlumicího prvku z obr. 1 se škrticí spárou opatřenou jednou komůrkou, do které je vložen pružný kroužek opírající se o statorový díl a pod kroužkem je komůrka naplněna tlumicí kapalinou o vysoké viskozitě, oddělené od protékající kapaliny distančním členem ve formě pružné membrány,

obr. 6 je podélný osový řez možným provedením tlumicího prvku z obr. 1 se škrticí spárou opatřenou jednou komůrkou, do které je vložen pružný kroužek opírající se o statorový díl a pod kroužkem je umístěn anuloid s tlumicí kapalinou o viskozitě,

obr. 7 je podélný osový řez alternativním provedením tlumicího prvku z obr. 6 bez vloženého pružného kroužku,

obr. 8 je podélný osový řez možným provedením tlumicího prvku tvořeným squeeze filmovým tlumičem s magnetoreologickou kapalinou,

obr. 9 je podélný osový řez možným provedením tlumicího prvku tvořeným dvoukapalinovým provedením kluzného ložiska a

obr. 10 je podélný osový řez možným provedením tlumicího prvku tvořeným dvoukapalinovým provedením kluzného ložiska s magnetoreologickou kapalinou.

Výkresy, které znázorňují představovaný vynález a následně popsané příklady konkrétních provedení v žádném případě neomezují rozsah ochrany uvedený v definici, ale jen objasňují podstatu vynálezu.

Příklady uskutečnění vynálezu

Vynález se týká konstrukčních úprav tlumicího hydrodynamického prvku, obsahujících škrticí spáru 1, vytvořenou mezi rotorovým dílem 2, tvořeným například hřídelí, pístem nebo čepem, a statorovým dílem 3, tvořeným například skříní, a využívajících ke zlepšení těsnicích a tlumicích vlastností polouzavřených obvodových komůrek 4, vytvořených ve statorovém dílu 3 na jeho ploše spoluvytvářející škrticí spáru 1, popřípadě vlastností kluzných ložisek nebo vlastnosti squeeze filmových tlumičů obsahujících tuto škrticí spáru 1.

V základním provedení tlumicího prvku znázorněném na obr. 1 je v oblasti hydrodynamické obvodové škrticí spáry 1 vytvořena ve statorovém dílu 3 jedna obvodová komůrka 4 ve tvaru mezikruží, která je na vstupním průřezu opatřena elastickým distančním členem 5, například pružnou membránou, který je zabudován, například zaválcován, zavařen, zapájen nebo zalepen, ve statorovém dílu 3 tak, že je zamezen průnik pracovní kapaliny proudící ve škrticí spáře 1 do komůrky 4. Vnitřní prostor komůrky 4 je zaplněn tlumicí kapalinou 6 o viskozitě podstatně, až o řád, vyšší, než je viskozita kapaliny proudící škrticí spárou 1.

V případě, že dojde k pohybu rotorového dílu 2 v radiálním směru, je proudící kapalinou deformován distanční člen 5 a dojde ke změně rychlosti jak proudící pracovní kapaliny ve škrticí spáře 1, tak tlumicí kapaliny 6 v obvodové komůrce 4. Vzhledem k tlumení a tuhosti tlumicí kapaliny 6 dojde i k vyššímu tlumení rotorového dílu 2.

V alternativních provedeních je za účelem zvyšování tlumení vytvořeno ve statorovém dílu 3 více obvodových komůrek 4, které mohou být stejné délky i hloubky, jak je patrné z obr. 2, nebo

nestejné délky a stejné hloubky, jak je znázorněno na obr. 3, nebo nestejné délky i nestejné hloubky, jak plyne z obr. 4.

Je rovněž za účelem řízení tuhosti soustavy v místě vytvořeného hydrodynamického prvku vložit do obvodové komůrky 4 pružný kroužek 7 tak, že se opírá v radiálním směru o statorový díl 3, jak je znázorněno na obr. 5. V dalším alternativním provedení znázorněném na obr. 6 je v obvodové komůrce 4 rovněž vložen pružný kroužek 7 opírající se v radiálním směru o statorový díl 3, ale tlumicí kapalina 6 je naplněna v distančním členu 5, vytvořeném ve formě elastického anuloidu, který je volně vložen do obvodové komůrky 4. Ve zjednodušeném provedení této alternativy hydrodynamického prvku je v obvodové komůrce 4 uložen pouze distanční člen 5 ve formě elastického anuloidu bez pružného kroužku 7, jak je patrné z obr. 7.

Vynález je možno aplikovat rovněž u hydrodynamického tlumicího prvku tvořeného squeeze filmovým tlumičem znázorněným na obr. 8, kde je jako tlumicí kapalina 6 použita kapalina magnetoreologická. V komůrce 4 jsou zabudovány póly 9 magnetu, tvořené například plovoucími kroužky, přičemž působením magnetické indukce mezi póly 9, tedy v radiálním směru, je možno výrazně měnit viskozitu tlumicí kapaliny 6, a tím i celkové tlumení radiálního kmitání rotorového dílu 2.

Na stejných principech je koncipována i úprava kluzného ložiska znázorněného na obr. 9, kde škrticí spáry 1 jsou realizovány s využitím ucpávek 10, popřípadě i u kluzného ložiska znázorněného na obr. 10, kde jako tlumicí kapalina 6 je použita kapalina magnetoreologická. V komůrce 4 jsou zabudovány póly 9 magnetu, tvořené například plovoucími kroužky, stejně jako v případě squeeze filmového tlumiče.

Průmyslová využitelnost

Řešení tlumicího hydrodynamického prvku podle vynálezu je určeno k využití zejména u rotorových soustav s nesymetrickými příčně kmitajícími rotujícími i nerotujícími částmi, jako jsou například točivé stroje, zejména odstředivá čerpadla, turbíny apod.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Tlumicí hydrodynamický prvek, zejména rotorových soustav, obsahující škrticí spáru (1), vytvořenou mezi rotorovým dílem (2) a statorovým dílem (3), kde v oblasti stykových ploch rotorového dílu (2) a statorového dílu (3) obsahujících škrticí spáru (1) je vytvořena minimálně jedna komůrka (4), **vyznačující se tím**, že komůrka (4) je v oblasti vstupního průřezu nebo ve svém vnitřním prostoru opatřena elastickým distančním členem (5) a zároveň je alespoň částečně naplněna tlumicí kapalinou (6), přičemž distanční člen (5) je vytvořen nebo v komůrce (4) zabudován tak, že je zajištěno oddělení pracovní kapaliny od tlumicí kapaliny (6).

2. Tlumicí hydrodynamický prvek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že komůrka (4) je vytvořena ve statorovém dílu (3) ve tvaru mezikruží.

3. Tlumicí hydrodynamický prvek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že komůrka (4) je vytvořena v kluzném ložisku nebo squeeze filmovém tlumiči uloženém mezi stykovými plochami rotorového dílu (2) a statorového dílu (3).

4. Tlumicí hydrodynamický prvek podle nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že elastický distanční člen (5) je tvořen pružnou membránou zabudovanou ve vstupním průřezu komůrky (4).

5. Tlumicí hydrodynamický prvek podle některého z nároků 1, 2 a 4, **vyznačující se tím**, že při vytvoření více jak jedné komůrky (4) mají tyto komůrky (4) stejnou délku i hloubku nebo nestejnou délku a stejnou hloubku nebo nestejnou délku i nestejnou hloubku.

6. Tlumicí hydrodynamický prvek podle nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že elastický distanční člen (5) je tvořen anuloidem volně vloženým v komůrce (4).

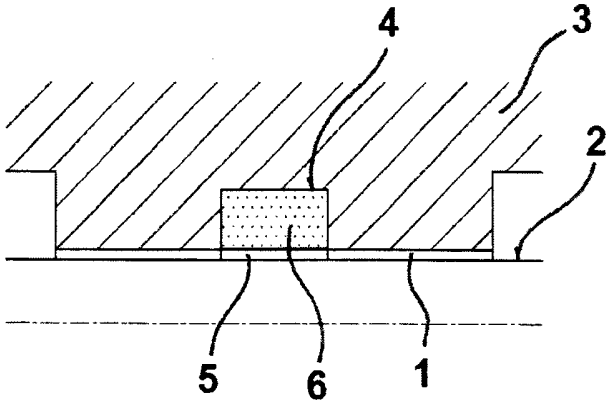
7. Tlumicí hydrodynamický prvek podle některého z nároků 1, 2, 4 a 6, **vyznačující se tím**, že v komůrce (4) je vložen pružný kroužek (7) tak, že se opírá v radiálním směru o statorový díl (3).

8. Tlumicí hydrodynamický prvek podle nároků 1 a 3, **vyznačující se tím**, že rotorový díl (2) je uložen v kluzném ložisku vytvářejícím komůrku (4), kde jednak jsou škrticí spáry (1) realizovány s využitím ucpávek (10) a jednak je ve vnitřním prostoru komůrky (4) zabudován distanční člen (5) rozdělující komůrku (4) na dvě části, přičemž část vnitřního prostoru komůrky (4) přiléhající statorovému dílu (3) je naplněna tlumicí kapalinou (6).

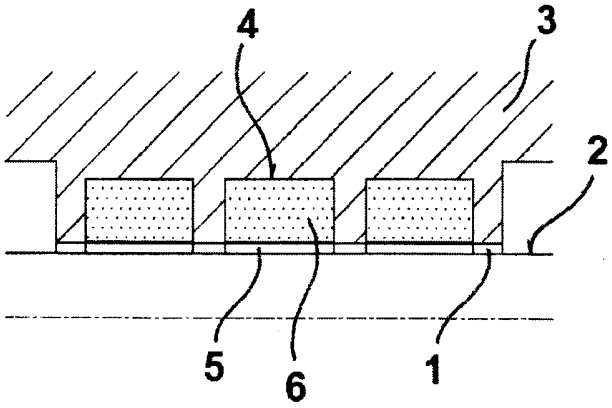
9. Tlumicí hydrodynamický prvek podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že tlumicí kapalina (6) je tvořena kapalinou magnetoreologickou, přičemž v komůrce (4) jsou zabudovány póly (9) magnetu, tvořené s výhodou plovoucími kroužky.

3 výkresy

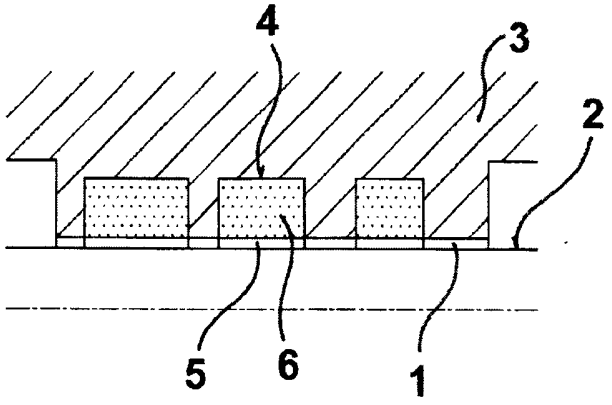
OBR. 1



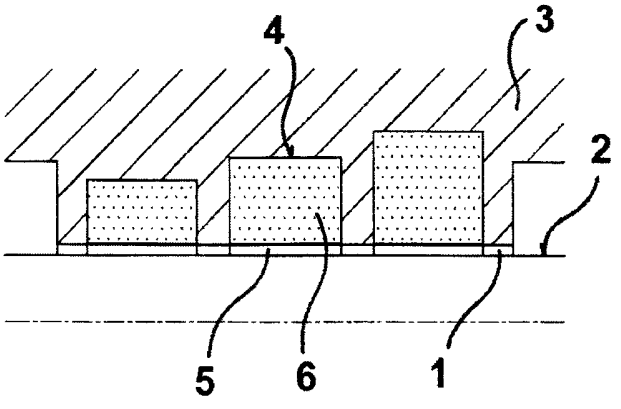
OBR. 2



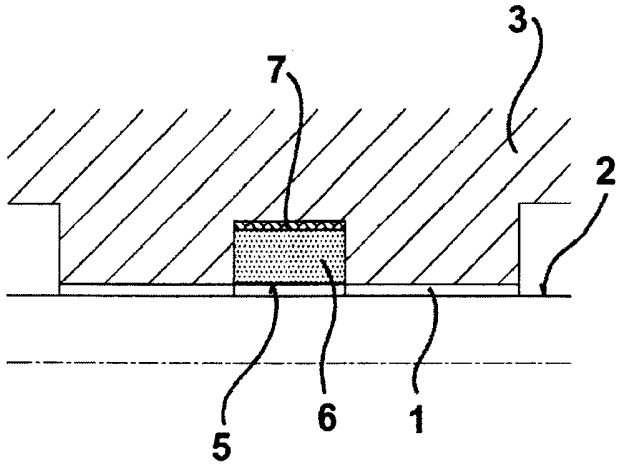
OBR. 3



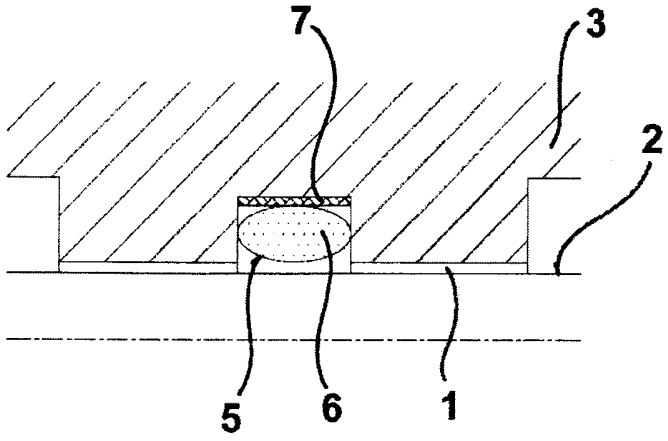
OBR. 4



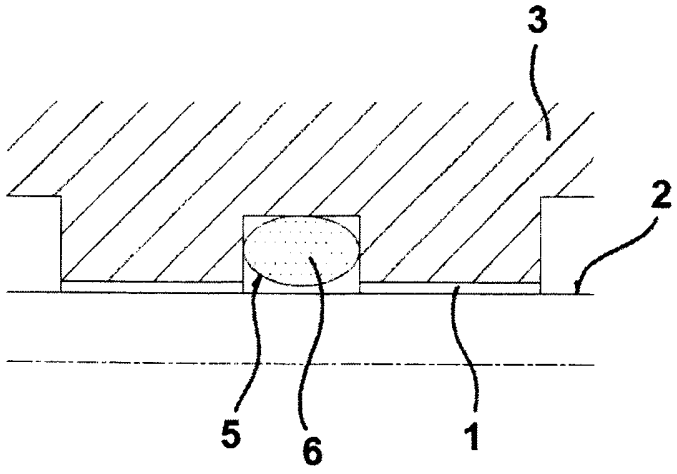
OBR. 5



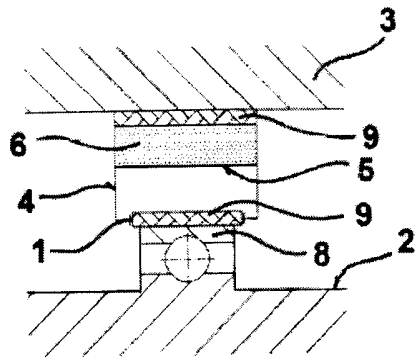
OBR. 6



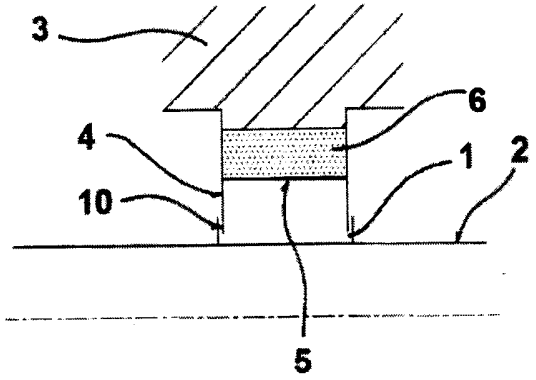
OBR. 7



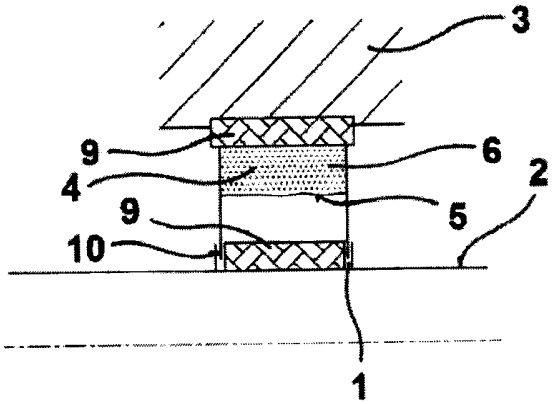
OBR. 8



OBR. 9



OBR. 10



Konec dokumentu