

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 242119 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **432631**

(22) Data zgłoszenia: **2020.01.20**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.07.26 BUP 17/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.01.16 WUP 03/2023**

(51) MKP:

**F16D 3/00** (2006.01)

**F16D 7/00** (2006.01)

**F16D 3/16** (2006.01)

**F16D 3/02** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**JAROSŁAW MIKUŁA, Gliwice, PL**

**MARIUSZ KUCZAJ, Gliwice, PL**

**KRZYSZTOF FILIPOWICZ, Wojkowice, PL**

**STANISŁAW MIKUŁA, Gliwice, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Justyna Duda, Gliwice, PL**

(54) Tytuł:

**Wielostopniowe sprzęgło rozruchowe o dużej podatności skrętnej i małym momencie bezwładności**

**PL 242119 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest wielostopniowe sprzęgło rozruchowe o dużej podatności skrętnej i małym momencie bezwładności.

Sprzęgło według wynalazku przeznaczone jest głównie do pracy w tych układach napędowych maszyn, które cechują się szczególnie utrudnionym rozruchem. Rozruch wielu maszyn napędzanych silnikami elektrycznymi musi odbywać się przy pełnym obciążeniu. Sytuacja taka ma miejsce, np. przy rozruchu wielu urządzeń transportowych w przemyśle wydobywczym, gdy zachodzi potrzeba uruchamiania ich w stanie w pełni załadowanym, w przypadku górniczych przenośników zgrzeblowych czy taśmowych. Dotyczy to również wielu urządzeń dźwigowych, które muszą być uruchamiane pod pełnym obciążeniem. Silniki elektryczne, zwłaszcza najprostsze, najbardziej niezawodne i trwałe silniki asynchroniczne cechują się stosunkowo małym momentem rozruchowym, a pełny moment obrotowy osiągają dopiero po tzw. „wejściu na obroty”. Powoduje to nadmierne wydłużenie czasu rozruchu pod obciążeniem, grożąc termicznym przeciążeniem silników, a nawet pożarem.

W opisanych przypadkach pożądanym jest stosowanie sprzęgieł o szczególnie dużej podatności skrętnej ułatwiającej rozruch przy dużym obciążeniu startowym. Brak takich sprzęgieł skutkuje stosowaniem dużego nadmiaru mocy silników, która to moc w czasie nominalnej pracy nie jest wykorzystywana, powodując natomiast pogorszenie współczynnika  $\cos\phi$  elektrycznej sieci zasilającej. Powoduje to też wzrost masy układów napędowych i ich kosztów.

Znane konstrukcje sprzęgieł, w tym i podatnych skrętnie opisują prace: Markusik S. „Sprzęgła mechaniczne” WNT, Warszawa 1977 oraz Dietrich M., Markusik S.: „Podstawy konstrukcji maszyn”, WNT Warszawa 1999. W znanych konstrukcjach sprzęgieł podatnych wykorzystywane są materiały polimerowe, co powoduje, że są one wrażliwe na zmianę temperatury pracy, nie spełniają warunku niepalności, a ich podatność skrętna jest niewystarczająca dla zastosowań w układach napędowych o ciężkim rozruchu.

Praca Markusik S., Opasiak T., Gruszka P.: „Napędy maszyn transportu ciągłego ze sprzęgłem podatnym”, Transport Przemysłowy, nr 1, 2006 również dotyczy sprzęgieł o wspomnianych wcześniej niedogodnościach. Podatne sprzęgła hydrokinetyczne są kosztowne i cechują się stratnością mocy w wyniku stałego poślizgu sprzęgieł. Sprzęgło podatne wg patentu PL 190945 cechuje się bezwładnością w działaniu przy dużych zmianach obciążenia i brakiem efektywnego sposobu odbioru ciepła generowanego w mechanizmie śrubowym sprzęgła. Sprzęgła wykorzystujące ciecze magnetyczne są kosztowne i nie zapewniają wymagań skutecznego chłodzenia oraz niepalności, która jest ważna w wielu zastosowaniach.

Znane jest ze stanu techniki sprzęgło podatne według patentu PL 225230, w skład którego wchodzi silnik ustawczy, sworznie i tarcze, sprężyny, płaskie oraz wał główny charakteryzuje się tym, że posiada korpus w kształcie drażonego wału, który połączony jest z tarczą wejściową, przy czym w korpusie osadzony jest silnik krokowy, który połączony jest z wałem głównym, zaś w części środkowej wału głównego znajduje się wielowypust, na którym osadzona jest tarcza sterująca, w której wykonane są symetrycznie trzy spiralne kanałki, sterujące, przy czym tarcza sterująca znajduje się pomiędzy tarczą oporową wewnętrzną a tarczą oporową zewnętrzną, zaś tarcza oporowa wewnętrzna połączona jest z tarczą oporową zewnętrzną za pomocą trzech sworzni, dodatkowo w tarczy oporowej wewnętrznej i w tarczy oporowej zewnętrznej wykonane są po trzy skośne kanałki prowadzące, przy czym w skośnych kanałkach i prowadzących, które znajdują się w tarczy oporowej zewnętrznej, umieszczone są trzy jednakowe suwaki.

Wszystkie znane konstrukcje sprzęgieł podatnych skrętnie nie umożliwiają zmiany ich charakterystyki mechanicznej w warunkach eksploatacji w celu pełnego dostosowania do wymagań, zwłaszcza gdy te wymagania mogą się zmieniać w czasie użytkowania.

Istotą wynalazku jest wielostopniowe sprzęgło rozruchowe o dużej podatności skrętnej, posiadające tarcze skrajne i co najmniej jedną tarczę pośrednią łożyskowaną na wale, gdzie tarcze pośrednie wyposażone są w spiralne rowki charakteryzujące się tym, że zaopatrzone jest w kule sprzęgające, przy czym tarcze skrajne posiadają spiralne rowki.

Wielostopniowe sprzęgło posiada układ otworów, zapewniający samoczynny przepływ powietrza chłodzącego. Do wnętrza sprzęgła poprzez otwór podawany jest gaz lub/i ciecz pod ciśnieniem.

Dzięki szczególnie dużej podatności skrętnej i małemu własnemu momentowi bezwładności skrócony zostaje czas rozruchu i zmniejszone nadwyżki dynamiczne elementów napędu, zwłaszcza przekładni napędowych i silników. Sprzęgło może pracować w szerokim zakresie temperatur bez zmiany

charakterystyki w warunkach eksploatacyjnych. Cechuje się dużą trwałością i odpornością na wpływy warunków pracy i niepalnością.

W rozwiązaniu według wynalazku szczególnie dużą podatność skrętną, korzystną charakterystykę mechaniczną przy ograniczonym momencie bezwładności sprzęgła osiągnięto przez zastosowanie w układzie szeregowym wielostopniowego zespołu wielu tarcz sprzęgłowych, w których moment obrotowy przekazywany jest sekwencyjnie za pośrednictwem kul sprzęgających.

Sprzęgło w przykładzie wykonania ilustruje rysunek, na którym fig. 1 to przekrój wzdłużny czterostopniowego sprzęgła z możliwością rozszerzenia go o dalsze 2 stopnie do łącznie 6 stopni. Fig. 2 to przekrój poprzeczny w płaszczyźnie A-A, na którym linią punktową zaznaczono profil rowków w tarczy bezpośrednio współpracującej części tarczy pośredniej oraz zaznaczono skrajne wewnętrzne położenie kul sprzęgających W. Fig. 3 przedstawia przykładowo ukształtowanie trzech wydłużonych rowków spiralnych opartych na spirali Archimedesesa.

Sprzęgło posiada tarcze skrajne 1 i 2, między którymi luźno obrotowo na wale 4 posadowiony jest szereg tarcz pośrednich 3.

Skrajna tarcza sprzęgłowa 1 osadzona jest obrotowo na wale 4 poprzez łożysko stożkowe 5, i nakrętkę łożyskową 16, natomiast druga tarcza skrajna 2 mocowana jest na wale 4 sztywno za pomocą pierścienia rozporowego 6. Na wale 4 osadzone są luźno obrotowe tarcze pośrednie 3; w przykładzie wykonania są to trzy jednakowe tarcze pośrednie. Wszystkie tarcze wyposażone są w spiralne rowki 17 stanowiące tory toczne dla kul sprzęgających 7, za pośrednictwem których przekazywany jest moment obrotowy w sposób sekwencyjny.

Rowki w tarczach bezpośrednio współpracujących mają przeciwne ukierunkowanie, co ilustruje fig. 2. Kule sprzęgające 7 umieszczone na skrzyżowaniach rowków 17 są zabezpieczone przed wypadnięciem pierścieniami 8 mocowanymi wkrętami 9 do tarcz sprzęgłowych. Tuleje 14, korzystnie wykonane z brązu łożyskowego wciśnięte w tarcze stanowią łożyska ślizgowe tarcz pełniąc funkcję ograniczników ruchu kul 7 w kierunku osi sprzęgła. Łożysko toczne 10 stabilizuje położenie wału 4 względem tarczy 1, natomiast łożysko stożkowe 5 służy do przenoszenia sił wzdłużnych występujących w sprzęgle. Wydrążenie 11 w wale 4 oraz otwory 13 i 12 stanowią układ samoczynnego chłodzenia wnętrza sprzęgła w czasie jego pracy, odbierając ciepło tarcia potoczystego kul o rowki w tarczach. Powietrze zasysane jest w czasie wirowania sprzęgła przez otwór 12 do wydrążenia 11 w wale 4, otworami 13 przepływa do szczelin między tarczami 1, 2, 3 i po odebraniu ciepła od kul sprzęgających 7 i tarcz wypływa na zewnątrz. Na fig. 1 strzałkami pokazano kierunki przepływu powietrza. Ruch samoczynny powietrza następuje w wyniku tego, że wlot i wyloty są na różnych promieniach wirowania. Sprzęgło w układ napędowy instalowane jest przy użyciu pierścienia rozporowego 15 łączącego sztywno tarczę skrajną 1 z końcówką silnika lub przekładni napędowej. Drugi koniec sprzęgła łączony jest poprzez wykonane w wale 4 połączenie wpustowe, wielowypustowe lub wieloząbkowe, w sposób umożliwiający kompensację wydłużeń cieplnych elementów napędu. Obie końcówki sprzęgła mogą być traktowane zamiennie, przy czym należy je tak instalować, aby wzrostowi obciążenia sprzęgła odpowiadało przemieszczanie się kul sprzęgających 7 w kierunku osi wału 4.

Przy niewłaściwej instalacji sprzęgła staje się ono sztywne, bez podatności skrętnej. Przy zmianie kierunków obrotów należy końcówki sprzęgła zamienić miejscami. Konstrukcja sprzęgła powoduje, że kule sprzęgające 7 mogą się znajdować wyłącznie na skrzyżowaniach rowków sąsiadujących tarcz. Pod wpływem obciążenia kule przemieszczają się wzdłuż profili rowków stanowiących dla nich tory toczne. Wszystkie kule sprzęgające 7 niezależnie od liczby stopni sprzęgła przemieszczają się równocześnie jednakowo, co zapewnia stały stan pełnego wyrównoważenia statycznego i dynamicznego sprzęgła. Skrajne położenia kul Z (fig. 2) odpowiadają pełnej podatności skrętnej przy przenoszeniu obciążenia. Drugie graniczne położenia kul W (fig. 2) odpowiada pełnemu obciążeniu sprzęgła momentem obrotowym. Przy przemieszczaniu się kul z położenia Z do położenia W ujawnia się maksymalna podatność skrętna każdego stopnia sprzęgła w postaci względnego obrotu współpracujących tarcz względem siebie o kąt  $2\alpha_1$  (fig. 2). Zdwojenie kąta  $\alpha_1$  wynika ze wzajemnej łącznej zmiany obrotu kąтового sąsiednich tarcz. Gdy sprzęgło ma n-stopni, wówczas pełna rozporządzalna podatność skrętna sprzęgła wynosi  $2n\alpha_1$ . Fig. 1 przedstawia sprzęgło czterostopniowe z łatwą możliwością rozbudowy o następne 2 stopnie przez dodanie dwóch tarcz pośrednich i z przemontowaniem połączenia 6. Rozbudowa sprzęgła o dalsze stopnie wymaga wymiany wału 4 na odpowiednio dłuższy.

Przed rozruchem układu należy doprowadzić kule sprzęgające 7 do skrajnego zewnętrznego położenia Z. Można to uzyskać przez odpowiednie pokręcenie skrajnymi tarczami, można też na bardzo krótką chwilę włączyć przeciwny kierunek obrotów silnika. Położenie kul sprzęgających 7 łatwo

można kontrolować przez szczeliny między tarczami, przy czym wystarczy skontrolować położenie jednej kuli w dowolnej szczelinie. Korzystnym jest oznaczenie wybranej kuli w dowolny sposób, np. ja-skrawym kolorem.

Dla szczególnych zastosowań w warunkach intensywnego zapylenia, jakie występuje podczas pracy, np. w podziemiach kopalń, w rolnictwie lub przemyśle materiałów budowlanych (cementownie), możliwe jest podawanie do wnętrza sprzęgła, np. sprężonego powietrza poprzez drażony wał **4**, po uprzednim zaślepieniu zbędnych otworów, zwłaszcza otworu **12**. Uzyskuje się wówczas intensywne chłodzenie sprzęgła oraz usuwanie ewentualnych produktów zużycia i pyłu dostającego się do wnętrza sprzęgła. Możliwe jest również podawanie w ten sposób cieczy, np. emulsji olejowo-wodnej uzyskując dodatkowo smarowanie i zabezpieczenie przed wpływami korozyjnymi. Krótkotrwały impuls wysokiego ciśnienia cieczy bezpośrednio przed rozruchem, a zwłaszcza gdy układ napędowy jest na wybiegu po wyłączeniu silnika, może być wykorzystany dla efektywnego przemieszczenia kul do pozycji wyjściowej **Z**, gwarantującej maksymalną podatność sprzęgła przy rozruchu. W czasie wybiegu sprzęgło wiruje jakiś czas praktycznie bez obciążenia, a siły odśrodkowe działające na kule sprzyjają ich samoczynnemu przemieszczaniu się w kierunku zewnętrznej średnicy sprzęgła.

Dla zastosowań o niedużej częstotliwości rozruchów oraz pracy przy ustalonych warunkach obciążenia można zrezygnować z całego układu chłodzącego; wystarcza naturalny proces chłodzenia. Ułatwia to bardzo wykonanie wału sprzęgła **4**.

Przeznaczone głównie dla ułatwienia rozruchów sprzęgło według wynalazku może być również wykorzystane do łagodzenia zmian obciążenia w układach napędowych maszyn w ruchu ustalonym. Parametry konstrukcyjne sprzęgła należy wtedy tak dobrać, aby przy średnim obciążeniu kule sprzęgające **7** zajmowały pozycję pośrednią między **Z** i **W**. Wówczas oddziaływania na kule od przenoszonego obciążenia są równoważone siłami odśrodkowymi działającymi na kule w wyniku ruchu wirowego.

Parametry sprzęgła mogą być regulowane w bardzo szerokich granicach tak na etapie projektowania, jak i eksploatacji. Charakterystyka mechaniczna sprzęgła według wynalazku zależy od liczby stopni, średnicy zewnętrznej tarcz, wielkości i materiału kul oraz ich ilości, profili podłużnych i poprzecznych rowków w tarczach sprzęgłowych.

W toku eksploatacji może być dobierana liczba stopni, materiał kul i w pewnym zakresie ich wielkość. Jako kule sprzęgające użyte mogą być kule z tocznych łożysk kulowych (nawet zużytych), kule z węglików spiekanych o dużej gęstości lub kule z ceramiki technicznej.

Konstrukcja sprzęgła wielostopniowego według wynalazku umożliwia tworzenie sprzęgieł o szerokim zakresie zmian charakterystyki mechanicznej przy niewielkiej średnicy zewnętrznej **D** (fig. 2). Dzięki małej średnicy zewnętrznej osiągany jest mały moment bezwładności sprzęgła zależny od kwadratu średnicy i rozłożenia masy elementów sprzęgła. Służy to dodatkowo wydatnemu ułatwieniu rozruchu układów napędowych. W trakcie rozruchu, gdy wszystkie kule sprzęgające przemieszczają się w kierunku osi sprzęgła (do pozycji **W** fig. 2), silnie maleje wyjściowy moment bezwładności sprzęgła, co jest dodatkowo bardzo korzystne dla ograniczenia obciążeń rozruchowych elementów układów napędowych ze sprzęgłami według wynalazku.

Rowki w tarczach stanowiące tory toczne dla kul sprzęgających mają przekrój poprzeczny trapezowy, co umożliwi stosowanie w pewnym zakresie kul o różnej średnicy, a więc i masie. Dla dużych momentów obrotowych wykonywane mogą być rowki o półokrągłym przekroju poprzecznym, co łagodzi naciski stykowe kul na tarcze. Profil podłużny rowków może być spiralny, ewolwentowy lub o innej krzywej. Zastosowanie rowków o kołowym profilu wzdłużnym ułatwia ich wykonanie. Dla mniejszych stosunków średnicy zewnętrznej położenia kul do średnicy wewnętrznej możliwe jest wykonanie uproszczonego wariantu rowków prostoliniowych o kącie w zakresie  $30\div 60^\circ$  w stosunku do promienia.

Na etapie projektowania spośród parametrów geometrycznych sprzęgła szczególne znaczenie dla podatności skrętnej ma długość profilu podłużnego rowków na kule sprzęgające. Gdy skrajne kątowne położenia kul sprzęgających obejmuje  $360^\circ$  (jak na fig. 3), to podatność skrętna każdego pojedynczego stopnia sprzęgła wynosi  $720^\circ$ , a całego czterostopniowego sprzęgła  $2880^\circ$ , tj. 8 pełnych obrotów, zaś przy 6 stopniach podatność skrętna wynosi 12 pełnych obrotów. Przy takim wzdłużnym ukształtowaniu rowków rozruch sprzęgła odbywa się w pierwszej fazie przy bardzo małym obciążeniu. Silnik napędowy szybko więc uzyskuje nominalną prędkość obrotową, a czas rozruchu bardzo się skraca. Dzięki dużej podatności skrętnej obciążenie silnika płynnie monotonicznie wzrasta do wielkości nominalnej. Taki przebieg obciążenia rozruchowego jest bardzo korzystny tak dla silnika, jak i ew. przekładni mechanicznej, gdy wchodzi ona w skład układu napędowego. Zapewnia to wysoką trwałość wszystkich

elementów układu napędowego, obniża się również maksymalny prąd pobierany przy rozruchu przez silnik elektryczny.

Sprzęgło według wynalazku wykorzystywane może być w każdych warunkach temperaturowych bez zmiany ich charakterystyki mechanicznej. Sprzęgło może pracować bezobsługowo, cechuje się dużą trwałością, jest całkowicie niepalne, niewrażliwe na zawilgocenie i zapylenie. Szerokie możliwości zmiany charakterystyki w warunkach eksploatacji pozwalają bardzo precyzyjnie dostosować własności sprzęgła do konkretnych wymagań, uzyskując przez to najkorzystniejsze rozwiązania przy spełnianiu kryteriów optymalizacyjnych dla danych zastosowań, nawet gdy wymagania te w toku użytkowania ulegają zmianie.

Zastosowanie sprzęgieł wielostopniowych według wynalazku w układach napędowych o trudnym rozruchu pozwala na osiągnięcie dużych efektów technicznych i ekonomicznych, głównie w postaci zmniejszenia stosowanego obecnie nadmiaru mocy silników napędowych. Sprzęgła te ułatwiają rozruch wielu rodzajów maszyn, zmniejszają przeciążenia elementów układów napędowych, w tym i przekładni mechanicznych często niezbędnych w układach napędowych. Dzięki temu zmniejsza się niebezpieczeństwo wystąpienia nagłych awarii i uzyskuje się wzrost trwałości i niezawodności eksploatacyjnej maszyn. Sprzęgło według wynalazku spełnia warunki całkowitej niepalności i braku wpływu na środowisko naturalne.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Wielostopniowe sprzęgło rozruchowe o dużej podatności skrętnej, posiadające tarcze skrajne i co najmniej jedną tarczę pośrednią łożyskowaną na wale, gdzie tarcze pośrednie wyposażone są w spiralne rowki, **znamiennie tym**, że zaopatrzone jest w kule sprzęgające (7), przy czym tarcze skrajne posiadają spiralne rowki (17).
2. Wielostopniowe sprzęgło według zastrzeżenia 1 **znamiennie tym**, że posiada układ otworów (11), (12) i (13).
3. Wielostopniowe sprzęgło według zastrzeżeń 1 i 2 **znamiennie tym**, że do wnętrza sprzęgła poprzez otwór (11) podawany jest gaz lub/i ciecz pod ciśnieniem.

## Rysunki

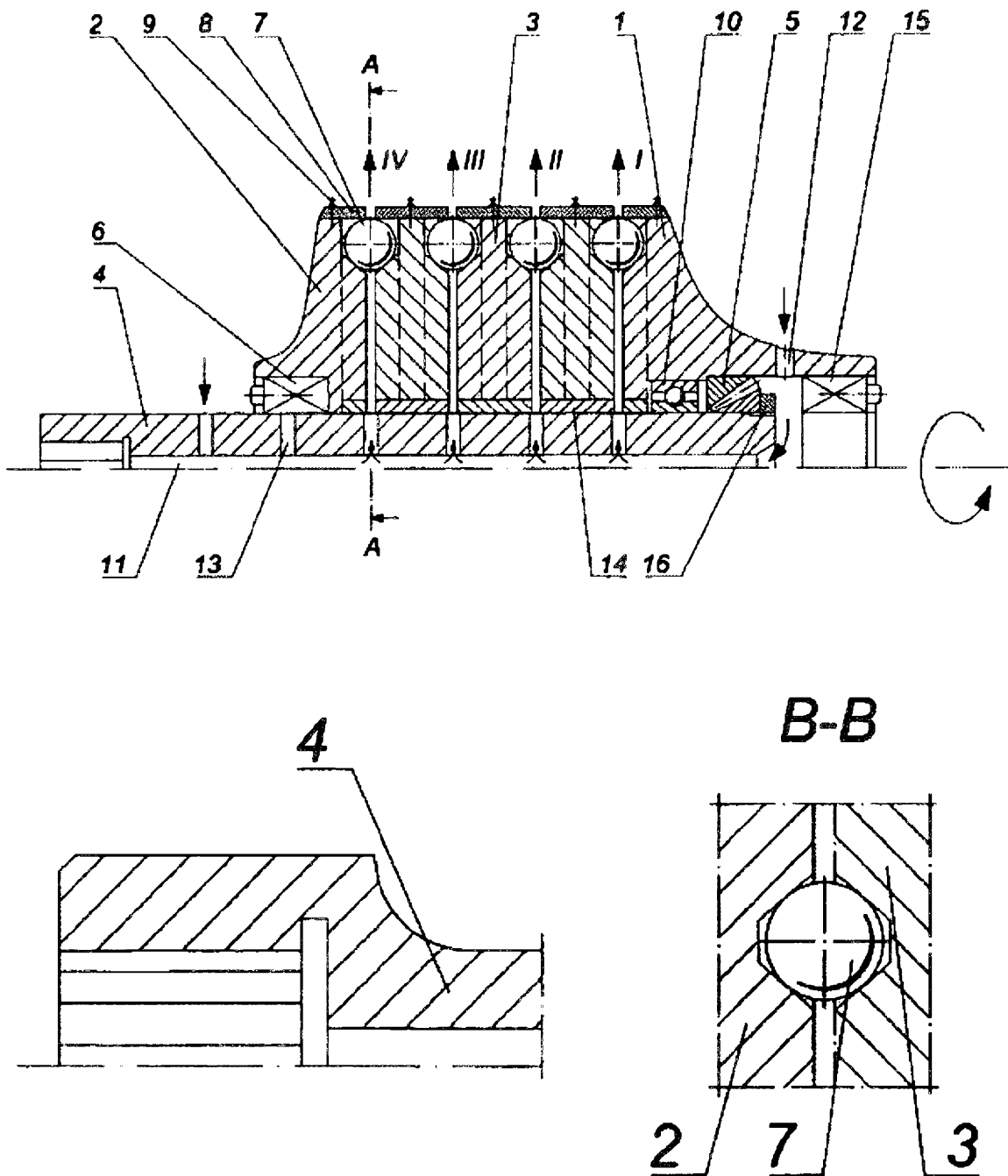


Fig. 1

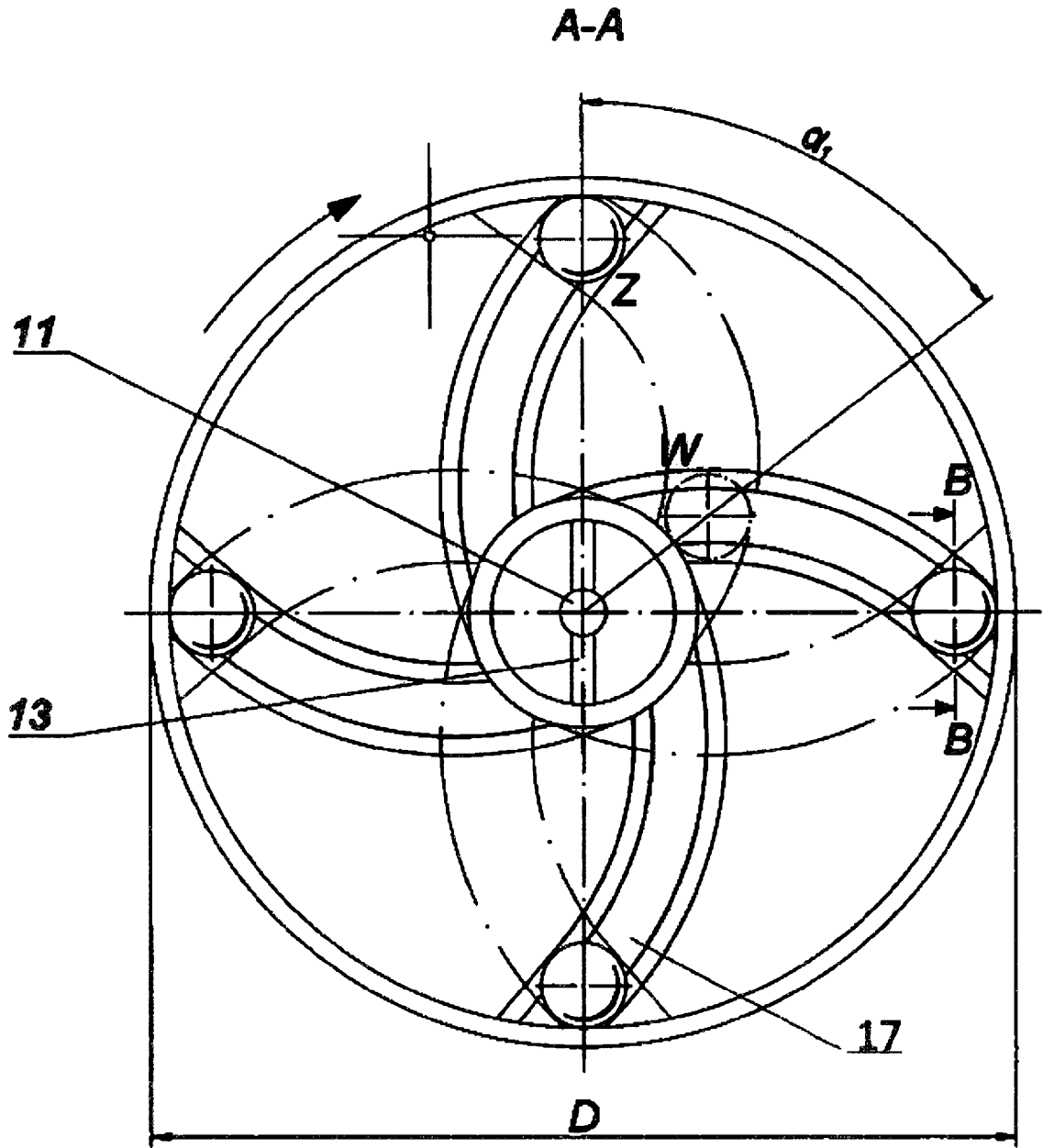


Fig. 2

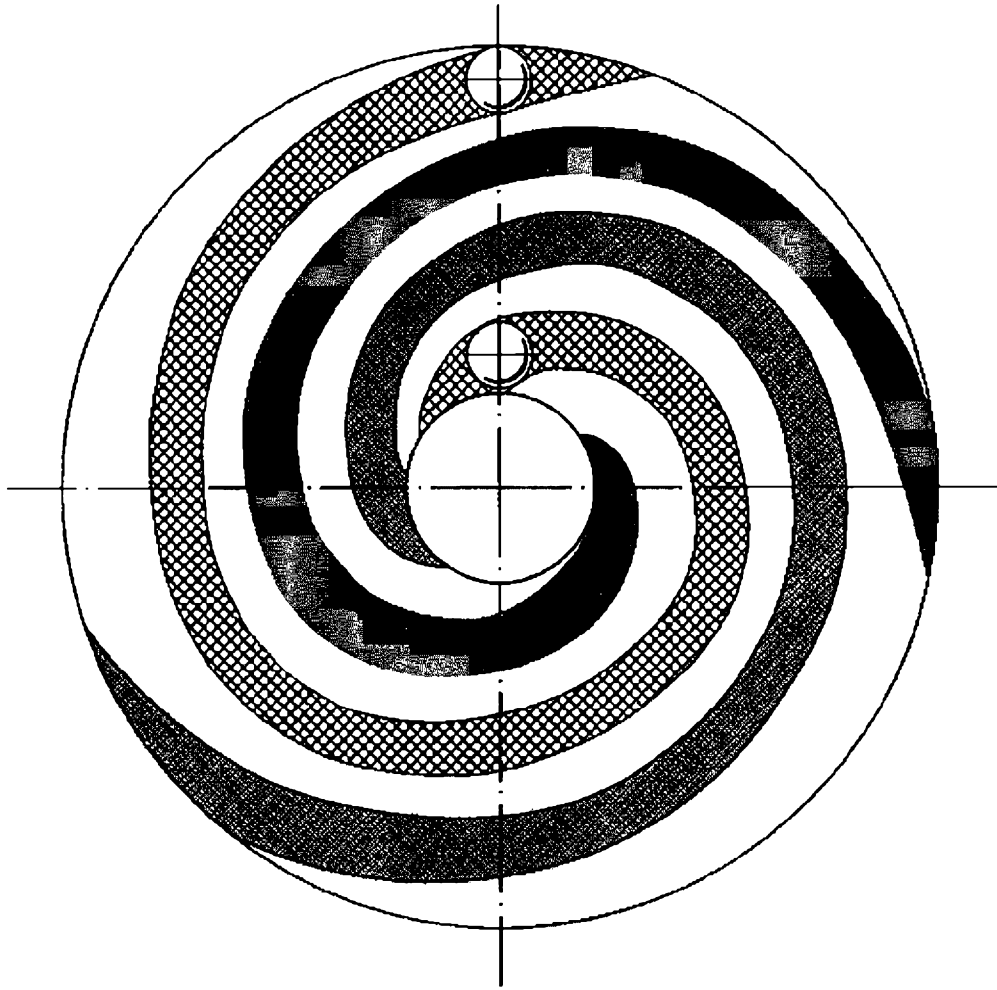


Fig. 3