



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

226 242

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 08 04 82
(21) PV 2521-82

(51) Int. Cl.³

G 01 M 1/16,
G 01 M 19/00

(40) Zveřejněno 29 07 83
(45) Vydáno 01 02 86

(75)
Autor vynálezu

PROCHÁZKA MIROSLAV ing. CSc., PRAHA

(54)

Zařízení pro měření souososti hřídelů
rotačních soustrojí za provozu

Vynález se týká zařízení pro měření různoběžnosti a mimoběžnosti rotačních os soustrojí. Zejména se týká těchto měření u rotačních soustrojí velkých výkonů za provozu.

Dle známého stavu techniky se provádějí měření souososti hřídelů rotačních strojů geodetickými metodami a strojnickým měřením rozestupu spojek setinovým indikátorem. Hlavní nevýhodou těchto měřicích zařízení a příslušných metod je, že provádějí měření pouze za klidu, často až po vychladnutí stroje. Geodetická měření vyžadují většinou rozebrání stroje, neboť do ložisek se místo rotoru vkládají rotační členy s průzory uzpůsobenými pro geodetická měření. Proto se tato měření mohou realizovat pouze při generálních opravách stroje. V časových intervalech mezi generálními opravami se provádějí strojnická měření za klidu stroje. Jejich podstatnou nevýhodou je, že neumožňují měření za provozu, zejména za rovnovážného, ustáleného teplotního stavu soustrojí. Vyřazením soustrojí z provozu se tento ustálený teplotní stav poruší, proto je nutno čekat, až soustrojí vychladne. Je zřejmé, že výsledky měření za studeného stavu se nemusí shodovat s měřením za stavu teplotního, ustáleného.

Výše uvedené nedostatky jsou odstraněny zařízením pro měření souososti hřídelů rotačních soustrojí za provozu, které obsahuje otočné hřídele a spojku jíž jsou oba hřídele spojeny a které je vyznačeno tím, že ve dvou rovinách různoběžných k ose hřídelů je instalováno minimálně 8 dvojic snímačů pro bezdotykové měření vzdálenosti mezi činnou plochou snímače a rotující částí stroje. Osy čtyř dvojic snímačů jsou obsaženy v první rovině a osy druhých čtyř dvojic snímačů jsou obsaženy ve druhé rovině. V každé rovině jsou dvě dvojice snímačů umístěny u rotujících částí prvního stroje a další dvě dvojice snímačů jsou umístěny u rotujících částí druhého stroje. Každá dvojice snímačů obsahuje dva snímače uložené vzhledem k rotující

části proti sobě posunuté po obvodě rotující části o úhel 180° . Všechny snímače jsou uloženy v tuhých členech, které jsou všechny navzájem mechanicky spojeny pevnými, tuhými spoji nebo členy.

Jak bylo řečeno, v každé ze dvou zvolených rovin jsou umístěny čtyři dvojice řečených snímačů. Jejich výstupní signály umožňují v každé rovině vyhodnocení čtyř veličin. Jsou to translační posuvy obou hřídelů v obou rovinách a úhel naklonění osy každého z obou hřídelů rovněž v obou rovinách. Stanovením rozdílů řečených veličin se získá v obou rovinách vzájemný translační posuv hřídelů a vzájemné naklonění os obou hřídelů /úhel, který tyto osy svírají v dané rovině/. Přitom obě roviny je možno s výhodou volit vzájemně kolmé. Všechny veličiny dohromady, to je výsledné veličiny z první i druhé roviny tvoří pak ortogonální složky posuvů a úhlů v obou zmíněných rovinách snímačů. Z těchto složek je možno vyhodnotit celkový vzájemný translační posuv obou hřídelů a celkový vzájemný úhel, který spolu svírají obě osy hřídelů. Dále je možno stanovit úhel roviny, v níž dochází k řečenému celkovému translačnímu posuvu a úhel roviny, v níž dochází k řečenému celkovému vzájemnému úhlu naklonění os obou hřídelů. Použité dvojice snímačů pro jeden vyhodnocovaný signál umožňují provést vyhodnocení výsledných požadovaných veličin tak, že údaje nejsou závislé na posuvu nebo torzi řečeného tuhého tělesa, v němž jsou snímače pevně uchyceny. To znamená, že pohneme-li tuhým tělesem snímačů jakýmkoliv způsobem v prostoru, pak výsledky měření jsou na přemístění nebo natočení tohoto tuhého tělesa nezávislé. Výsledné úhly/rovin, to je roviny translačního posuvu, jakož i roviny řečeného maximálního úhlu natočení os obou hřídelů se ovšem vždy vztahují k určité zvolené nulové ose na tuhém tělese snímačů. Z řečeného je také patrné, že výsledky měření nezávisí na tom, zda tuhé těleso snímačů je pevně nebo odpruženě spojeno se základnou, nebo alternativně s fremou nebo ložiskovým stojanem jednoho z obou strojů soustrojí. Dále výsledky nezáleží na teplotní dilataci tuhého tělesa snímačů, pokud tato dilatace je ve všech směrech rovnoměrná. Měření prováděné za provozu, to je při otáčkách soustrojí, umožňuje průměrováním hodnot vyloučit vlivy nerovnosti povrchu, neokrouhlosti nebo "házení" povrchu, nerovnoměrností magnetických vlastností povrchu. Je však nutné, aby zmíněné rotující části byly pevně spojeny s příslušnými hřídeli soustrojí. Průměrování hodnot umož-

ňuje rovněž vyloučit vliv vibrací. Také nastavení měřicího systému je nejpřesnější při otáčení soustrojí. Při dobíhání soustrojí je možno pozorovat vlivy ložisek v důsledku změn tloušťky olejových vrstev až do stavu, kdy si čepy v ložiskách "sednou". Měření prováděné za provozu umožňuje dále pozorovat změny souososti hřídelů v závislosti na příkonu nebo výkonu soustrojí /souvisí s teplotními dilatacemi těles strojů/, nebo v závislosti na deformacích základů strojů atp.

Na připojených výkresech jsou znázorněny dvě alternativy provedení zařízení podle vynálezu. Na obr. 1 je nárys zařízení, na obr. 2 je půdorys zařízení. Představují spojku tvořící spojení mezi oběma hřídeli soustrojí. Dále je na těchto obrázcích patrné umístění celkem osmi dvojic snímačů. Na obr. 3 je nárys a na obr. 4 půdorys spojky s hřídeli a celkem osm dvojic snímačů. Je to jiná alternativa řešení dle vynálezu.

Na obr. 1 a 2 je příkladné řešení zařízení pro měření souososti hřídelů rotačních soustrojí za provozu. Hřídel prvního stroje 13 je natuho spojený s první částí spojky 11, hřídel druhého stroje 14 je natuho spojený s druhou částí spojky 12. Osy instalovaných snímačů pro bezdotykové měření vzdálenosti mezi činnou plochou snímače a rotující částí stroje jsou obsaženy ve dvou rovinách navzájem kolmých. Ve svislé rovině jsou obsaženy osy čtyř dvojic snímačů 1'a 2', 3'a 4', 5'a 6', 7'a 8', v horizontální rovině jsou obsaženy osy dalších čtyř dvojic snímačů 1"a 2", 3"a 4", 5"a 6", 7"a 8". Ve svislé rovině rovněž dvě dvojice snímačů 1'a 2', 3'a 4' jsou umístěny u rotujících částí prvního stroje. Dále ve svislé rovině další dvě dvojice snímačů 5'a 6', 7'a 8'a v horizontální rovině dvě dvojice snímačů 5"a 6", 7"a 8" jsou umístěny u rotujících částí druhého stroje. Každá dvojice snímačů obsahuje dva snímače uložené vzhledem k rotující části proti sobě posunuté po obvodě rotující části o úhel 180° , přičemž všechny snímače 1'a až 8'a a 1"a až 8" jsou uloženy v tuhých členech 9, 10, které jsou všechny navzájem mechanicky spojeny pevnými, tuhými spoji v jedno tuhé těleso. Na obr. 3 a 4 je nárys a půdorys druhého alternativního uspořádání dle vynálezu, jehož popis je zcela shodný s uvedeným popisem uspořádání na obr. 1 a 2. Obě uspořádání se navzájem liší pouze v tom, že podle uspořádání na obr. 3 a 4 jsou osy všech snímačů kolmé na osu rotace, v případě uspořádání podle obr. 1 a 2 jsou osy poloviny snímačů kolmé na osu rotace, druhá polovina snímačů má osy

rovnoběžné s osou rotace. Pro vysvětlení funkce obou alternativních řešení podle vynálezu je třeba označit střední hodnotu mezery /v místě i čase/ mezi čelem snímače a rotující částí: s a přidat indexy označující číslo snímače a rovinu, v níž je instalován. Na příklad střední vzduchová mezera snímače číslo $\underline{5}$ ve druhé rovině /na př. horizontální/ bude mít označení $\underline{s}_5''$ atp. Označí-li se dále translační posunutí druhého hřídele $\underline{14}$ ve vertikální rovině směrem nahoru /v kladném smyslu/ vůči prvému hřídeli $\underline{11}$: a' . Označí-li se dále naklonění osy druhého hřídele $\underline{14}$ ve vertikální rovině v kladném smyslu /to je proti ručičkám hodinovým/ vzhledem k ose prvního hřídele $\underline{13}$: α' . Obdobně je možno označit v horizontální rovině translační posunutí druhého hřídele $\underline{14}$ proti prvému hřídeli $\underline{13}$: a'' . V téže rovině naklonění osy druhého hřídele $\underline{14}$ vůči prvému hřídeli $\underline{13}$: α'' . Pak pro uspořádání dle obr. 1 a 2 platí

$$\alpha' = 1/2 (S_1' + S_6' - S_2' - S_5') + \mu/2v (S_3' + S_8' - S_4' - S_7')$$

$$\alpha'' = 1/2 (S_1'' + S_6'' - S_2'' - S_5'') + \mu/2v (S_3'' + S_8'' - S_4'' - S_7'')$$

$$\alpha' \doteq \operatorname{tg} \alpha' = 1/2 (S_3' + S_7' - S_4' - S_8'). 1/v$$

$$\alpha'' \doteq \operatorname{tg} \alpha'' = 1/2 (S_3'' + S_7'' - S_4'' - S_8''). 1/v$$

Pro uspořádání dle obr. 3 a 4 platí

označí-li se

$$m' = 1/v (S_1' + S_4' - S_2' - S_3')$$

$$m'' = 1/v (S_1'' + S_4'' - S_2'' - S_3'')$$

$$n' = 1/j (S_5' + S_8' - S_6' - S_7')$$

$$n'' = 1/j (S_5'' + S_8'' - S_6'' - S_7'')$$

pak je

$$\alpha' = S_1' + S_6' - S_2' - S_5' - \mu m' + h n'$$

$$\alpha'' = S_1'' + S_6'' - S_2'' - S_5'' - \mu m'' + h n''$$

$$\alpha' \doteq \operatorname{tg} \alpha' = m' + n'$$

$$\alpha'' \doteq \operatorname{tg} \alpha'' = m'' + n''$$

Pro obě alternativní uspořádání dle obr. 1 a 2 i dle obr. 3 a 4 se obdrží vzájemné translační posuvy os hřídelů a' , a'' a vzájemné naklonění os hřídelů α' , α'' . Jsou to ortogonální

složky výsledných přemístění os do roviny vertikální a horizontální. Celkové vzájemné translační posunutí os hřidelů: a a vzájemné naklonění os hřidelů: α je

$$a = (\alpha'^2 + \alpha''^2)^{1/2}, \quad \alpha = (\alpha'^2 + \alpha''^2)^{1/2}$$

vznikne v rovinách natočených proti rovině horizontální o úhel označený: λ

$$\operatorname{tg} \lambda_\alpha = \alpha' / \alpha'', \quad \operatorname{tg} \lambda_\alpha = \alpha' / \alpha''$$

Naznačené lineární operace a transformaci ortogonálních souřadnic na polární lze provést jednoduchými zapojeními s operačními zesilovači /nejsou předmětem tohoto vynálezu/ nebo známou digitální technikou. Výsledné veličiny lze za provozu soustrojí sledovat a registrovat. Lze se přesvědčit, že hodnoty výsledných veličin v uspořádání dle vynálezu nezávisí na případném pohybu /torsním nebo translačním/ tuhého tělesa, v němž jsou snímače uloženy. Tuhé těleso vznikne tuhým spojením prvního tuhého členu 9 a druhého tuhého členu 10. Podmínkou nezávislosti výsledků na pohybu nebo přemístění tuhého tělesa je linearita snímačů, stejná citlivost /může být vyrovnána součtovým členem/ a zachování tvaru tuhého tělesa, přičemž rovnoměrná teplotní dilatace není na závadu. Proto je vhodné upevnit tuhé těleso ve třech bodech, aby přeurením upevňovacích bodů nebylo těleso namáháno. Tato vlastnost zařízení podle vynálezu je velmi významná, neboť tuhé těleso může být uchyceno na příklad na základnu, která může v mezích lineárních rozsahů použitých snímačů vykazovat pohyb vzhledem k proměřovaným osám hřidelů.

V příkladných provedeních byly uvedeny dva tuhé členy 9 a 10, které vytvářejí tuhé těleso. Řešení podle vynálezu není na závadu, je-li tuhé těleso složeno z jednoho tuhého členu nebo naopak z více tuhých členů. Rovněž uvedené snímače mohou být instalovány tak, že svými čelními plochami jsou instalovány místo u korpusu spojky přímo u hřidelů. Nastavení snímačů může být provedeno v soustrojí, které bylo seřízeno před uvedením do provozu, nebo může být alternativně provedeno na kalibračním válci, který nahradí dva souosé hřídele. V tomto případě musí být zaručeno, že tuhé těleso nezmění přemontováním tvar tak, aby nastalo nepřijatelné ovlivnění výsledků měření. V některých případech se nežádá vyhodnocení všech uvedených veličin, na příklad postačí pouze translační posuvy, nebo jen úhly naklonění.

Pak postačí ovšem místo osmi dvojic snímačů pouze čtyři dvojice snímačů.

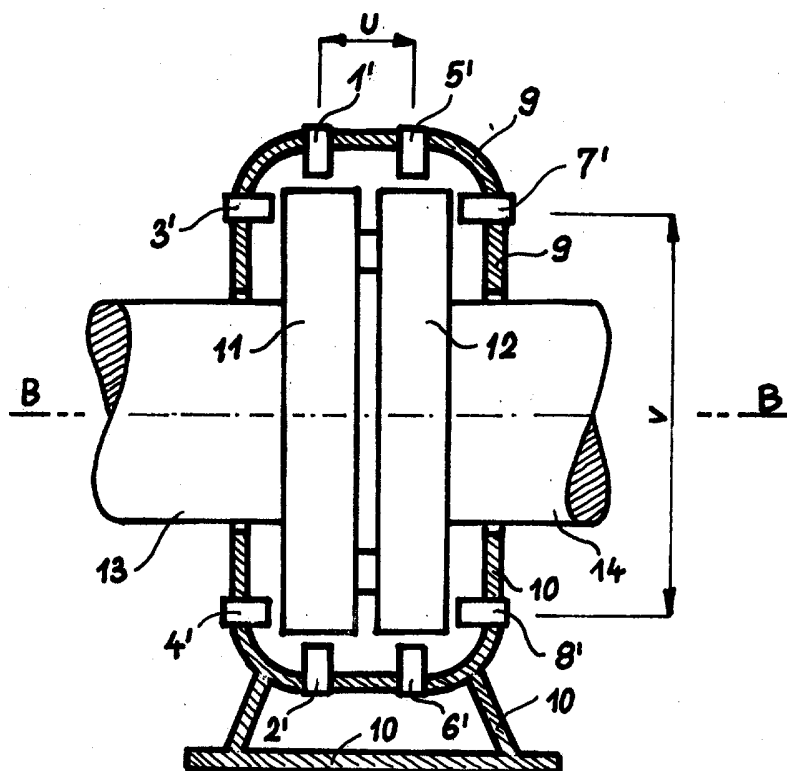
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

226 242

Zařízení pro měření souososti hřídelů rotačních soustrojí za provozu obsahující otočné hřídele a spojku, jíž jsou oba hřídele spojeny, vyznačené tím, že ve dvou různoběžných rovinách k ose hřídelů prvního stroje /13/ a druhého stroje /14/, jsou instalovány snímače /1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', 1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'', 7'', 8''/ kde osy prvních čtyř dvojic snímačů /1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8'/ jsou obsaženy v první rovině a osy druhých čtyř dvojic snímačů /1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'', 7'', 8''/ jsou obsaženy ve druhé rovině, ^{přičemž} v první rovině dvě dvojice snímačů /1', 2', 3', 4'/ a ve druhé rovině rovněž dvě dvojice snímačů /1'', 2'', 3'', 4''/ jsou umístěny u rotujících částí prvního stroje /13/ a další čtyři dvojice snímačů v první rovině /5', 6', 7', 8'/ a ve druhé rovině /5'', 6'', 7'', 8''/ jsou umístěny u rotujících částí druhého stroje /14/, každá dvojice snímačů /1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', 1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'', 7'', 8''/ má vzájemně oba snímače vzhledem k rotující části proti sobě posunuté o úhel 180° , přičemž všechny snímače /1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', 1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'', 7'', 8''/ jsou uloženy v tuhých členech /9/, /10/, které jsou všechny navzájem mechanicky spojeny pevnými tuhými spoji v jedno tuhé těleso.

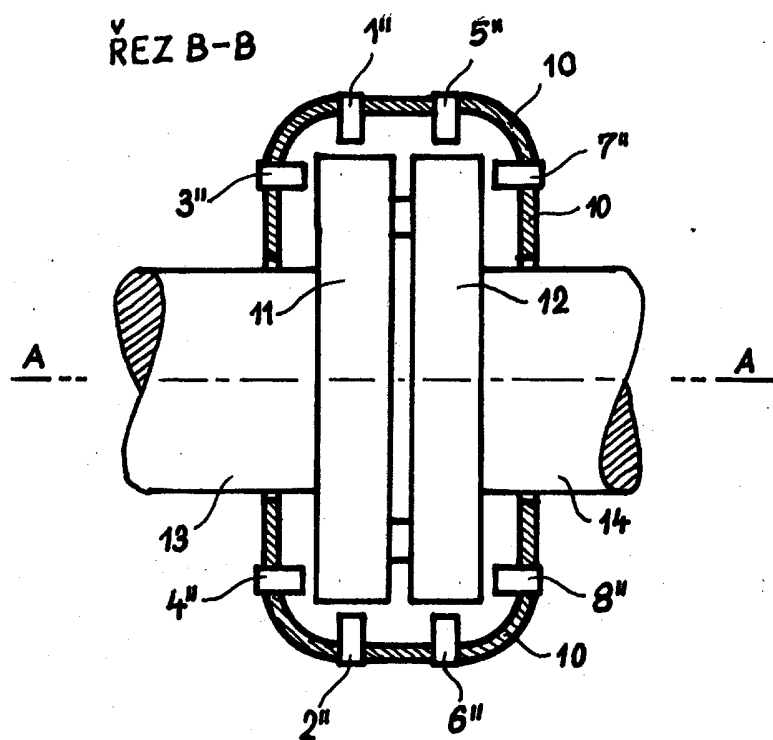
2 výkresy

ŘEZ A-A



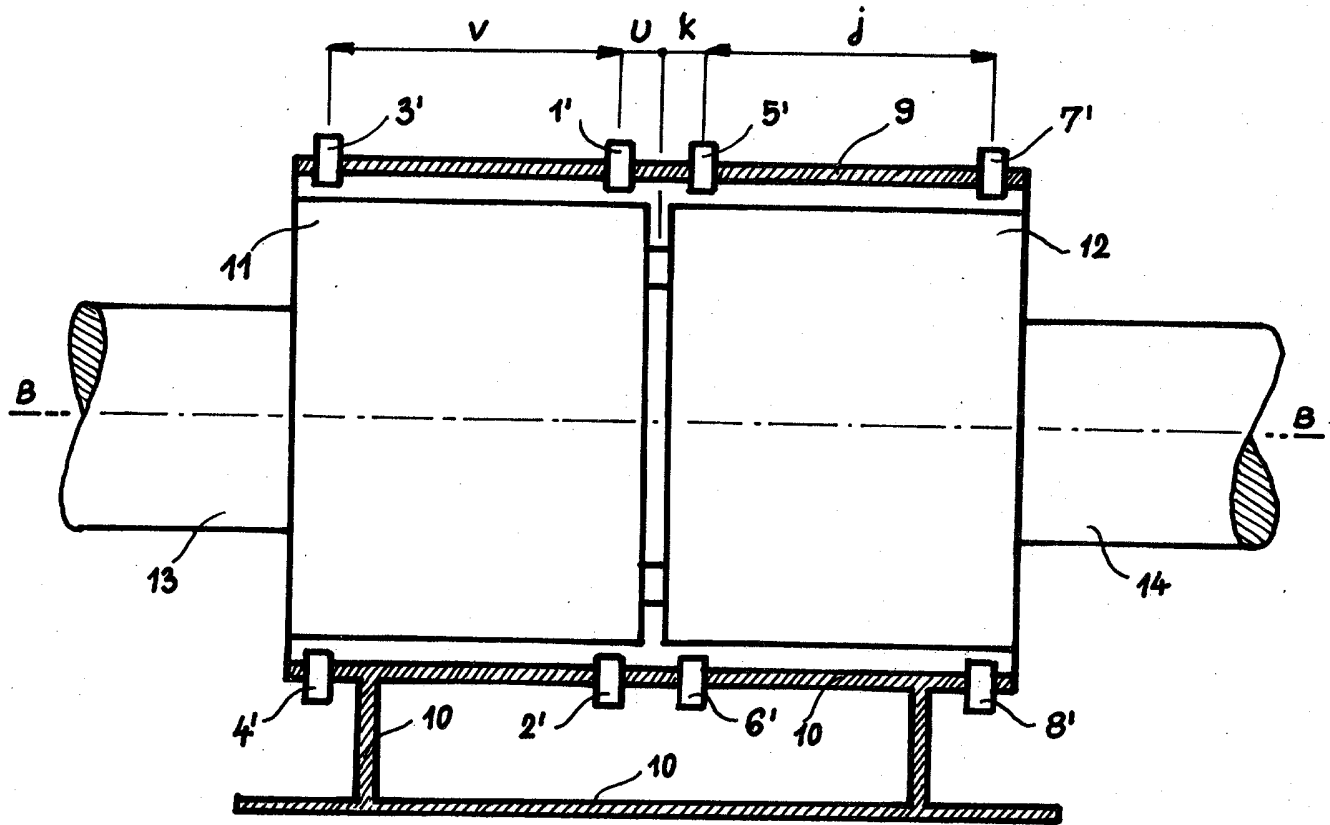
Obr. 1

ŘEZ B-B



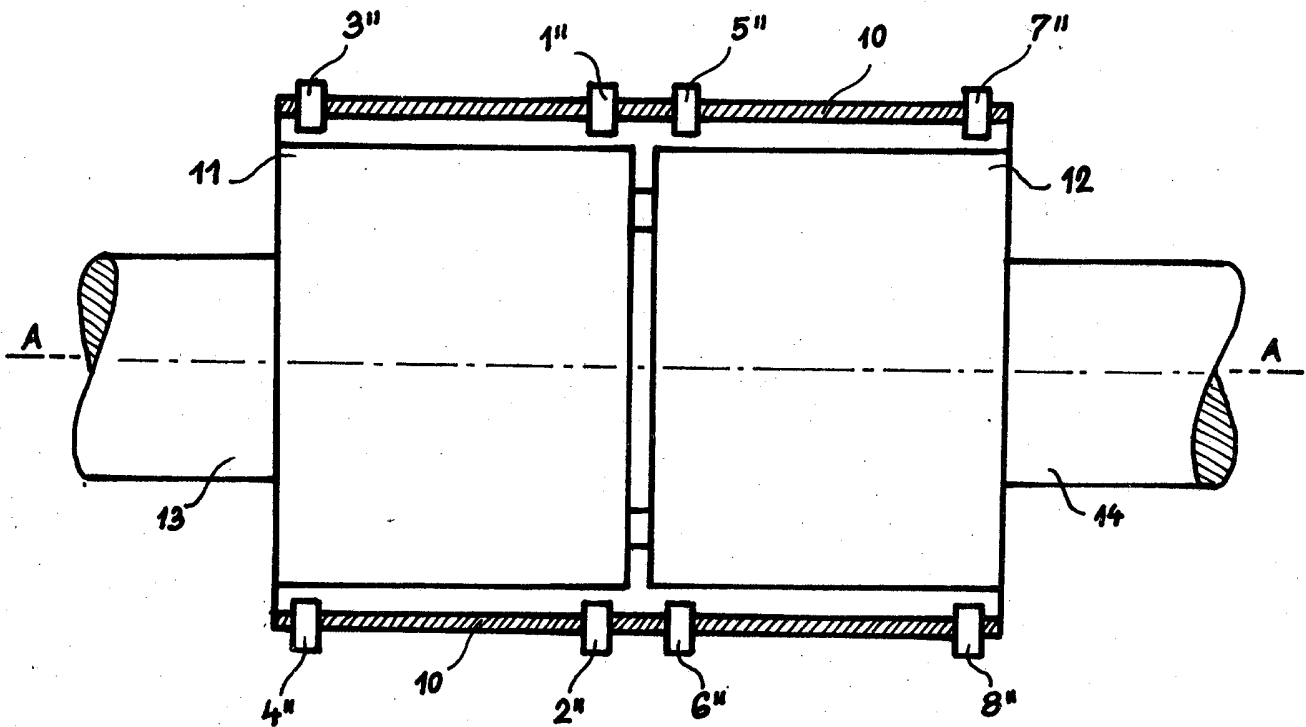
Obr. 2

ŘEZ A-A



Obr. 3

ŘEZ B-B



Obr. 4