

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 244333 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **435188**

(22) Data zgłoszenia: **2020.09.02**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.03.07 BUP 10/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.01.15 WUP 03/2024**

(51) MKP:

B25J 18/06 (2006.01)

B25J 15/00 (2006.01)

B25J 9/20 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA, Koszalin, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

WOJCIECH KACALAK, Koszalin, PL

ZBIGNIEW BUDNIAK, Koszalin, PL

MACIEJ MAJEWSKI, Koszalin, PL

(54) Tytuł:

Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno - giętny

PL 244333 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny do przemieszczania i pozycjonowania, przeznaczony do wykorzystania w połączeniu z efektorami robotów humanoidalnych lub robotów przemysłowych, w tym robotów montażowych, pracujących w warunkach elastycznego dopasowywania położenia elementów roboczych do delikatnych obiektów lub elementów podatnych na mechaniczne uszkodzenia, na przykład wykonanych z materiałów kruchych lub wrażliwych na obciążenia impulsowe.

W stanie techniki znany jest patent chiński CN102490183A, w którym przedstawiono przegub zawierający wymienną sprężynę pasmową płaską lub wygiętą. Przegub jest wyginany na skutek napędzania przez płyn i może być stosowany jako różne typy połączeń robota (ramię mechaniczne). Gdy elastyczna, falista rura jest napowietrzana, rozciąga się i zgina w kierunku jednej strony sprężyny pasmowej, ograniczana przez sprężynę pasmową; gdy gaz w elastycznej rurze falistej jest uwalniany, złącze powraca do stanu rozciągania pod działaniem sprężyny pasmowej. Ciśnienie w elastycznej rurze falistej jest kontrolowane, umożliwiając zginanie złącza pod pewnym kątem. Elastyczna rura falista oraz sprężyna pasmowa mają dobrą elastyczność, dzięki czemu złącze ma również dobrą elastyczność. Ponieważ poprawiono przekrój poprzeczny i kształt sprężyny pasmowej, można zwiększyć przestrzeń gięcia, spełnić wymagania wytrzymałościowe, zwiększyć elastyczność i zaoszczędzić materiał sprężyny pasmowej. Połączenie, ma tę zaletę, że jest elastyczne podczas zginania, nie wymaga dużej energii, umożliwia elastyczną samoadaptację i jest łatwe do kontrolowania.

Z opisu patentowego DE112010003720T5 znana jest skośna sprężyna o zmiennym przekroju, stanowiąca spiralnie zwiniętą sprężynę zawierającą wiele skośnych zwojów, które są na ogół fazowane względem linii środkowej przebiegającej przez zwoje. Przynajmniej jeden zwój, patrząc w kierunku linii środkowej, ma kształt nieeliptyczny i nieokrągły. Wiele zwojów jest pochyłonych pod pierwszym kątem nawijania, w pierwszym fragmencie, w stosunku do linii środkowej. Co najmniej jedno uzwojenie zawiera co najmniej część, która jest pochyłona pod drugim kątem uzwojenia względem linii środkowej.

Według opisu patentowego US7055812B2 znane są różne konstrukcje sprężyny śrubowych, w których sprężyna zawiera wiele zwojów drutu pierwotnego i wiele zwojów drutu wtórnego, przy czym zwoje pierwotne i wtórne są ciągłe i różnią się między sobą wymiarami w celu zapewnienia zmiennej siły i zmiennego ugięcia.

W opisie patentowym PL202626 przedstawiono sprężynę śrubową naciskową, wykonaną z pręta i posiadającą co najmniej jeden siłownik obejmujący swoimi końcami, poprzecznie do osi sprężyny, sąsiednie zwoje. Siłownik ma nagwintowane – cylinderek oraz drążek, tworzące mechaniczny zespół śrubowy albo wraz z tłoczkiem osadzonym na drążku, tworzące zespół hydrauliczny lub pneumatyczny. Sprężyna ta charakteryzuje się prostą konstrukcją, umożliwiającą łatwą zmianę sztywności, a w konsekwencji zmianę zdolności akumulowania energii. W wielu przypadkach niezbędne jest przystosowanie sprężyny do nowych warunków pracy przy wzroście jej obciążenia, co jest możliwe poprzez zwiększenie jej sztywności.

Z polskiego opisu patentowego PL194368 znana jest sprężyna hydrauliczna posiadająca mieszek sprężysty, którego końce są szczelnie zamknięte pokrywami, zaś wewnątrz mieszka sprężystego jest wypełnione płynem hydraulicznym. Zaletą rozwiązania według wynalazku jest konstrukcja układu sprężynującego, charakteryzująca się brakiem połączeń ruchomych i uszczelnień.

W dokumencie P.415516 opisano sprężynę hybrydową, wykonaną ze zwojów drutu metalowego, charakteryzującą się tym, że dwa zwoje mają większą średnicę profilu nawoju niż średnica profilu nawoju co najmniej jednego z międzyzwojów i średnica profilu nawoju co najmniej jednego środkowego zwoju.

Według opisu patentowego PL170683 smukła, walcowa sprężyna śrubowa naciskowa, wykonana jest z drutu o przekroju okrągłym, w której odcinek roboczy ukształtowany jest z co najmniej dwóch odcinków – każdy o innym odcinkowo stałym kącie wzniosu zwoju usytuowanym zależnie od zamocowania jedno- albo dwustronnego sprężyny, przy zachowaniu stałej średnicy nawinięcia sprężyny. Sprężyna ta cechuje się stałą sztywnością i dużą odpornością na wyboczenie.

W publikacji PL219059 przedstawiono sprężynę rurową do obciążeń osiowych, cechująca się zwiększonym tłumieniem wewnętrznym drgań. Sprężyna ta posiada sprężysty element rurowy o ścianie przeciętej co najmniej jedną, położoną poprzecznie szczeliną, której powierzchnie boczne w przekroju wzdłużnym są prostopadłe do osi sprężyny, a szczelina wykonana jako zamknięta nie przecina czoło-

wych powierzchni elementu rurowego. Sprężyna charakteryzuje się tym, że przestrzeń szczeliny wypełniona jest elastomerem trwale połączonym z powierzchniami bocznymi elementu rurowego, zwłaszcza przez zawulkanizowanie. Sprężyna ta posiada szczelinę mającą kształt obwodowo ciągłej linii śrubowej.

Z opisów PL153009 i DE7807245U, znane są także rozwiązania sprężyn, w których cylindryczna sprężyna o zwojach zwijanych z okrągłego drutu lub pręta stalowego, zanurzona jest w ścianie rurowego elementu z elastycznego materiału elastomerowego – co nadaje takiemu zespołowi zwiększone tłumienie wewnętrzne. Wulkanizacja sprężyny stalowej w tulei z elastomeru pozwala łączyć charakterystykę sprężyny stalowej ze sprężysto-tłumiącymi właściwościami tulei elastomerowej. Rozwiązania takie wymagają jednak obwodowego objęcia masą elastomeru okrągłego przekroju zwojów sprężyny stalowej, ze skutkiem zwiększenia średnic zabudowy. Ponadto w strefach pomiędzy zwojami o przekroju okrągłym sprężyny stalowej występuje duże zróżnicowanie odkształceń i nacisków z istotnym ograniczeniem skuteczności wykorzystania właściwości elastomeru.

Według opisu patentowego CN105818143A znany jest elastyczny, wieloramienny, pneumatyczny chwytak oparty na aktywnym owijaniu i pasywnym kształtowaniu, który składa się z 3 lub większej liczby miękkich zespołów macek rozmieszczonych symetrycznie oraz podstawy napędowej, którą można swobodnie rozłożyć pod pewnym kątem. Ruch chwytający jest zgodny z następującymi cechami: po pierwsze, oddzielne wnęki powietrzne w elastycznych ramionach mogą być rozkładane i składane po napompowaniu i spuszczeniu powietrza i aktywnie owijają obiekt po złożeniu; po drugie, worki kształtujące są pasywnie przymocowane do powierzchni przedmiotu po napompowaniu i rozluźnieniu oraz stanowią niezawodne ograniczenie wraz z przedmiotem po utwardzeniu próżniowym; i po trzecie, aktywne parametry owijania można regulować zgodnie z sygnałami przesyłanymi przez wykrywające urządzenie kształtujące. Ze względu na powyższe cechy chwytak może szybko chwycić i zwolnić przedmiot, którego tradycyjny chwytak nie może uchwycić. Zastosowano specjalną gumę i sprężone powietrze, a zapewnienie dużej szczelności, ułatwia ochronę środowiska i umożliwia oszczędność energii.

W publikacji US10011024B2 ujawniono elastyczny, karbowany, mechaniczny chwytak jednostronnego działania z napędem cylindrycznym i elastyczną ramą zawiasu połączonego szeregowo, który składa się z dłoni i dwóch elastycznych palców lub dłoni i trzech elastycznych palców. Każdy z elastycznych palców ma identyczną budowę i zasadniczo składa się z elastycznego walcowego cylindra jednostronnego działania i elastycznego zawiasu do połączenia szeregowego. Układ elastycznego zawiasu połączonego szeregowo jest zaprojektowany zgodnie z cechami chwytanych przedmiotów. Mechaniczny chwytak wywiera siłę chwytającą dzięki zastosowaniu elastycznego cylindra falistego jednostronnego działania.

W istniejących w stanie techniki rozwiązaniach występuje problem przemieszczania i pozycjonowania elementów roboczych umieszczonych na końcach ramion robotów i manipulatorów w szczególności współpracujących z elementami podatnymi na mechaniczne uszkodzenia, na przykład wykonanymi z materiałów kruchych lub wrażliwych na obciążenia impulsowe.

Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny do przemieszczania i pozycjonowania według wynalazku, zawiera co najmniej trzy, rozmieszczone równoległe względem siebie na obwodzie modułu zespoły. Każdy z tych zespołów składa się z pofalowanego, elastycznego mieszka, wewnątrz którego umieszczony jest rdzeń sprężysty w postaci sprężyny śrubowej naciskowej o naprzemiennie położonych fragmentach płaskich i fragmentach o przekroju okrągłym pasma śrubowego. Fragmenty płaskie mają prostoliniową oś symetrii, a promień r krzywizny zaokrąglonych naroży fragmentów o przekroju okrągłym jest mniejszy od promienia R zewnętrznego obrysu zwoju sprężyny śrubowej sprężyny śrubowej. Takie ukształtowanie sprężyny zwiększa jej podatność wzdłużną przy jednoczesnym zwiększeniu sztywności poprzecznej. Końce sprężyn są połączone trwale z zakończeniem w postaci tulei wykonanej z materiału podatnego. Tuleje te są z obu stron połączone trwale z tuleją czołową, osadzoną w centralnym otworze czołowym mieszka wykonanego z jednolitego materiału elastycznego, którego kołnierz za pomocą nakrętki, poprzez półpięścienie, jest dociśnięty do wkrętki. Do tulei czołowych są wkręcone sworznie, które osadzone są na obwodzie, w otworach elementów roboczych przytwierdzonych śrubami. Pomiedzy zespołami umieszczono podatny trzpień wielotarczowy o walcowym rdzeniu, o średnicy kilkukrotnie mniejszej od średnicy tarczy, zawierający rozmieszczone naprzemiennie tarcze z wycięciami, przy czym tarcze rozmieszczone są z odstępem o podziałce osiowej p_t pomiędzy tarczami 26 trzpienia odpowiadającej podziałce p_m profilu elastycznego mieszka. Mieszki zespołów opasane są elastycznymi cięgnami bez końca, umieszczonymi w zewnętrznych wgłębieniach elastycznego mieszka. Liczba cięgien bez końca dobierana jest stosownie do wymagań dotyczących globalnej i lo-

kalnej podatności modułu. Ciężna mogą być rozmieszczone w różnych strefach o zróżnicowanej podatności lokalnej. Strefy o małym stopniu odkształcenia elastycznego mieszka oznaczono symbolem G , a strefy o dużym stopniu odkształcenia – symbolem W . Takie ukształtowanie przekroju poprzecznego elastycznego mieszka zwiększa jego podatność wzdłużną przy jednoczesnym zwiększeniu sztywności poprzecznej.

Korzystnie, gdy zespół zawiera elastyczny mieszek odkształcany pod wpływem ciśnienia sprężonego powietrza podawanego przez zewnętrzny układ zasilania, połączony z pneumatycznym złączem wkręconym w gwintowany otwór dolotowy tulei czołowej, sterujący zasilaniem i odpowietrzaniem wewnętrznej komory mieszka. Mieszek w przekroju osiowym posiada zmienną grubość ścianek z pogrubieniem wewnętrznych fragmentów o mniejszej średnicy D_w w stosunku do grubości ścianek zboczy oraz fragmentów o większej średnicy D_z . Takie ukształtowanie przekroju poprzecznego mieszka zwiększa jego podatność wzdłużną przy jednoczesnym zwiększeniu sztywności poprzecznej.

Korzystnie, gdy fragmenty o przekroju okrągłym posiadają średnicę d i w rzucie na płaszczyznę prostopadłą do osi sprężyny śrubowej posiadają zaokrąglone naroża o promieniu r , a fragmenty płaskie mają grubość g , korzystnie 3–5 razy mniejszej od średnicy d drutu, przy czym pole przekroju poprzecznego fragmentu płaskiego i fragmentu o przekroju okrągłym sprężyny są korzystnie jednakowe, a proporcja długości $3 \cdot L_p$ fragmentów płaskich do długości $(3 \cdot L_p + 3 \cdot L_r)$ środkowego obrysu zwoju wynosi korzystnie 0,5–0,7. Takie ukształtowanie mieszka i sprężyny umożliwia wysuwanie i wyginanie modułu na skutek sterowania zasilaniem i odpowietrzaniem wewnętrznych komór mieszka. Gdy faliste mieszki są napowietrzane, wówczas elastyczny moduł rozciąga się i może się również zginać w kierunku jednej ze stron modułu, w zależności od ciśnienia powietrza w każdej z komór mieszka. Jeżeli sprężone powietrze w komorach mieszka jest uwalniane, powoduje to powrót do stanu początkowego. Elastyczny moduł może ulegać przy tym również wygięciu w dowolnym kierunku. Ciśnienie w komorach mieszka jest kontrolowane, aby umożliwiać wysuwanie i wyginanie modułu. Przestrzeń wysuwu i wygięcia modułu można także zmieniać poprzez odpowiedni dobór materiałów o właściwościach charakteryzujących podatność na odkształcenia, z których są wykonane mieszki i sprężyny oraz poprzez dobór parametrów geometrycznych części składowych modułu.

Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny korzystnie posiada ciężna bez końca rozmieszczone w jednakowych lub większych odstępach, niż podziałka p_m profilu mieszka. W tych strefach, w których wymagana jest większa podatność wzdłużna i poprzeczna modułu, odstępy te są korzystnie większe od podziałki p_m profilu mieszka. Aby uzyskać wymagany zakres wysuwania i wyginania elastycznego modułu można zmieniać stosunek wysokości sprężyny. Korzystnie, gdy sprężyna śrubowa posiada stosunek wysokości H w stanie swobodnym do średnicy $2R$ zewnętrznego obrysu zwoju sprężyny posiada stosunek ten wynoszący 3–8.

Korzystnie, gdy sprężyna śrubowa o zmiennym przekroju może być wykonana z materiału o dużej wytrzymałości mechanicznej, wysokim module sprężystości wzdłużnej E , dużej odporności na korozję i zużycie ścierne.

Korzystnie, gdy sprężyna śrubowa wykonana jest ze stali wysokostopowych: stopu chromowo-wanadowego 51 CrV4 (1.8159), chromowo-niklowego X 10CrNi88 (1.4310) lub chromowo-molibdenowo-wanadowego X22 CrMoV 121 (1.4923). W innych postaciach wykonania, sprężyna może być wykonana ze stopów tytanu, np. Ti6Al4V-PE-UHMW lub ze spiekanych proszków metali na przykład tytanu lub magnezu jak również metodą wytwarzania przyrostowego.

Korzystnie, gdy elastyczny mieszek może być wykonany z gumy – kauczuku nitylowego NBR, chloroprenowego CR, naturalnego NBR lub etylenowo-propylenowo-dienowego EPDM, elastomeru lub polimerów.

Korzystnie, gdy elastyczne ciężna bez końca o przekroju kołowym mogą być wykonane z gumy syntetycznej, poliuretanu PU lub z poliamidu wtopionego w gumę.

Korzystnie, gdy elementy konstrukcyjne modułu mogą być wykonane z typowych materiałów konstrukcyjnych, takich jak stale konstrukcyjne i ich stopy, jak również z tworzyw sztucznych o dobrych właściwościach mechanicznych, na przykład: poliamid, PBT, poliwęglan czy poliester.

Moduł według wynalazku umożliwia rozwiązanie problemu przemieszczania i pozycjonowania elementów roboczych umieszczonych na końcach ramion robotów i manipulatorów poprzez napełnianie i opróżnianie sprężonym powietrzem komór elastycznych mieszkań o zmiennej grubości ścianek, wewnątrz których umieszczono sprężyste rdzeń wykonany w postaci sprężyny śrubowej naciskowej o zmiennym przekroju, posiadającej położone naprzemiennie fragmenty płaskie i fragmenty o przekroju okrągłym. W wyniku zmiany długości modułu oraz ewentualnych przemieszczeń bocznych, zależnych

od podatności elementów i ciśnienia w mieszkach, w przypadku procesu montażu możliwe jest dopasowywanie się położenia końcówki elementu roboczego do innych elementów montowanego układu.

Konstrukcja ścianek falistych mieszków z pogrubieniami ułatwia elastyczne dopasowywanie położenia elementów roboczych elementów podatnych na mechaniczne uszkodzenia, na przykład wykonanych z materiałów kruchych lub wrażliwych na obciążenia impulsowe, dlatego też zaletą rozwiązania jest duża adaptacyjność przemieszczania i pozycjonowania delikatnych obiektów, zwłaszcza w robotyce, w tym w robotach humanoidalnych i montażowych, w urządzeniach pomiarowych, w manipulacjach i robotach przemysłowych. Ponadto moduł posiadający połączone ze sobą na obwodzie elastyczne zespoły z rdzeniem sprężystym, cechuje się wysokim stopniem elastyczności wzdłużnej i ograniczoną podatnością poprzeczną, dlatego istnieje możliwość sterowania wysuwaniem i wyginaniem modułu w dowolnym kierunku, co jest kolejną zaletą wynalazku.

Przedmiot wynalazku opisano poniżej bardziej szczegółowo w przykładach wykonania pokazanych na rysunku, na którym przedstawiają:

- fig. 1 elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny w widoku z przodu,
- fig. 2 elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny w widoku z góry,
- fig. 3 przekrój osiowy A-A modułu zgodnie z widokiem na fig. 2,
- fig. 4 szczegół B zgodnie z widokiem na fig. 3,
- fig. 5 moduł w widoku izometrycznym,
- fig. 6 półwidok i półprzekrój elastycznego zespołu pozycjonowania z rdzeniem sprężystym,
- fig. 7 widok izometryczny zespołu pozycjonowania,
- fig. 8 sprężynę śrubową o zmiennym przekroju w widoku z przodu,
- fig. 9 sprężynę śrubową w widoku z góry,
- fig. 10 elastyczny mieszek w półwidoku i półprzekroju,
- fig. 11 szczegół C pokazujący przekrój stref o dużym i małym stopniu odkształcenia elastycznego mieszka zgodnie z widokiem na fig. 10,
- fig. 12 półwidok i półprzekrój trzpienia wielotarczowego,
- fig. 13 widok izometryczny trzpienia wielotarczowego,
- fig. 14 trzpień wielotarczowy w widoku z góry,
- fig. 15 widok z przodu elastycznego, wielomieszkowego modułu wysuwno – giętnego z zaznaczonymi strefami o zmiennej podatności lokalnej.

W pierwszym przykładzie wykonania elastyczny wielomieszkowy, moduł wysuwno – giętny do przemieszczania i pozycjonowania według wynalazku, pokazany na fig. 1, 2, 3 i 5, zawiera trzy, równolegle połączone ze sobą elastyczne zespoły 1 (fig. 6 i 7) rozmieszczone na obwodzie w jednakowych odstępach. Każdy z tych zespołów 1 składa się z pofalowanego, elastycznego mieszka 5 (fig. 10), wewnątrz którego jest umieszczony rdzeń sprężysty w postaci sprężyny śrubowej 2 (fig. 8 i 9) o naprzemiennie położonych fragmentach 15 o przekroju okrągłym i fragmentach płaskich 16 pasma śrubowego 25. Fragmenty płaskie 16 mają prostoliniową oś symetrii 21, a promień r krzywizny zaokrąglonych naroży 20 fragmentów 15 o przekroju okrągłym sprężyny śrubowej 2 jest mniejszy od promienia $R = 31$ mm zewnętrznego obrysu 32 zwoju sprężyny śrubowej 2 w rzucie na płaszczyznę prostopadłą do jej osi (fig. 9). Takie ukształtowanie sprężyny śrubowej 2 zwiększa jej podatność wzdłużną przy jednoczesnym zwiększeniu sztywności poprzecznej. Końce sprężyn śrubowych 2 są połączone trwale z zakończeniem w postaci tulei 3 z materiału podatnego takiego jak guma. W innym przykładzie wykonania tuleja 3 wykonana jest z materiału podatnego takiego jak elastomer. Przy tym tuleje są połączone trwale z obu stron z tuleją czołową 4 osadzoną w centralnym otworze czołowym 31 elastycznego mieszka, wykonanego z jednolitego materiału elastycznego, którego kołnierz 24 za pomocą nakrętki 8, poprzez półpięście 9, jest dociśnięty do wkrętki 11. Do tulei czołowych 4 są wkręcone sworznie 10, które osadzone na obwodzie w otworach 30 elementów roboczych 6 przytwierdzonych śrubami 14. Pomędzy elastycznymi zespołami 1 umieszczono podatny trzpień wielotarczowy 12 (fig. 12, 13 i 14) o walcowym rdzeniu 19, o średnicy 3,5-krotnie mniejszej od średnicy tarczy 26, zawierający położone naprzemiennie tarcze 26 z wycięciami 28. Tarcze 26 rozmieszczone są z odstępem o podziałce osiowej p_t tarcz 26 trzpienia, która odpowiada podziałce p_m profilu elastycznego mieszka 5, która odpowiada podziałce osiowej $P_t = 10$ mm odpowiadającą podziałce $p_m = 10$ mm profilu elastycznego mieszka 5. Elastyczne mieszki 5 zespołów 1 opasano elastycznymi cięgnami 13 bez końca umieszczonymi równomiernie we wgłębieniach (fig. 1, 3, 4 i 5) w jednakowych odstępach p_m wzdłuż osi modułu. W przykładzie pokazanym na fig. 1, 3 i 5, elastyczne mieszki 5 zespołów 1 opasano dwudziestoma czterema cięgnami 13 bez końca umieszczonymi we wszystkich wgłębieniach, zapewniając tym samym jednakową lokalną podatność

modułu. Każdy z zespołów 1 zawiera elastyczny mieszek 5 odkształcany pod wpływem ciśnienia sprężonego powietrza podawanego przez zawór, połączony z pneumatycznym złączem 7 wkręconym w gwintowany otwór 23 tulei czołowej 4, sterujący zasilaniem i odpowietrzaniem wewnętrznej komory elastycznego mieszka 5. Elastyczny mieszek 5 w przekroju osiowym (fig. 11) posiada zmienną grubość ścianek z pogrubieniem wewnętrznych fragmentów o mniejszej średnicy $D_w = 66$ mm w stosunku do grubości ścianek zboczy oraz fragmentów o większej średnicy $D_z = 79,5$ mm. Strefy o małym stopniu odkształcenia elastycznego mieszka 5 oznaczono symbolem G , a strefy o dużym stopniu odkształcenia – symbolem W . Takie ukształtowanie przekroju poprzecznego elastycznego mieszka 5 zwiększa jego podatność wzdłużną przy jednoczesnym zwiększeniu sztywności poprzecznej. Sprężyna śrubowa 2, cechuje się tym, że fragmenty 15 o przekroju okrągłym posiadają średnicę $d = 4$ mm, a w rzucie na płaszczyznę prostopadłą do osi sprężyny śrubowej 2 (fig. 9) posiadają zaokrąglenia 20 o promieniu $r = 12,8$ mm. Fragmenty płaskie 16 mają grubość $g = 1$ mm, korzystnie cztery razy mniejszej od średnicy d drutu. Przekroje poprzeczne fragmentu płaskiego 16 i fragmentu 15 o przekroju okrągłym są korzystnie jednakowe, a proporcja długości $3 \cdot L_p$ fragmentów płaskich 16 do długości $(3 \cdot L_p + 3 \cdot L_r)$ środkowego obrysu zwoju, dla przykładu pokazanego na fig. 9, wynosi korzystnie 0.5. Długość L_p płaskiego fragmentu sprężyny 2 wynosi 28 mm, a długość L_r łuku sprężyny 2 o przekroju okrągłym ma wartość 26,6 mm. Takie ukształtowanie elastycznego mieszka 5 i sprężyny śrubowej 2 umożliwia wysuwanie i wyginanie modułu na skutek sterowania zasilaniem i odpowietrzaniem wewnętrznych komór elastycznego mieszka 5. Gdy faliste, elastyczne mieszki 5 są napowietrzane, wówczas elastyczny moduł rozciąga się i może się również zginać w kierunku jednej ze stron modułu, w zależności od ciśnienia powietrza w każdej z komór elastycznego mieszka 5. Jeżeli sprężone powietrze w komorach elastycznego mieszka 5 jest uwalniane, następuje powrót do położenia początkowego. Elastyczny moduł może również ulegać wyginaniu w dowolnym kierunku. Ciśnienie w komorach elastycznego mieszka 5 jest kontrolowane w celu umożliwienia wysuwania i wyginania modułu. Przestrzeń wysuwu i wygięcia modułu można także zmieniać poprzez dobór materiałów o odpowiednich właściwościach fizycznych, z których są wykonane elastyczne mieszki 5 i sprężyny śrubowe 2 oraz poprzez dobór parametrów geometrycznych sprężyn śrubowych 2 i elastycznych mieszków 5. Aby uzyskać wymagany zakres wysuwania i wyginania elastycznego modułu, można zmieniać stosunek wysokości H sprężyny śrubowej 2 w stanie swobodnym do średnicy R zewnętrznego obrysu 32 zwoju sprężyny śrubowej 2 w rzucie na płaszczyznę prostopadłą do osi sprężyny śrubowej 2. W korzystnym rozwiązaniu pokazanym na fig. 8, dla wysokości $H = 256$ mm, stosunek ten wynosi 4,12.

W jednym z realizacji wykonania wynalazku sprężyna śrubowa wykonana jest ze stopu chromowo-wanadowego 51 CrV4 (1.8159). Elastyczny mieszek jest wykonany z gumy – kauczuku nitylowego NBR. Pozostałe elementy konstrukcyjne modułu są wykonane z typowych materiałów konstrukcyjnych, takich jak stale konstrukcyjne i ich stopy, jak również z tworzyw sztucznych – poliamidu, PBT, poliwęglanu lub poliestru.

W innym przykładzie wykonania, pokazanym na fig. 15, elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny posiada ciągnia 13 rozmieszczone w trzech różnych strefach o zróżnicowanej podatności lokalnej. Strefy o zmniejszonej podatności modułu oznaczono symbolem G , a strefy o zwiększonej podatności – symbolem W . W górnej i dolnej części modułu, elastyczne mieszki 5 opasano czterema ciągniami 13 rozmieszczonymi w jednakowych odstępach o podziałce p_m , natomiast w części środkowej elastyczne mieszki 5 opasano kolejno występującymi po sobie ośmioma ciągniami 13. Takie rozmieszczenie ciągnia 13 w strefach ich zagęszczenia, powoduje zmniejszenie lokalnego odkształcenia modułu. Z kolei w strefach bez ciągnia 13, lokalna podatność poprzeczna i wzdłużna modułu jest większa. W konsekwencji dobierając liczbę ciągnia 13 i ich rozmieszczenie, można w łatwy sposób dokonać zmiany globalnej podatności elastycznego modułu. Jest to niezbędne do przystosowania elastycznego modułu w układach roboczych gdzie wymagana jest duża zdolność adaptacyjnego przemieszczania i pozycjonowania.

Wykaz oznaczeń:

- 1 – zespół elastyczny z rdzeniem sprężystym,
- 2 – sprężyna śrubowa,
- 3 – tuleja z materiału elastycznego,
- 4 – tuleja czołowa,
- 5 – elastyczny mieszek,
- 6 – element roboczy,

- 7 – złącze do pneumatycznego zaworu rozdzielającego sterującego zasilaniem oraz odpowietrzaniem sprężonego powietrza,
- 8 – nakrętka,
- 9 – półpierścień,
- 10 – sworzeń,
- 11 – wkrętka,
- 12 – trzpień wielotarczowy,
- 13 – cięgno,
- 14 – śruba,
- 15 – fragmenty sprężyny śrubowej o przekroju okrągłym,
- 16 – fragmenty płaskie sprężyny śrubowej,
- 17 – zewnętrzny układ zasilania oraz odpowietrzania sprężonym powietrzem,
- 18 – pogrubienie ścianki elastycznego mieszka,
- 19 – rdzeń walcowy trzpienia wielotarczowego,
- 20 – zaokrąglone naroże sprężyny śrubowej,
- 21 – oś symetrii płaskiego elementu sprężyny śrubowej,
- 22 – końcówka sprężyny śrubowej,
- 23 – otwór dolotowy doprowadzający i odprowadzający sprężone powietrze do przestrzeni wewnętrznej elastycznego mieszka,
- 24 – kołnierz elastycznego mieszka,
- 25 – pasmo śrubowe,
- 26 – tarcza,
- 27 – przestrzeń pomiędzy tarczami trzpienia wielotarczowego,
- 28 – wycięcia tarcz trzpienia wielotarczowego,
- 29 – zewnętrzne wgłębienie elastycznego mieszka,
- 30 – otwór,
- 31 – centralny otwór czołowy elastycznego mieszka,
- 32 – zewnętrzny obrys zwoju w rzucie na płaszczyznę prostopadłą do osi sprężyny śrubowej,

- E – strefa o małym stopniu odkształcenia elastycznego mieszka,
- F – strefa o dużym stopniu odkształcenia elastycznego mieszka,
- G – strefa o zmniejszonej podatności elastycznego, wielomieszkowego modułu wysuwno – giętnego
- W – strefa o zwiększonej podatności elastycznego, wielomieszkowego modułu wysuwno – giętnego,

- d* – średnica drutu sprężyny śrubowej,
- R* – promień zewnętrznego obrysu zwoju sprężyny śrubowej,
- g* – grubość spłaszczenia płaskiego fragmentu sprężyny śrubowej,
- r* – promień krzywizny zaokrąglenia sprężyny śrubowej,
- H* – wysokość sprężyny śrubowej,
- L_p* – długość płaskiego fragmentu sprężyny śrubowej,
- L_r* – długość fragmentu sprężyny śrubowej o przekroju okrągłym,
- D_w* – średnica wewnętrznego fragmentu elastycznego mieszka,
- D_z* – średnica zewnętrznego fragmentu elastycznego mieszka,
- p_m* – podziałka profilu elastycznego mieszka,
- p_t* – podziałka osiowa przestrzeni pomiędzy tarczami trzpienia wielotarczowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny do przemieszczania i pozycjonowania, złożony z zespołów zawierających rdzeń sprężysty umieszczony wewnątrz elastycznego mieszka, **znamienny tym**, że obejmuje co najmniej trzy, rozmieszczone równolegle względem

siebie na obwodzie modułu, zespoły 1, z których każdy składa się z pofalowanego, elastycznego mieszka 5, wewnątrz którego umieszczony jest rdzeń sprężysty w postaci sprężyny śrubowej 2, o naprzemiennie położonych fragmentach płaskich 16 i fragmentach 15 o przekroju okrągłym pasma śrubowego 25, przy czym fragmenty płaskie 16 mają prostoliniową oś symetrii 21, a promień r zagięcia zaokrąglonego naroża 20 fragmentów o przekroju okrągłym o średnicy d jest mniejszy od promienia R zewnętrznego obrysu 32 zwoju pasma śrubowego 25 sprężyny śrubowej 2, a końce sprężyn śrubowych 2 są połączone trwale z zakończeniem w postaci tulei 3 z materiału podatnego, przy czym tuleje 3 są połączone trwale z obu stron z tuleją czołową 4 osadzoną w centralnym otworze czołowym 31 elastycznego mieszka 5, wykonanego z jednolitego materiału elastycznego, którego kołnierz 24 jest dociśnięty za pomocą nakrętki 8, poprzez półpierścienie 9, do wkrętki 11, a ponadto do tulei czołowych 4 są wkręcone sworznie 10, które osadzone są na obwodzie w otworach 30 elementów roboczych 6 przytwierdzonych śrubami 14, przy czym pomiędzy zespołami 1 umieszczono podatny trzpień wielotarczowy 12 o walcowym rdzeniu 19, o średnicy kilkukrotnie mniejszej od średnicy tarczy, zawierający położone naprzemiennie tarcze 26 z wycięciami 28, przy czym tarcze 26 rozmieszczone są z odstępem o podziałce osiowej p_t tarcz 26 trzpienia, która odpowiada podziałce p_m profilu elastycznego mieszka 5, przy czym elastyczne mieszki 5 zespołów 1 są opasane elastycznymi cięgnami 13 bez końca umieszczonymi w zewnętrznych wgłębieniach elastycznego mieszka 29, a liczba cięgien 13 bez końca dobierana jest stosownie do wymagań dotyczących podatności modułu.

2. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zespół 1 zawiera elastyczny mieszek 5 odkształczany pod wpływem ciśnienia sprężonego powietrza podawanego przez zewnętrzny układ zasilania 17, połączony z pneumatycznym złączem 7 wkręconym w gwintowany otwór dolotowy 23 tulei czołowej 4, sterujący zasilaniem i odpowietrzaniem wewnętrznej komory elastycznego mieszka 5, przy czym elastyczny mieszek 5 w przekroju osiowym posiada zmienną grubość ścianek z pogrubieniem 18 wewnętrznych fragmentów o mniejszej średnicy D_w w stosunku do grubości ścianek zbroczy oraz fragmentów o większej średnicy D_z .
3. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że fragmenty 15 o przekroju okrągłym sprężyny śrubowej 2 posiadają średnicę d i w rzucie na płaszczyznę prostopadłą do osi sprężyny śrubowej 2 posiadają zaokrąglone naroża 20 o promieniu r , a fragmenty płaskie 16 mają grubość g , korzystnie 3–5 razy mniejszej od średnicy d fragmentów 15 o przekroju okrągłym, przy czym pola przekrojów poprzecznych fragmentu płaskiego i fragmentu o przekroju okrągłym są korzystnie jednakowe.
4. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1 albo 3, **znamienny tym**, że fragmenty płaskie 16 sprężyny śrubowej 2 określają proporcję długości $3 \cdot L_p$ do długości $(3 \cdot L_p + 3 \cdot L_r)$ środkowego obrysu zwoju, która wynosi korzystnie od 0,5 do 0,7.
5. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że cięgna 13 bez końca rozmieszczone są w jednakowych lub większych odstępach niż podziałka profilu p_m elastycznego mieszka 5.
6. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sprężyna śrubowa 2 posiada stosunek wysokości H w stanie swobodnym do średnicy $2 \cdot R$ zewnętrznego obrysu 32 sprężyny śrubowej 2 wynoszący korzystnie od 3 do 8.
7. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sprężyna śrubowa 2 wykonana jest z materiału o dużej wytrzymałości mechanicznej, wysokim module sprężystości wzdłużnej, dużej odporności na korozję i zużycie ściernie.
8. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1 lub 7, **znamienny tym**, że sprężyna śrubowa 2 wykonana jest ze stali wysokostopowych: stopu chromowo-wanadowego 51 CrV4 (1.8159) lub chromowo-niklowego X 10CrNi88 (1.4310), lub chromowo-molibdenowo-wanadowego X22 CrMoV 121 (1.4923), lub ze stopów tytanu korzystnie z Ti6Al4V-PE-UHMW, lub ze spiekanych proszków metali korzystnie z tytanu albo magnezu jak również metodą wytwarzania przyrostowego.
9. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że elastyczny mieszek 5 jest wykonany z gumy – kauczuku nitrylowego NBR lub chloroprenowego CR, lub naturalnego NBR, lub etylenowo-propylenowo-dienowego EPDM, lub elastomeru, lub polimerów.

10. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że elementy konstrukcyjne modułu są wykonane z typowych materiałów konstrukcyjnych, takich jak stале konstrukcyjne i ich stopy, jak również z tworzyw sztucznych – poliamidu, PBT, poliwęglanu lub poliestru.
11. Elastyczny, wielomieszkowy moduł wysuwno – giętny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że elastyczne ciągną bez końca o przekroju kołowym mogą być wykonane z gumy syntetycznej, poliuretanu PU lub z poliamidu wtopionego w gumę.

Rysunki

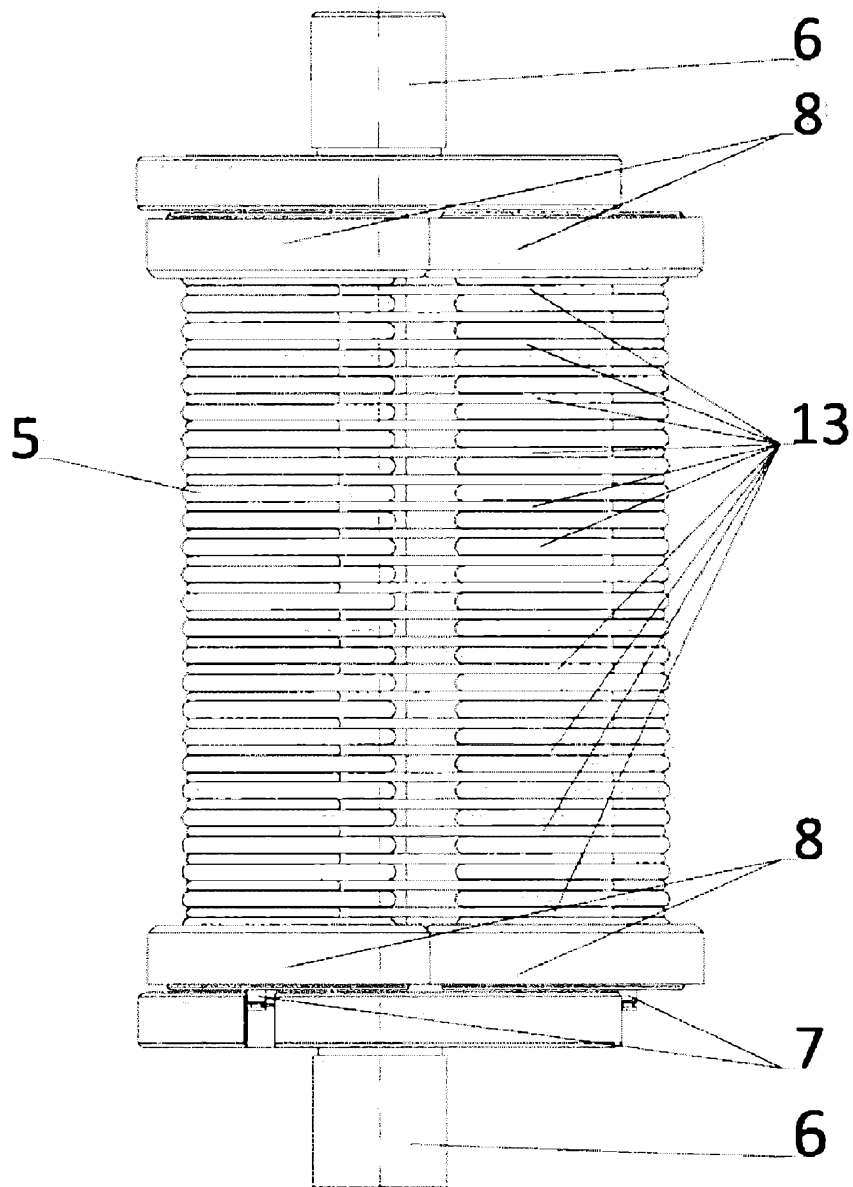


Fig. 1

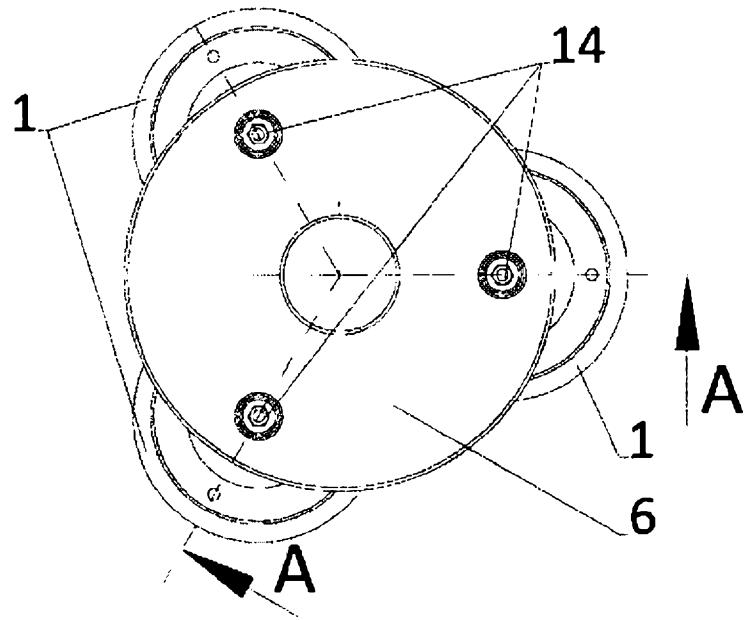


Fig. 2

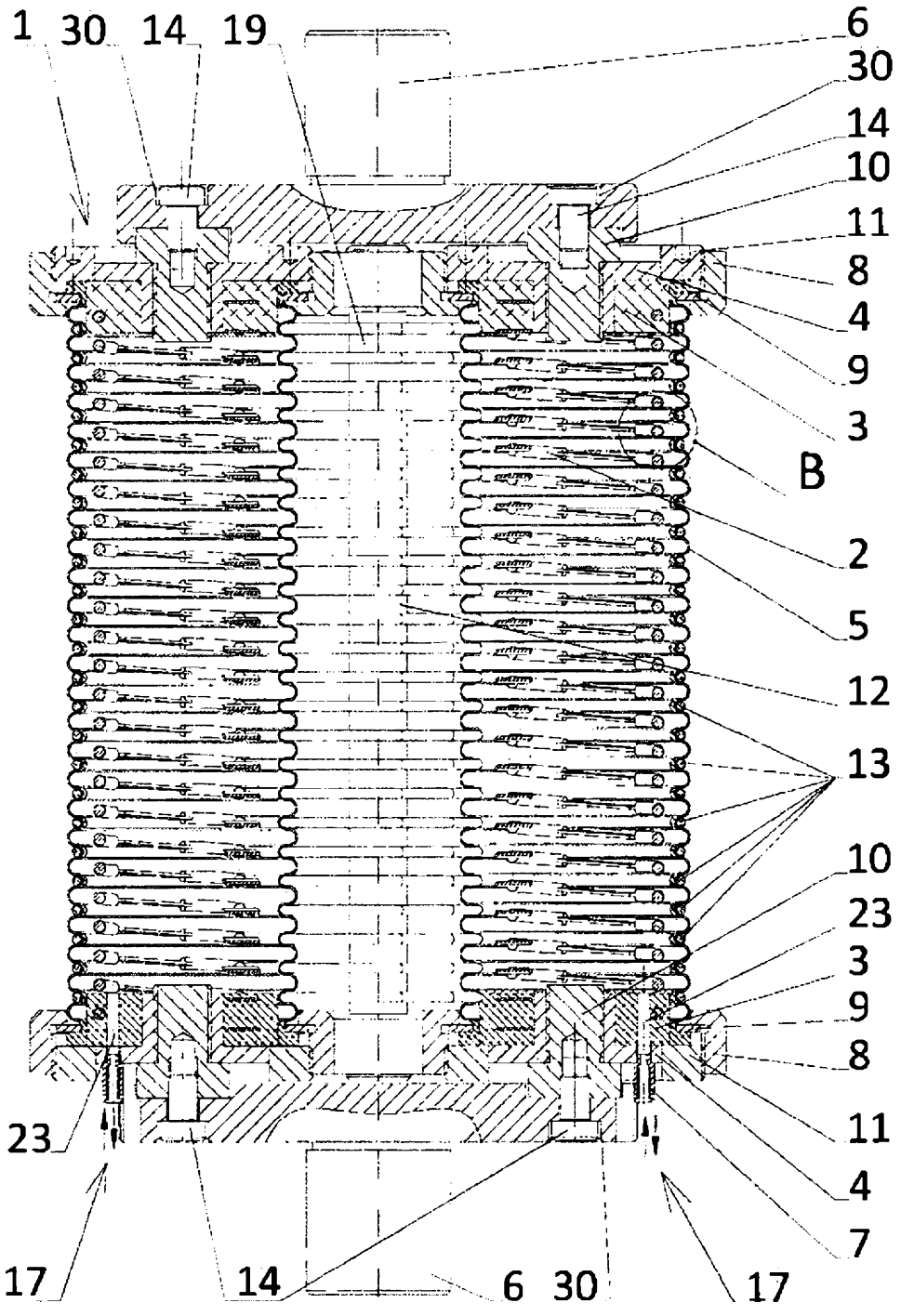


Fig. 3

Szczegół B (5:1)

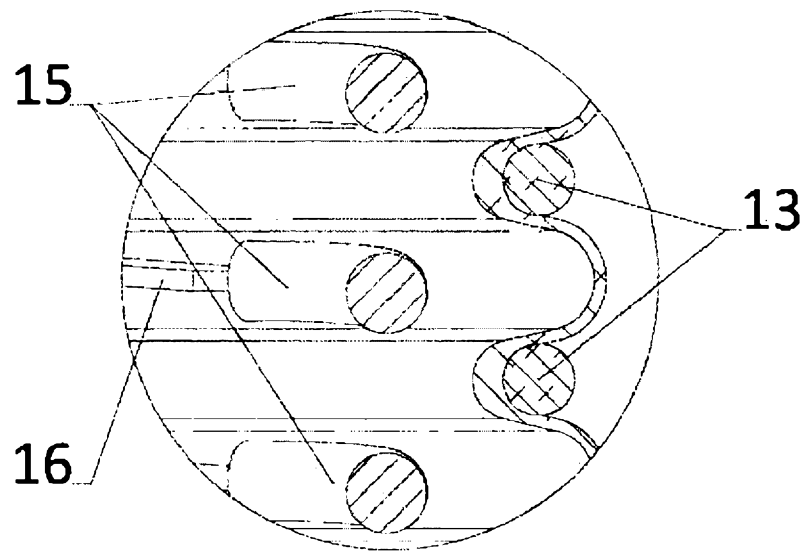


Fig. 4

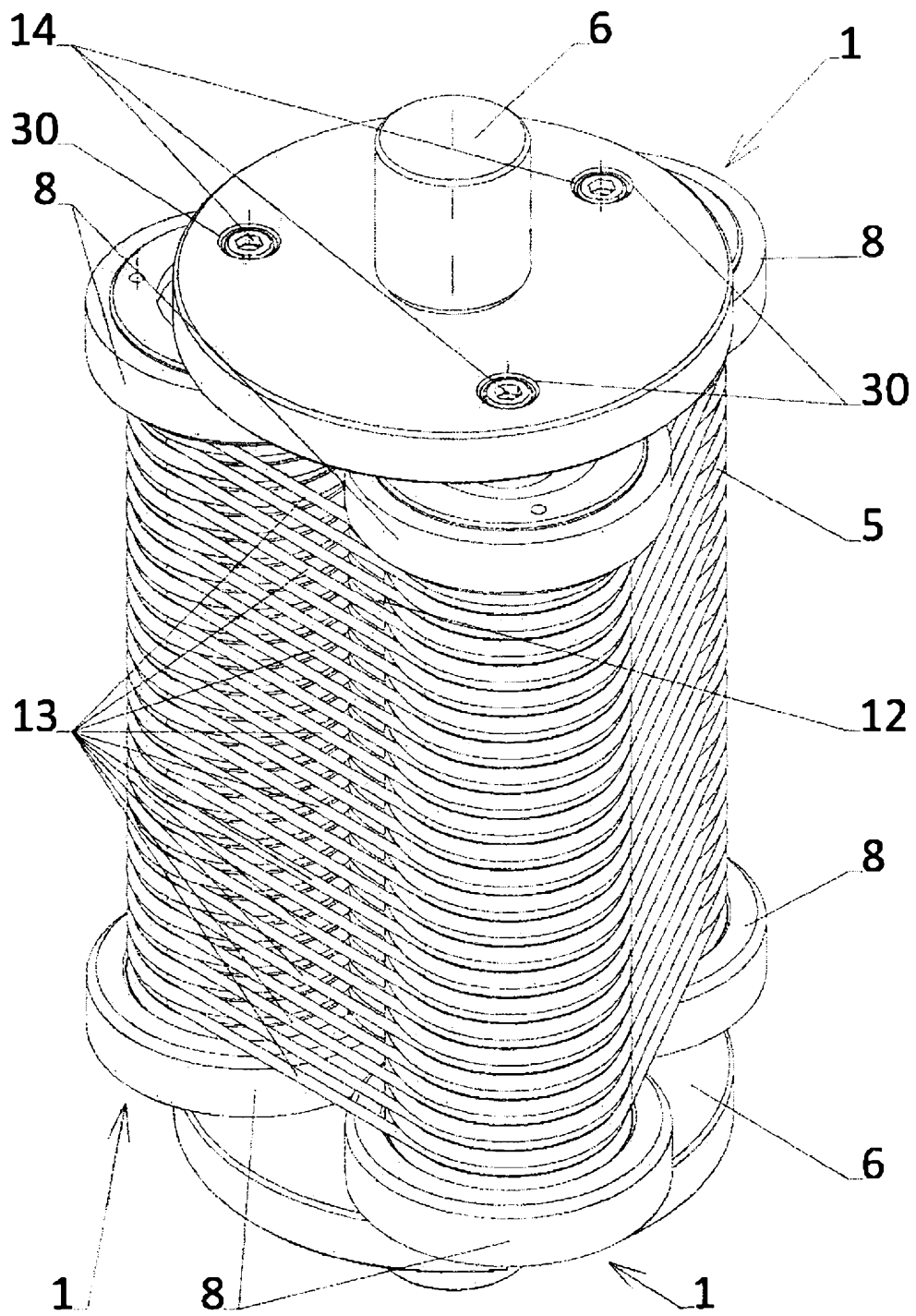


Fig. 5

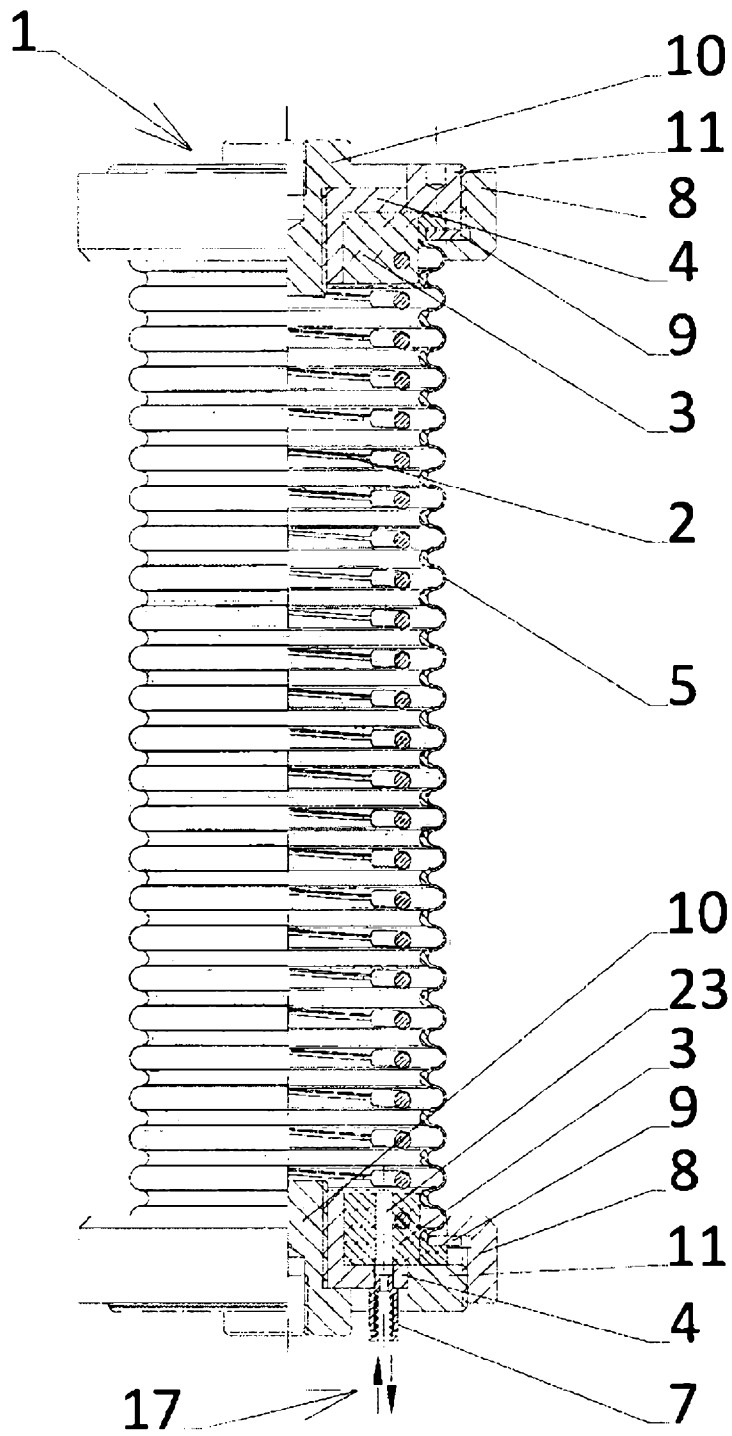


Fig. 6

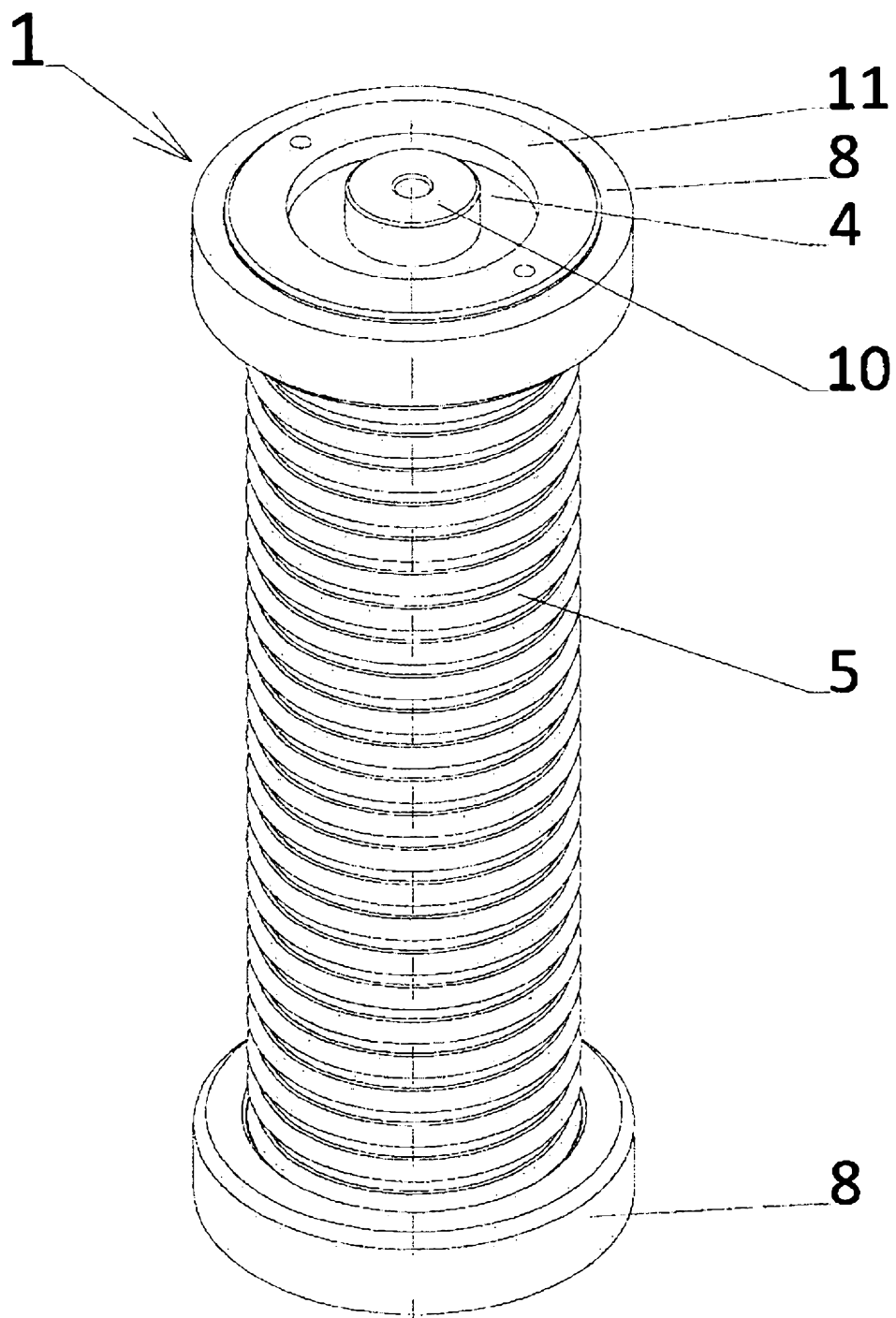


Fig. 7

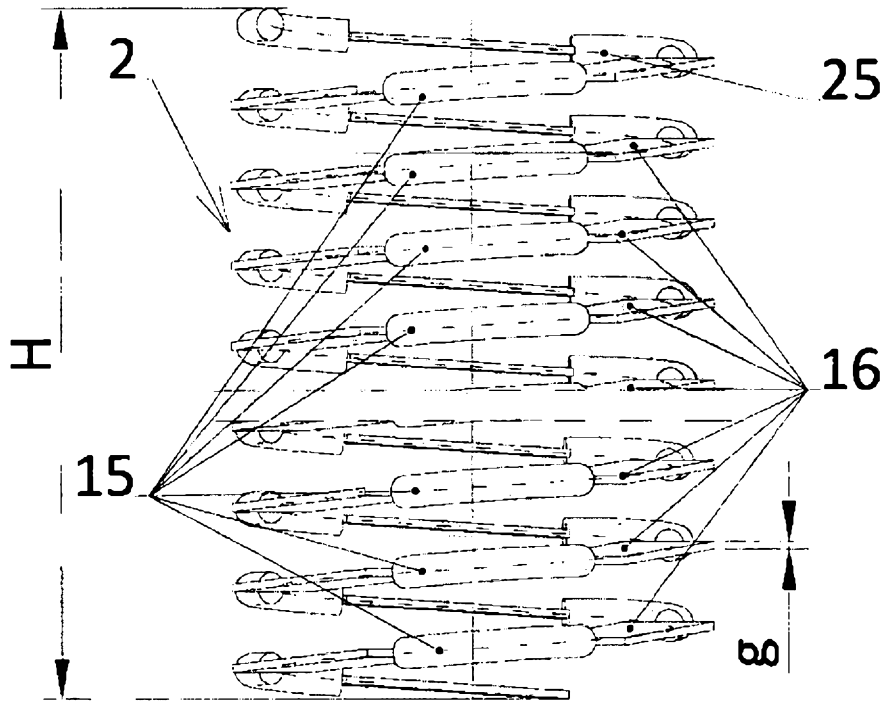


Fig. 8

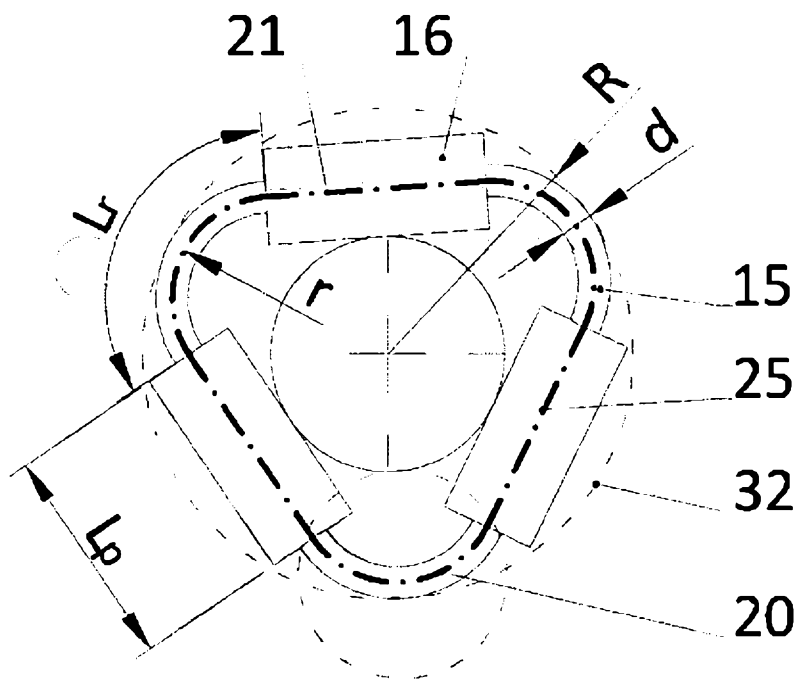


Fig. 9

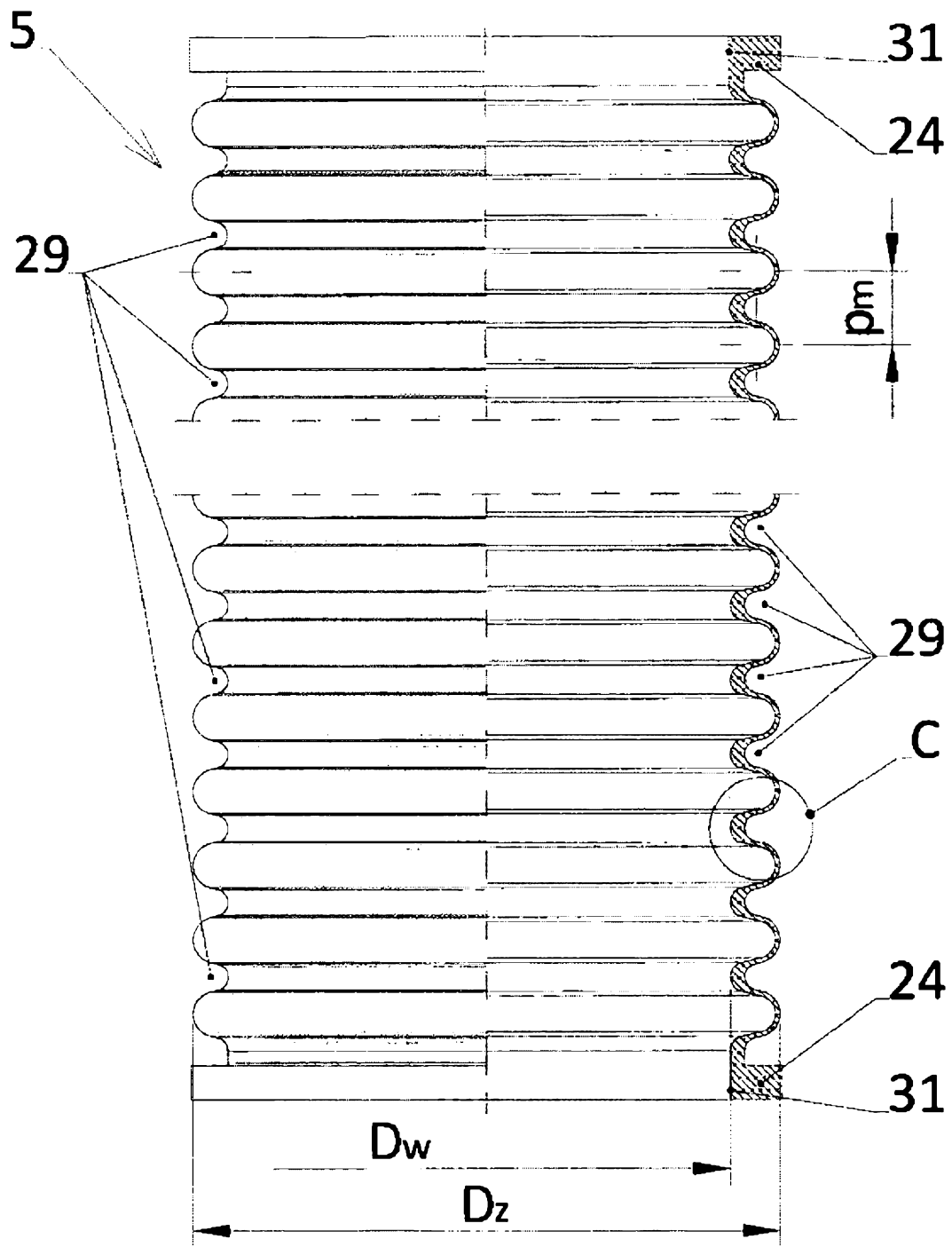


Fig. 10

Szczegół C (5:1)

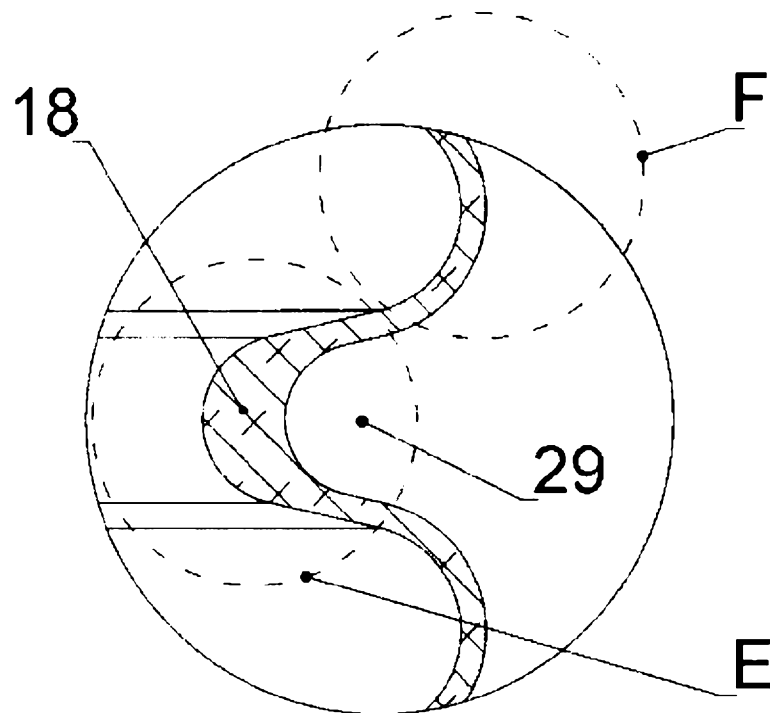


Fig. 11

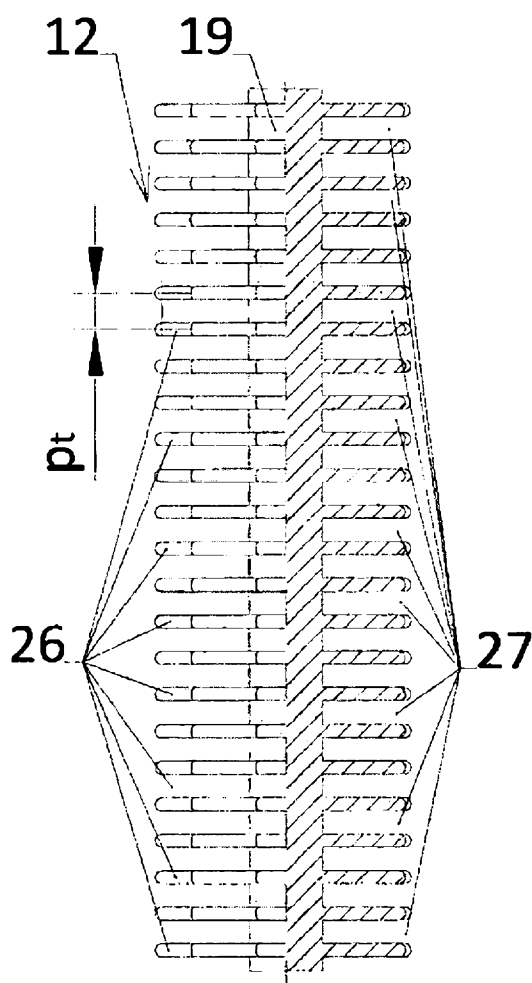


Fig. 12

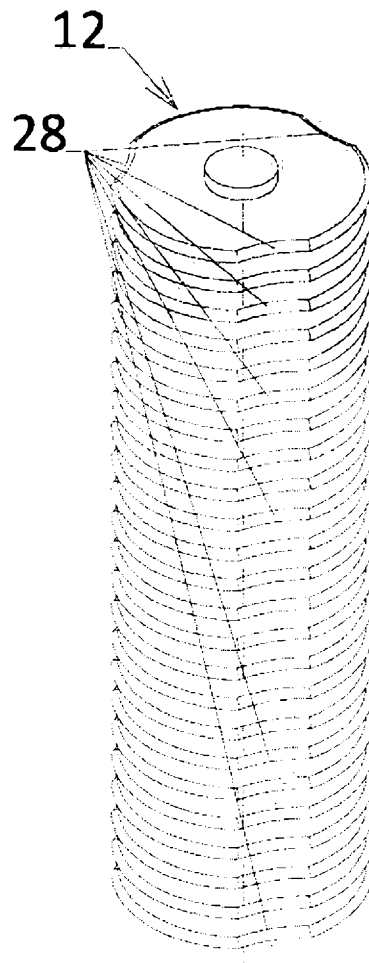


Fig. 13

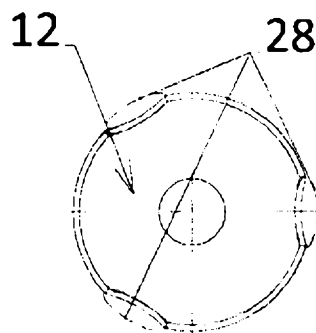


Fig. 14

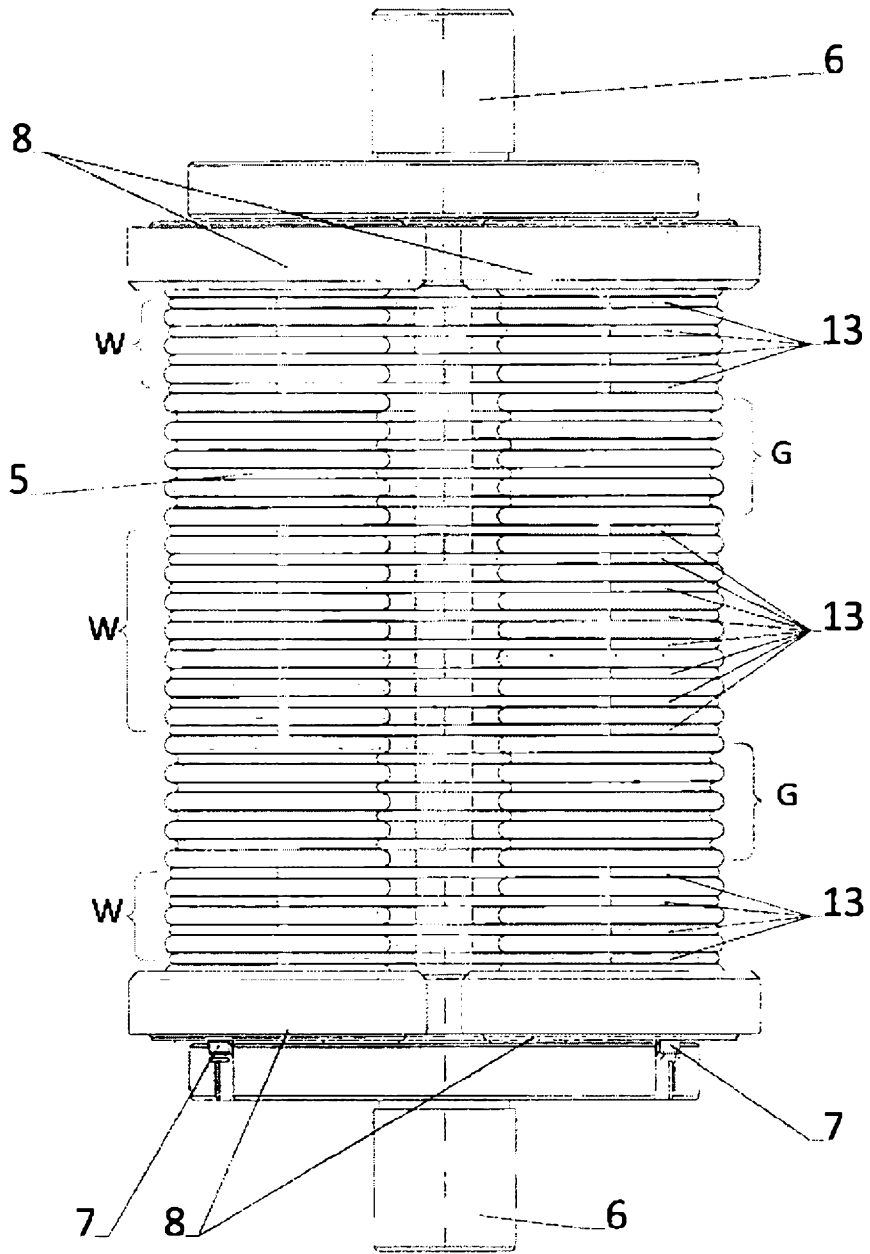


Fig. 15