

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **233795**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **423481**

(22) Data zgłoszenia: **16.11.2017**

(51) Int.Cl.

**F16C 19/04 (2006.01)**

**F16C 19/06 (2006.01)**

**F16C 19/20 (2006.01)**

(54)

**Łożysko toczne**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**20.05.2019 BUP 11/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**29.11.2019 WUP 11/19**

(73) Uprawniony z patentu:

**KUSZNIEREWICZ ZBIGNIEW, Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ZBIGNIEW KUSZNIEREWICZ, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Grażyna Padée**

**PL 233795 B1**

## Opis wynalazku

Wynalazek dotyczy łożyska tocznego, w którym elementy toczne w postaci kulek przemieszczają się między dwoma bieżniami.

Znane są łożyska toczne stosowane jako elementy konstrukcyjne części maszyn. Budowa łożysk tocznych jest zróżnicowana, jednak w każdym przypadku zawierają one elementy toczne, które przemieszczają się między dwoma bieżniami. Dodatkowymi elementami łożyska tocznego mogą być: separatory utrzymujące elementy toczne w stałym do siebie oddaleniu, uszczelnienia itp.

Łożyska toczne zapewniają ruch obrotowy wału i utrzymanie stałego położenia jego osi obrotu oraz przenoszą obciążenia, więc powinny się one charakteryzować małymi oporami ruchu, stabilną pracą, niezawodnością działania oraz odpornością na zużycie, czyli dużą trwałością. W celu uzyskania jak najmniejszych strat energii na tarcie oraz na zmniejszenie szumu z powodu drgań elementów współpracujących, bieżnie elementów konstrukcyjnych współpracujące z elementami tocznymi są szlifowane, a następnie dogładzane. Jednak istotny problem powodują niewielkie różnice wymiarów elementów tocznych. Elementy toczne produkowane masowo są selekcionowane pod względem wielkości, ale osiągnięcie absolutnej jednolitości wymiarów elementów tocznych jest w praktyce niemożliwe. Przykładowo do łożyska tocznego kulkowego wkładane są kulki o średnicach różniących się między sobą do 2  $\mu\text{m}$ . W łożysku tak zmontowanym, obracającym się np. z prędkością 1000 obrotów/minutę, kulki mogą pokonywać po bieżniach w czasie 1 minuty drogi różniące się między sobą nawet o 20 mm. Niejednakowe obciążenie elementów tocznych łożyska powoduje dalsze różnice w przebytej drodze elementu tocznego. W łożyskach tocznych przenoszących tylko obciążenie poprzeczne, elementy toczne nie przenoszące obciążeń przemieszczają się wyrównując przebytą drogę. W łożyskach, w których wszystkie elementy toczne są obciążone wyrównanie drogi przebytej przez elementy toczne następuje dzięki poślizgowi elementu tocznego względem bieżni. Aby nastąpił poślizg muszą wzrosnąć siły oddziaływania kulki na separator lub na sąsiadującą kulkę do wartości przekraczającej siły tarcia ślizgowego. Im większe obciążenie łożyska, tym większe występują siły tarcia ślizgowego. W takim przypadku niezbędnym czynnikiem gwarantującym poprawną współpracę jest smar stosowany do smarowania łożysk tocznych. Brak odpowiedniego smarowania jest głównym czynnikiem zużycia łożyska. Łożyska toczne przenoszące tylko obciążenia poprzeczne, mające koszyki z materiałów o niskim współczynniku tarcia, mogą pracować bez smarowania.

Z opisu międzynarodowego zgłoszenia patentowego WO2011105919 znane jest łożysko składające się z dwóch pierścieni wyposażonych w bieżnie, po których przemieszczają się obciążone elementy toczne, w którym na jednej z bieżni znajduje się co najmniej jeden rowek lub wgłębienie usytuowane poprzecznie do kierunku ruchu elementów tocznych. Poprzeczny rowek lub wgłębienie pozwalają elementowi tocznemu na chwilowe wyjście ze współpracy z jedną z bieżni i przemieszczenie się, pod wpływem sił oddziaływania separatora lub sąsiadującego elementu tocznego, ze względu na różniące się średnice elementów tocznych oraz nierówne obciążenie elementów tocznych łożyska. Brak poślizgu między elementem tocznym, a bieżniami, w wyniku zastosowania łożyska według wynalazku z poprzecznym rowkiem lub wgłębieniem niewypełnionym, daje możliwość pracy łożyska bez smarowania.

Łożyska z rowkami, zwłaszcza poprzecznymi, lub z wcięciami albo zagłębieniami w bieżni są także przedstawione w opisach patentowych: EP375938, US20080285903, US1334027, JPH07197937.

Łożysko toczne, w którym elementy toczne są obciążone, wyposażone w separator rozdzielający elementy toczne, w którym na bieżni, po której przesuwały się elementy toczne, znajduje się co najmniej jeden rowek, według wynalazku charakteryzuje się tym, że brzegi rowka są usytuowane pod kątem  $\alpha$  od  $4,5^\circ$  do  $80^\circ$  względem kierunku ruchu elementów tocznych. W separatorze otwory pod elementy toczne są wykonane pod skosem tak, że kąt  $\beta$  pomiędzy prostą łączącą środek separatora ze środkiem otworu pod element toczny a styczną do elementu tocznego w punkcie styku tego elementu z separatorem ma wartość  $\beta > \arctg \mu$ , gdzie  $\mu$  oznacza współczynnik tarcia ślizgowego współpracy materiału elementu tocznego z materiałem separatora.

Dla łożysk obracających się w jednym określonym kierunku skosy na powierzchniach styku elementu tocznego z separatorem w otworze są równoległe, zaś dla łożysk obracających się w obu kierunkach skosy są zbieżne.

Korzystnie rowek jest usytuowany tak, aby element toczny przemieścił się w kierunku większej średnicy bieżni łożyska.

Korzystnie jedna z bieżni łożyska jest w kształcie wycinka czaszy kulistej o promieniu opartym na osi łożyska.

W łożysku według wynalazku rowek ukośnie usytuowany do ruchu elementów tocznych na jednej z bieżni pozwala elementowi tocznemu na chwilowe wyjście ze współpracy z bieżniami i przemieszczenie się – ze względu na skos rowka – w kierunku większej lub mniejszej średnicy bieżni. Dzięki temu zmniejszają się siły oddziaływania bieżni na element toczny podczas wychodzenia z rowka. Brak sił oddziaływania bieżni na element toczny daje możliwość likwidacji sił między elementem tocznym a separatorem wynikających z różnicy dróg elementów tocznych. Korzystne jest, aby przemieszczenie nastąpiło w kierunku większej średnicy bieżni łożyska, co ułatwia elementowi tocznemu wyjście z rowka. Uzyskuje się wówczas zwiększenie trwałości łożyska o około 20%.

Ukośne usytuowanie rowka, w porównaniu z rowkiem poprzecznym, znacznie zmniejsza siły oddziaływania bieżni na element toczny. Moment oporów ruchu łożyska z rowkiem poprzecznym jest około dwóch razy większy w porównaniu z rowkiem ukośnym.

Z kolei siły występujące pomiędzy elementami tocznymi a separatorem ze skośnymi powierzchniami otworów na elementy toczne powodują zmniejszenie sił oddziaływania separatora na pierścieni łożyska prowadzący separator, co znacznie zmniejsza moment oporów ruchu łożyska. Przy obracającym się pierścieniu wewnętrznym prędkość separatora jest mniejsza od prędkości pierścienia wewnętrznego. Separator rozdzielający elementy toczne, stykając się z bieżnią wewnętrzną łożyska, ulega przyspieszeniu i naciska na element toczny. Element toczny styka się wówczas z tylną częścią otworu separatora. W zależności od kąta między kierunkiem siły oddziaływania separatora na element toczny a styczną do elementu tocznego w miejscu styku elementu tocznego z separatorem rozkład sił może być korzystny lub niekorzystny dla pracy łożyska. Występują dwie siły: pierwsza – odsuwająca separator od pierścienia wewnętrznego i druga – siła tarcia ślizgowego między separatorem a elementem tocznym, dociskająca separator do pierścienia wewnętrznego. Jeżeli siła odsuwająca separator od pierścienia wewnętrznego jest większa od siły tarcia między elementem tocznym a separatorem to rozkład sił jest korzystny dla pracy łożyska. Sytuacja ta ma miejsce wtedy, gdy spełniony jest warunek  $\beta > \arctg \mu$ , gdzie  $\mu$  oznacza współczynnik tarcia ślizgowego współpracy materiału elementu tocznego a materiałem separatora, zaś  $\beta$  jest kątem pomiędzy prostą łączącą środek separatora ze środkiem otworu w separatorze pod element toczny a styczną do elementu tocznego w punkcie styku tego elementu z separatorem, czyli skosem separatora.

Łożysko według wynalazku ma od czterech do dziesięciu razy mniejsze opory ruchu łożyska w porównaniu z łożyskiem z rowkiem poprzecznym oraz w porównaniu z łożyskiem smarowanym. Łożysko według wynalazku daje możliwość pracy bez smarowania, przy zachowaniu trwałości porównywalnej z łożyskami smarowanymi olejem, smarem płynnym czy smarem stałym. Ułożyskowania na dwóch łożyskach tocznych według wynalazku pracują bez przerwy przeszło 20 tys. godzin i wykonały 2 500 mln obrotów, przy obciążeniu wzdłużnym 50 N. Obecnie trwałość znanych łożysk niesmarowanych obciążonych siłą wzdłużną wynosi zaledwie kilka milionów obrotów, a smarowanych smarami stałymi typu Pb, MoS<sub>2</sub>, przy obciążeniu wzdłużnym powyżej 50 N nie przekracza 60 mln obrotów.

Rozwiązanie konstrukcyjne według wynalazku daje znaczne efekty w łożyskach kulkowych zwykłych, skośnych, do iskrowników, czteropunktowych, łożyskach kulkowych do wrzecion obciążonych siłą wzdłużną i poprzeczną.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia łożysko kulkowe zwykłe z separatorem w przekroju poprzecznym, Fig. 2a i Fig. 2b przedstawiają w przekroju poprzecznym wykonanie rowka w kierunku prawym i lewym względem kierunku przemieszczania się elementu tocznego po bieżni, Fig. 3a i Fig. 3b przedstawia przemieszczenie się elementu tocznego w kierunku większej średnicy, Fig. 4a, Fig. 4b, Fig. 5a, Fig. 5b, Fig. 6, Fig. 7a i Fig. 7b przedstawiają fragment separatora i siły oddziaływania separatora na elementy toczne, a Fig. 8 przedstawia przykład ułożyskowania na dwóch łożyskach z rowkami prawymi.

Łożysko według wynalazku w przykładzie wykonania pokazane na Fig. 1 jest łożyskiem kulkowym jednorzędowym. Łożysko składa się z pierścienia zewnętrznego 1, pierścienia wewnętrznego 2, elementów tocznych w postaci kulek 3, separatora 7. Elementy toczne toczą się po bieżni zewnętrznej 5 oraz bieżni wewnętrznej 6. Na bieżni wewnętrznej 6 jest wykonany ukośny rowek 4. Rowek 4 jest usytuowany ukośnie do ruchu elementów tocznych 3, a kierunek ruchu jest zaznaczony strzałką na Fig. 2a i Fig. 2b. Element toczny 3 wchodząc w obszar rowka 4 chwilowo wychodzi ze współpracy z bieżniami 5 i 6 i przemieszcza się,

ze względu na skos rowka 4, w kierunku większej średnicy bieżni, ze średnicy  $d_1$  na średnicę  $d_2$ , jak pokazano na Fig. 3a i Fig. 3b. Pozwala to na łagodne wejście do współpracy z obydwooma bieżniami 5 i 6 podczas wychodzenia elementu tocznego 3 z rowka 4.

Jak pokazano na figurach od Fig. 4a do Fig. 7b, elementy toczne 3 są umieszczone w separatorze 7 w otworach wykonanych pod skosem, a kąt  $\beta$  pochylenia skosu pomiędzy prostą  $O_1O_2$  łączącą środek  $O_1$  separatora 7 ze środkiem  $O_2$  otworu pod element toczny 3 a styczną do elementu tocznego 3 w punkcie styku tego elementu z separatorem 7 ma wartość  $\beta > \arctg \mu$ , gdzie  $\mu$  oznacza współczynnik tarcia współpracy materiału elementu tocznego 3 z separatorem 7.

Jak pokazano na Fig. 4a, przy separatorze 7 prowadzonym na obracającym się z prędkością obrotową  $n_r$  pierścieniu wewnętrznym 2, pojawia się w punkcie styku separatora 7 i elementu tocznego 3 siła podnosząca separator 7 do góry  $F_u = F_s \sin \beta$ , mająca za zadanie zmniejszenie oddziaływania separatora 7 na prowadzący go pierścień łożyska. Siła ta musi być większa od siły  $F_t = F_n \mu$ , która jest siłą tarcia między obracającym się z prędkością obrotową  $n_b$  elementem tocznym 3 a separatorem 7, w punkcie styku tych elementów, gdzie  $F_n = F_s \cos \beta$ ;  $F_s$  oznacza siłę oddziaływania separatora 7 na element toczny 3;  $\mu$  oznacza współczynnik tarcia ślizgowego współpracy materiałów separatora 7 i elementu tocznego 3. Z równań tych wynika warunek  $\beta > \arctg \mu$ . W przypadku, gdy separator 7 jest wykonany z polieteroeteroketonu (PEEK), a elementy toczne są wykonane ze stali 100Cr6, to współczynnik tarcia ślizgowego między tymi materiałami wynosi  $\mu = 0,4$ . Wówczas, zgodnie ze wzorem  $\beta > \arctg \mu$ , kąt pochylenia skosu separatora powinien być  $\beta > 22^\circ$ .

Fig. 4b przedstawia rozkład sił, gdy chwilowa prędkość kątowna separatora 7 jest większa od prędkości kątowej elementu tocznego 3.

Fig. 5a i Fig. 5b przedstawiają rozkład sił między separatorem 7 a elementem tocznym 3 w przypadku obracania się pierścienia wewnętrznego 2 łożyska w obu kierunkach.

Fig. 6 przedstawia rozkład sił między separatorem 7 a elementem tocznym 3 w przypadku prowadzenia separatora 7 na pierścieniu zewnętrznym 1, przy obracającym się z prędkością obrotową  $n_r$  pierścieniu wewnętrznym 2.

Fig. 7a i Fig. 7b przedstawiają rozkład sił między separatorem 7 a elementem tocznym 3 w przypadku prowadzenia separatora 7 na pierścieniu zewnętrznym 1, przy obracającym się z prędkością obrotową  $n_r$  pierścieniu wewnętrznym 2 w obu kierunkach.

Na Fig. 8 przedstawiono przykład ułożyskowania na dwóch łożyskach z rowkami prawymi 4. Kierunki rowków 4 względem przemieszczających się po bieżni elementów tocznych 3 dają korzystniejszy rozkład sił między elementem tocznym 3 a bieżniami podczas przechodzenia przez rowek 4. W celu uzyskania napięcia wstępnego łożysk zastosowano sprężynę 8.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Łożysko toczne, w którym elementy toczne są obciążone, wyposażone w separator rozdzielający elementy toczne, w którym na bieżni, po której przesuwają się elementy toczne, znajduje się co najmniej jeden rowek, **znamiennie tym**, że brzegi rowka (4) są usytuowane pod kątem  $\alpha$  od  $4,5^\circ$  do  $80^\circ$  względem kierunku ruchu elementów tocznych (3), a w separatorze (7) otwory pod elementy toczne są wykonane pod skosem tak, że kąt  $\beta$  pomiędzy prostą łączącą środek separatora (7) ze środkiem otworu pod element toczny (3) a styczną do elementu tocznego (3) w punkcie styku tego elementu z separatorem (7) ma wartość  $\beta > \arctg \mu$ , gdzie  $\mu$  oznacza współczynnik tarcia ślizgowego współpracy materiału elementu tocznego (3) z materiałem separatora (7).
2. Łożysko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że rowek (4) jest usytuowany tak, aby element toczny przemieścił się w kierunku większej średnicy bieżni łożyska.
3. Łożysko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że dla łożyska obracającego się w jednym kierunku skosy na powierzchniach styku elementu tocznego (3) z separatorem (7) w otworze są równoległe.
4. Łożysko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że dla łożyska obracającego się w obu kierunkach skosy na powierzchniach styku elementu tocznego (3) z separatorem (7) w otworze są zbieżne.
5. Łożysko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że jedna z bieżni (5, 6) łożyska jest w kształcie wycinka czaszy kulistej o promieniu opartym na osi łożyska.

Rysunki

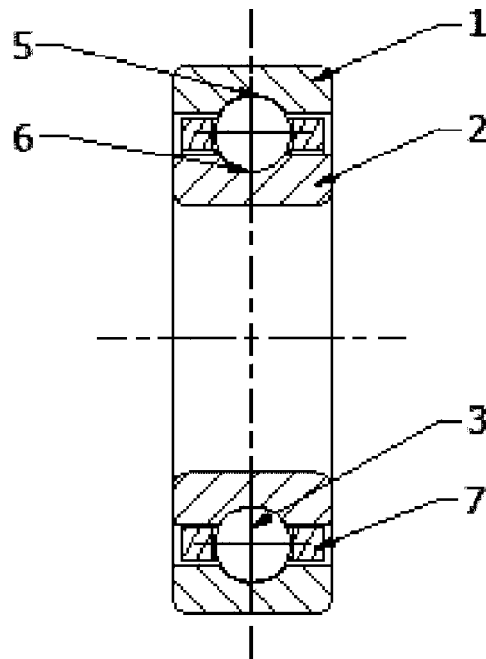


Fig. 1

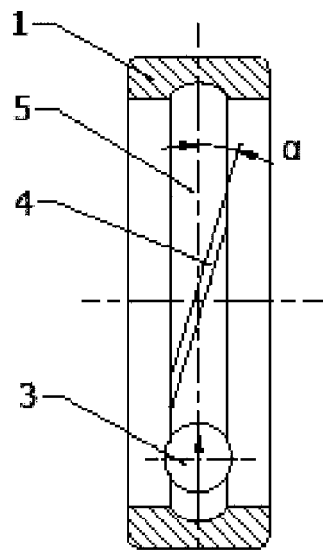


Fig. 2a

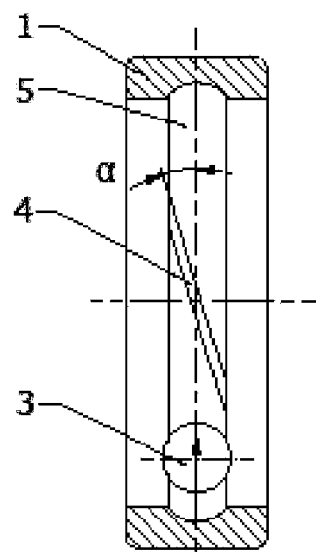


Fig. 2b

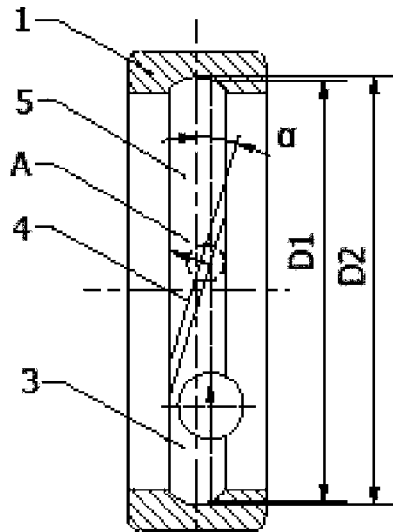


Fig. 3a

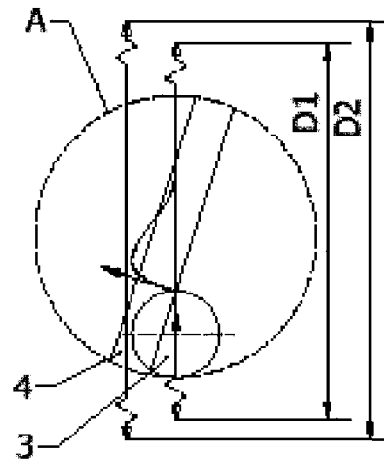
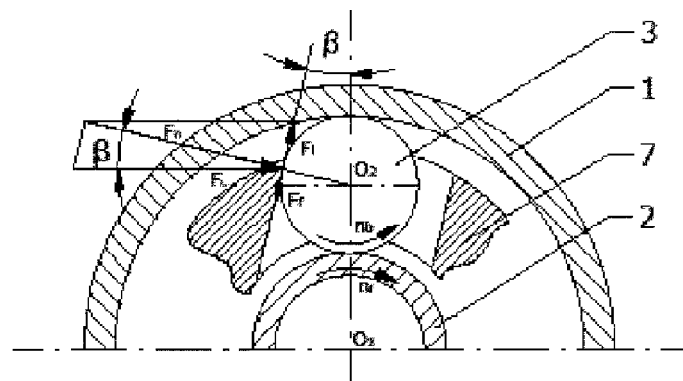


Fig. 3b



$$F_t = F_c \sin \beta$$

$$F_r = F_t \mu$$

$$F_n = F_c \cos \beta$$

$$F_t > F_r \quad \beta > \arctg \mu$$

Fig. 4a

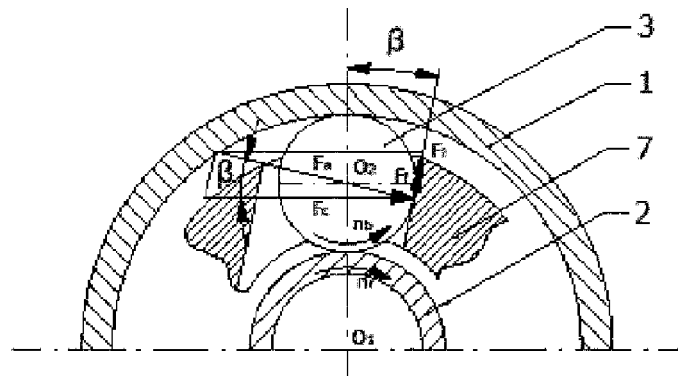


Fig. 4b

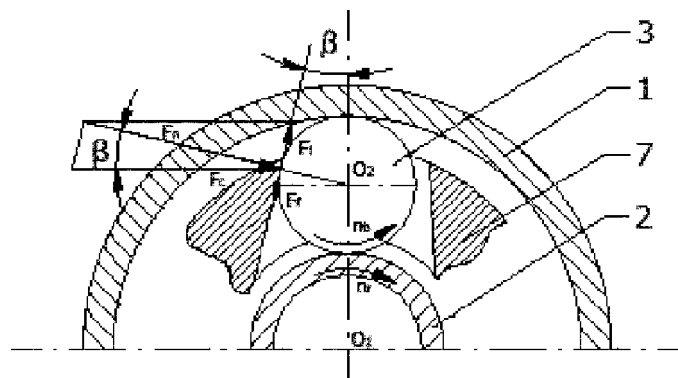


Fig. 5a

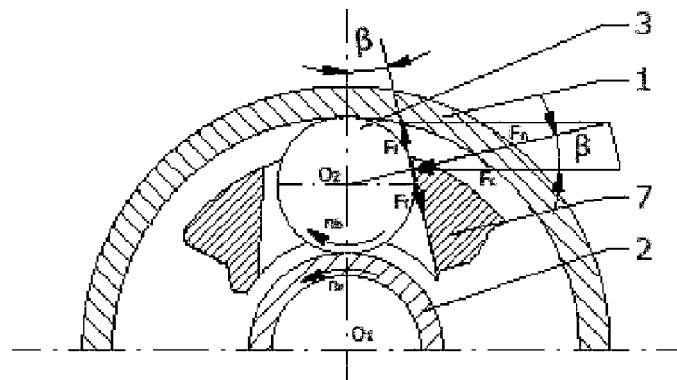


Fig. 5b

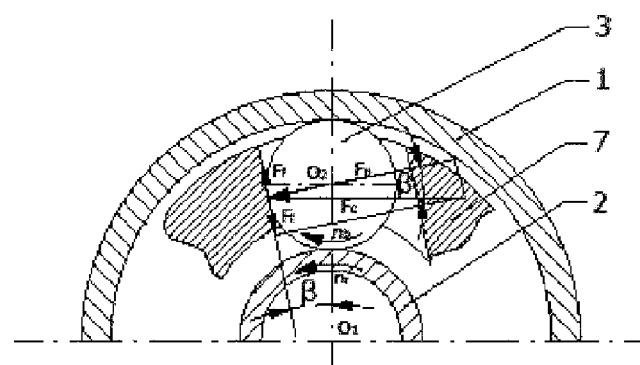


Fig. 6



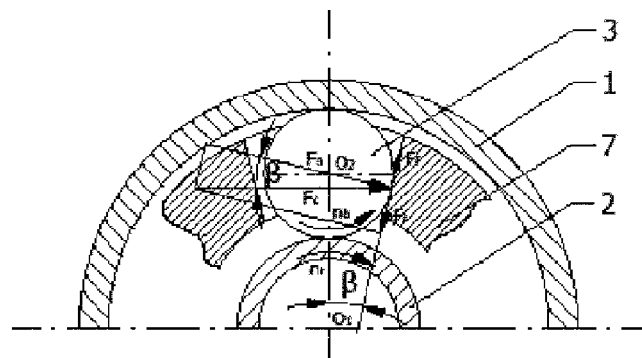


Fig. 7a

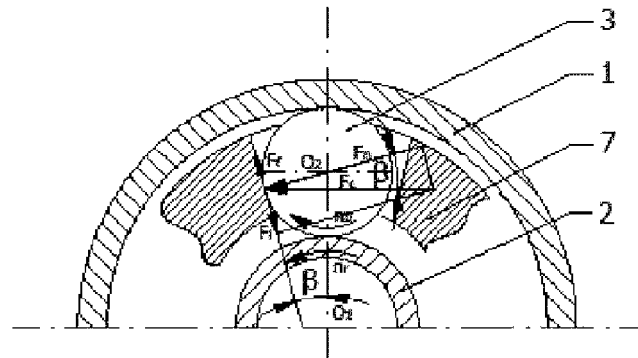


Fig. 7b

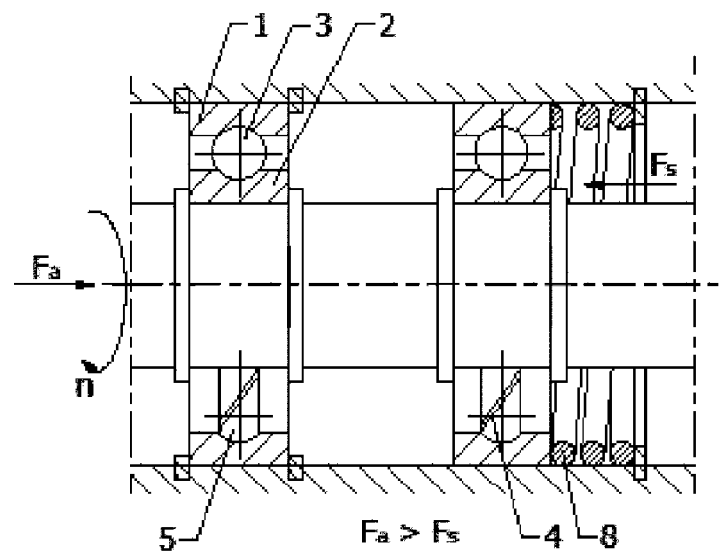


Fig. 8

