

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **241390**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **433919**

(22) Data zgłoszenia: **12.05.2020**

(51) Int.Cl.

**F16C 11/06 (2006.01)**

**F16D 3/26 (2006.01)**

**B25J 17/00 (2006.01)**

**B25J 17/02 (2006.01)**

**B25J 18/04 (2006.01)**

**B25J 9/06 (2006.01)**

**B25J 3/00 (2006.01)**

**B25J 18/00 (2006.01)**

(54)

**Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**15.11.2021 BUP 33/21**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**19.09.2022 WUP 38/22**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA KOSZALIŃSKA, Koszalin, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**WOJCIECH KACALAK, Koszalin, PL**

**ZBIGNIEW BUDNIAK, Koszalin, PL**

**MACIEJ MAJEWSKI, Koszalin, PL**

**PL 241390 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sprężysty adaptacyjny przegub kulowy przeznaczony do wykorzystania w przegubach robotów, a w szczególności robotów kroczących, egzoszkieletów oraz robotów humanoidalnych pracujących w warunkach wysokiej stabilności pozostawania w określonej pozycji i zmniejszenia oporów ruchu podczas przemieszczania się.

Znany jest przegub kulowy, na przykład z polskiego patentu nr 211105, który posiada część kulistą, część nieruchomą oraz zespół ochronno-uszczelniający, który stanowi kołpakowa pokrywa z dwustopniowym gniazdem z osadzonymi elementami uszczelniającymi przylegającymi do powierzchni części kulistej przegubu.

Patent europejski nr EP 0481212 przedstawia przegub kulowy posiadający kulisty łeb, sworzeń przegubu i kulowy sworzeń łączący umieszczony w obsadzie złącznej o wnętrzu w kształcie naczynia, w którym może być poruszany w sposób wychylny. Przegub kulowy jest ślizgowo zmontowany w łożysku dołączonym do obsady złącznej.

Kolejny przegub kulowy według patentu nr 198014, cechuje się tym, że składa się z dwóch części, z których druga część ma kulisty otwór połączony zatrzaskowo z pierwszą częścią w kształcie kuli z odchodzącą szyjką mającą półkulistą osłonę umieszczoną ślizgowo na zewnętrznej powierzchni kulistego otworu, przy czym średnica otworu kulistego w świetle jest mniejsza od średnicy kuli, a kula z odchodzącą szyjką jest wykonana z jednego materiału.

Inny przegub według patentu nr US 8714862 posiada sprężynę dyskową w pierścieniowym wgłębieniu w obciążonym osiowo ślizgowym dolnym gnieździe. Sprężyna dyskowa służy do wstępnego obciążenia i ściskania górnego gniazda w dół w kierunku końca kulistego łba. Wstępne obciążenie utrudnia ruch obrotowy osiowy lub rotacyjny sworznia kulistego do momentu przyłożenia minimalnego obciążenia w celu przekroczenia obciążenia wstępnego i spowodowania ruchu.

Przegub według patentu nr US 9291195, ujawnia zespół przegubu kulowego, w którym część kulowa sworznia jest umieszczona wewnątrz tulei łożyskowej w kształcie miseczki, a część trzonowa części kulowej wystaje z otwartego wnętrza przez otwarty koniec obudowy w celu połączenia z innym elementem. Dolne łożysko jest umieszczone w tulei łożyskowej i zawiera przedłużenie, które rozciąga się do otworu tulei łożyskowej trzymającej dolne łożysko w ustalonym położeniu wewnątrz tulei łożyskowej.

Uniwersalny przegub kulowy według patentu nr US 8353776 zawiera pierwszy korpus obrotowy i drugi korpus obrotowy połączone ze sobą obrotowo. Pierwszy korpus obrotowy zawiera eliptyczny łeb i część łączącą. Łeb ma główną oś i mniejszą oś prostopadłą do głównej osi. Drugi korpus obrotowy wyznacza eliptyczne gniazdo kulowe sprzęgnięte obrotowo z łbem pierwszego korpusu obrotowego tak, że łeb może obracać się wokół głównej osi lub mniejszej osi łba.

Znany ze stanu techniki przegub kulowy według patentu nr US 6533491, cechuje się tym, że dolne łożysko wyznacza dolną powierzchnię nośną otaczającą kulisty łeb po stronie otworu obudowy oraz przeciwległe górne ruchome łożysko wyznacza górną powierzchnię nośną, przy czym górne łożysko jest popychane przez sprężynę przy kulistym łbie, tak aby móc poruszać się w kierunku dolnego łożyska, w sytuacji, gdy zużywają się kulisty łeb lub dolne łożysko.

Kolejny przegub kulowy według patentu nr US 7083356 posiada przegub kulowy z układem ograniczania ruchu kąтового pozwalający na swobodny ruch obrotowy sworznia kulistego, ale jednocześnie ogranicza ruch kątowy tego samego sworznia typu kulkowego w pewnym z góry określonym kierunku. Układ ograniczania ruchu według korzystnego przykładu wykonania jest stosowany w drążkach kierowniczych lub łączących, gdzie niepożądany jest ruch obrotowy względem jego osi wzdłużnej.

Patent europejski nr EP 1662158 ujawnia przegub kulowy mający gniazdo z obudową mieszczącą kulowo ukształtowaną część przegubu i umożliwiającą jej ruch ślizgowy. Obsada obudowy jest ukształtowana dla powstrzymania wzajemnego ruchu pomiędzy obsadą i gniazdem. Przegub zawiera element w kształcie ściętego stożka w obsadzie i przystającą część tego stożka w gnieździe. Ponadto obsada i gniazdo mają rowkowane powierzchnie, sprzężone między sobą, dla: zapewnienia zamocowania obudowy z gniazdem; zapobieżenia względnemu ruchowi pomiędzy obudową i gniazdem, a także uszczelnienia pierwszej obwodowej powierzchni stykowej pomiędzy obsadą i gniazdem.

Istnieją również w stanie techniki rozwiązanie przedstawiające sprężynę pneumatyczną z przegubem kulowym według patentu nr EP 1797346. Rozwiązanie to zawiera przegub kulowy, który ma sferoidalny element łożyskujący w panewce łożyska. Panewka łożyska jest nastawialna na sferoidalnym elemencie łożyskującym za pomocą elementu zaciskowego.

Stan techniki ujawnia również przegub kulowy opisany w zgłoszeniu patentowym nr P.419462. Przegub ten składa się z panewki z tworzywa sztucznego i metalowego sworznia kulowego, osadzonych w gnieździe przegubu metalowego korpusu. Do dna panewki poprzez metalową podkładkę przylega sprężysty pierścień dociskowy, ściśnięty poprzez zamykającą gniazdo przegubu zaślepkę, który w wyniku wewnętrznych naprężeń dociskowych układu, cały czas napiera na panewkę, eliminując luzy przegubu.

Znany ze stanu techniki przegub kulowy opisany w patencie nr EP 0075414A1, w którym główka sworznia kulowego jest zamontowana w pierścieniu łożyska w gnieździe. Tuleja łożyska jest otoczona ściśniętą elastomerową tuleją, która otacza pierścień łożyska w obszarze równikowym główki, aby dociskać pierścień do główki, w celu wywierania obciążenia momentem obrotowym. Obciążenie momentem obrotowym można zmienić przez zmianę twardości materiału elastomerowego, z którego wykonana jest tuleja.

Innym znanym rozwiązaniem jest przegub kulowy według patentu nr US 3951557, w którym dzielone łożysko z tworzywa sztucznego jest doprowadzane do zetknięcia z kulą przez działanie sprężyny, która jest utrzymywana w otworze przez płytę pokryw.

Kolejnym znanym rozwiązaniem jest przegub kulowy ujawniony w patencie nr US 6010271, mający tylko jeden otwór, przez który wszystkie elementy są instalowane podczas montażu, i przez który wystaje trzpień. Komponenty te obejmują sprężynę dociskową, polimerowe łożysko dolne, trzpień i górne łożysko metalowe. Obwodowe krawędzie otworu są obracane lub walcowane, aby utrzymać elementy na miejscu i ścisnąć sprężynę dociskową.

Znany jest również w stanie techniki przegub kulowy ze ściskaniem według patentu nr EP 1866552, wykorzystujący dzielone górne łożysko ukształtowane tak, aby zapewnić powierzchnię nośną dla górnej i bocznej części sworznia kulowego, oraz aby umożliwić pełne sprzężenie jednocześnie z obudową i sworzniem kulowym.

W rozwiązaniach znanych ze stanu techniki występował problem regulacji oporów ruchu oraz luzu w połączeniu kulistym zapewniającym obrót w dowolnym kierunku, a także znane rozwiązania nie posiadały możliwości samoczynnej regulacji oporów ruchu w zależności od jego obciążenia. Chcąc wyjść naprzeciw oczekiwaniom, Zgłaszający postawili sobie za cel rozwiązania niedogodności istniejących w znanych rozwiązaniach.

Ponadto istniała potrzeba by stworzyć przegub kulowy, który mógłby być połączony i rozłączony bez demontażu i ponownego montażu w wyniku odkształcenia współpracujących powierzchni, stanowiących określone fragmenty czasz kulistych.

Celem przedmiotowego wynalazku było również rozwiązanie problemu budowy przegubów do wielonożnych robotów kroczących oraz budowy węzłów kinematycznych współpracujących z elementami egzoszkieleatów.

Istotę wynalazku stanowi sprężysty adaptacyjny przegub kulowy zawierający sworznię kulową zakończony powierzchnią kulistą, która osadzona jest w gnieździe, charakteryzujący się tym, że gniazdo utworzone jest przez sprężyste czasze kuliste, które zakończone są płaskimi sprężystymi ramionami przeciwległe umieszczonymi względem siebie. Czasze kuliste posiadają półkoliste wewnętrzne powierzchnie, przylegające ślizgowo do powierzchni kulistych sworznia kulowego. Płaskie sprężyste ramiona, w swojej centralnej części, posiadają wygięcia tworzące sprężyste płaskie części nachylone pod kątem  $\alpha$ . Ponadto płaskie sprężyste ramiona od strony przeciwległej do gniazda w części końcowej schodzą się, przylegając do siebie, i połączone są z popychaczem, a płaskie sprężyste ramiona od strony gniazda są przytwierdzone do obudowy popychacza.

Korzystnie, gdy popychacz jest osadzony suwliwie w cylindrycznej tulei, z gwintem zewnętrznym, wkręconej w gwintowaną końcową część obudowy popychacza, przeciwległą względem gniazda, oraz posiada sprężynę naciskową, osadzoną w tulei, podpartą z jednej strony powierzchnią oporową tulei, a z drugiej strony sprężyna naciskowa opiera się o powierzchnię podkładki oporowej.

Korzystnie, gdy płaskie sprężyste ramiona przy półkolistych wewnętrznych powierzchniach mają szerokość  $b$ , a sprężyste czasze kuliste mają wysokość  $H$  mniejszą od średnicy  $d$  powierzchni kulistej sworznia kulowego, przy czym korzystnie wartość  $H/d = 0,6 \div 0,9$ ,  $b/d = 0,5 \div 0,6$ , a wartość kąta  $\alpha$  zawiera się w przedziale  $15 \div 25^\circ$ . W rozwiązaniu według wynalazku sprężyste czasze kuliste mają kształt prostokątnego fragmentu kuli lub nieforemnego fragmentu kuli.

Korzystnie, gdy sprężyna naciskowa ma tak dobrą sztywność, aby w wyniku nacisku na popychacz i w wyniku odkształceń płaskich ścianek ramienia sprężystego nastąpiło zwiększenie luzu w przegubie kulistym, zapewniające mały opór ruchu oraz blokowanie przegubu, gdy popychacz nie jest obciążony siłą osiową  $F$  jego podparcia.

Korzystnie, gdy sworzeń kulowy zakończony powierzchnią kulistą względem sprężystej czaszy kulistej posiada zakres ruchu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej obudowy popychacza w zakresie od  $245^\circ$  do  $360^\circ$ , a w płaszczyźnie pokrywającej się z osią wzdłużną obudowy popychacza w zakresie od  $125^\circ$  do  $360^\circ$ . W innym wariantcie rozwiązania sworzeń kulowy zakończony powierzchnią kulistą względem sprężystej czaszy kulistej posiada zakres ruchu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej obudowy popychacza w zakresie od  $60^\circ$  do  $360^\circ$ , a w płaszczyźnie pokrywającej się z osią wzdłużną obudowy popychacza w zakresie od  $105^\circ$  do  $360^\circ$ . W jeszcze innym wariantcie rozwiązania sworzeń kulowy zakończony powierzchnią kulistą względem sprężystej czaszy kulistej posiada zakres ruchu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej obudowy popychacza w zakresie od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ , a w płaszczyźnie pokrywającej się z osią wzdłużną obudowy popychacza w zakresie od  $55^\circ$  do  $360^\circ$ .

Korzystnie, gdy sprężyste ramiona oraz obudowa popychacza są wykonane z materiałów o dużej wytrzymałości mechanicznej, cechujące się wysokim modułem sprężystości wzdłużnej  $E$  i odpornością na korozję oraz zużycie ścierne.

Korzystnie, gdy sprężyste płaskie części płaskich sprężystych ramion są nachylone pod kątem  $\alpha$ , utworzonym pomiędzy płaszczyzną prostopadłą do osi popychacza a płaską pochyłą ścianką ramienia sprężystego.

Wynalazek rozwiązuje problem regulacji oporów ruchu oraz luzu w połączeniu kulistym zapewniającym obrót w dowolnym kierunku, a także możliwość samoczynnej regulacji oporów ruchu w zależności od jego obciążenia. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy według wynalazku może być połączony i rozłączony bez demontażu i ponownego montażu w wyniku odkształcenia współpracujących powierzchni, stanowiących określone fragmenty czaszy kulistych ograniczone przez dobór wysokości  $H$ .

Przegub podczas jego eksploatacji, pod wpływem zmiennego obciążenia siłą pionową  $F$  działającą na popychacz, samoczynnie zmienia swoje opory ruchu. Polega to na tym, że obciążenie siłą  $F$  końcówki dolnej popychacza powoduje odkształcenie płaskich ścian ramienia sprężystego. W wyniku czego następuje odchylenie sprężystych ramion obudowy popychacza i nieznaczne odchylenie sprężystych ramion o półkulistej powierzchni. Powoduje to zmniejszenie oporów ruchu w przegubie. W stanie bez obciążenia siłą  $F$  ramiona sprężyste przylegają do kulistej powierzchni sworznia kulowego, zwiększając opory ruchu i korzystnie stabilizuje położenie elementów ruchomych przegubu.

Sprężyste ramiona oraz obudowa popychacza są wykonane z materiałów charakteryzujących się dużą wytrzymałością mechaniczną, wysokim modułem sprężystości wzdłużnej  $E$  i odpornością na korozję i zużycie ścierne, np. 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, sprężyste ramiona oraz obudowa popychacza mogą być wykonane ze stopów tytanu, np. Ti6Al4V-PE-UHMW, lub mogą zostać wykonane ze spiekanych proszków metali na przykład tytanu lub magnezu jak również metodą wytwarzania przyrostowego. Pozostałe elementy przegubu 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.

Wynalazek dotyczy przegubów do wielonożnych robotów kroczących oraz budowy węzłów kinematycznych współpracujących z elementami egzoszkieleatów. Wynalazek rozwiązuje problem budowy i eksploatacji adaptacyjnych przegubów kulowych do zastosowania w mikromechanizmach. Dzięki nowo opracowanemu rozwiązaniu wynalazek może mieć zastosowanie również w budowie robotów przemysłowych.

Przedmiotowe rozwiązanie znajduje zastosowanie w układach technicznych, gdzie wymagana jest wysoka stabilność ruchu zwłaszcza w robotyce, w robotach wielonożnych, w robotach humanoidalnych, w urządzeniach pomiarowych, w manipulatorach i robotach przemysłowych.

Przedmiot wynalazku pokazano w przykładach wykonania na rysunkach, na których przedstawiono:

- fig. 1 – sprężysty adaptacyjny przegub kulowy w widoku z przodu w pierwszej postaci wykonania;
- fig. 2 – widok z boku na sprężysty adaptacyjny przegub kulowy w półwidoku i półprzekroju w pierwszej postaci wykonania;
- fig. 3 – szczegół A z fig. 2, przedstawiający połączenie płaskich sprężystych ramion z obudową popychacza i popychaczem;
- fig. 4 – szczegół B z fig. 2, w którym pokazano sprężynę naciskową osadzoną na powierzchni cylindrycznej popychacza podpartą o wewnętrzną powierzchnię oporową tulei, a z drugiej strony o powierzchnię podkładki oporowej;
- fig. 5 – sprężysty adaptacyjny przegub kulowy w widoku izometrycznym w pierwszej postaci wykonania;

- fig. 6, 7 i 8 – sprężyste ramię pierwszej postaci wykonania odpowiednio w widoku z przodu, z boku oraz w widoku izometrycznym;
- fig. 9, 10 i 11 – obudowa popychacza w widoku z przodu, z boku oraz w widoku 3D;
- fig. 12 – sprężysty adaptacyjny przegub kulowy w widoku z przodu w drugiej postaci wykonania;
- fig. 13 – sprężysty adaptacyjny przegub kulowy w widoku izometrycznym w drugiej postaci wykonania;
- fig. 14, 15 i 16 – sprężyste ramię drugiej postaci wykonania odpowiednio w widoku z przodu, z boku oraz w widoku izometrycznym;
- fig. 17 – sprężysty adaptacyjny przegub kulowy w widoku z boku w półwidoku i półprzekroju w trzeciej postaci wykonania;
- fig. 18 – sprężysty adaptacyjny przegub kulowy w widoku izometrycznym w trzeciej postaci wykonania.

W pierwszej postaci wykonania przedstawionej na fig. 1, 2, 3 i 4 sprężysty adaptacyjny przegub kulowy posiada sworznię kulową 1, który w górnej części ma kształt łukowy. U nasady trzpienia jest umieszczona kula 2 o średnicy  $d$ . Druga część przegubu ma na jednym końcu dwa sprężyste ramiona 3 umieszczone symetrycznie względem siebie, które w górnej części posiadają powierzchnię ślizgową w postaci fragmentu czaszy kulistej 5, przylegającej do powierzchni kuli 2 sworzni kulowego 1. Przy czym średnica powierzchni kulistej  $d_k$  utworzonej przez powierzchnię fragmentu czaszy kulistej 5 jest nieznacznie mniejsza od średnicy kuli  $d$ , różnica dochodzi do 0.5%. W przypadku, gdy druga część przegubu jest nasadzana na kulę i w kierunku osiowym zostanie wywarta siła montażowa, to wtedy elastyczne sprężyste ramiona 3 są rozpierane od tego stopnia, że rozszerza się otwór utworzony przez krawędzie sprężystych ramion tak dalece, że przechodzi on przez równik kuli. Powierzchnie kuliste zakończenia sprężystego ramienia 5 obejmują wtedy zatraskowo część powierzchni kuli.

Sprężyste ramiona 3 w ich dolnej części mają sprężyste płaskie ścianki 10 pochylone pod niewielkim kątem  $\alpha$  względem płaszczyzny prostopadłej do osi obudowy popychacza 6. Kąt ten utworzony jest pomiędzy płaszczyzną prostopadłą do osi popychacza 6 a płaską pochyloną ścianką 10 sprężystego ramienia 3. Przy czym sprężyste ramiona 3 w ich górnej części są przytwierdzone śrubami do obudowy 4, natomiast w ich dolnej części do popychacza 6, który jest osadzony suwliwie w otworze cylindrycznym tulejki 8 z gwintem zewnętrznym i jest wkręcony w gwintowany otwór dolnej części obudowy popychacza 4.

W otworze cylindrycznym tulejki 8 jest wstawiona sprężyna naciskowa 7 podparta z jednej strony o wewnętrzną powierzchnię czołową tulejki 8, a z drugiej strony opiera się o powierzchnię podkładki oporowej 11 osadzonej na stałe na dolnej powierzchni cylindrycznej popychacza 6. W wyniku wkręcenia tulejki 8 w gwintowany otwór wewnętrzny obudowy popychacza 6, następuje rozwarcie sprężystych ramion 3, przy zmniejszającym się kącie  $\alpha$  płaskich ścianek 10 ramienia sprężystego 3. Powoduje to zmniejszenie zacisku pomiędzy współpracującymi powierzchniami kuli 2 i zakończeń czasz kulistych 5 sprężystych ramion 3. Ponadto sprężyste ramiona 3 tworzą widełki, które w górnej części mają szerokość  $b$  i wysokość  $H$  mniejszą od średnicy  $d$  powierzchni kulistej przegubu. Takie rozwiązanie konstrukcji przegubu zapewnia, że podczas jego eksploatacji, pod wpływem zmiennego obciążenia siłą pionową  $F$  działającą na popychacz, samoczynnie zmienia swoje opory ruchu.

Przy czym korzystnie wartość  $H/d = 0.6 \div 0.9$ ,  $b/d = 0.5 \div 0.6$ , a wartość kąta  $\alpha$  pochylenia płaskich ścianek ramienia sprężystego zawiera się w przedziale  $15 \div 25^\circ$ . W pierwszym przykładzie wykonania szerokość  $b = 40$  mm, wysokość  $H = 69$  mm, średnica kuli  $d = 80$  mm, a wartość kąta  $\alpha = 15^\circ$ . Stąd wartości proporcji wynoszą:  $H/d = 0.86$ ,  $b/d = 0.5$ .

W pierwszej postaci wykonania sprężyste ramiona 3 oraz obudowa 4 popychacza 6 wykonane są ze stopu tytanu Ti6Al4V-PE-UHMW, a pozostałe elementy ze stopów aluminium np. AlSi5Cu2.

W pierwszej odmianie wykonania, czasie kuliste 5 w widoku z boku mają kształt prostokątów. Wychylone pozycje przegubu są ograniczone przez powierzchnię trzpienia kulowego 1. W płaszczyźnie prostopadłej do osi obudowy 4 popychacza 6 przegub kulowy może się obracać w zakresie od  $245^\circ$  do  $360^\circ$ . Natomiast w płaszczyźnie pokrywającej się z osią obudowy 4 obrót w zakresie kąta wychylenia jest ograniczony i dla pokazanego przykładu na fig. 1, 2, 3 i 4 zawiera się w przedziale od  $125^\circ$  do  $360^\circ$ .

W innej odmianie wykonania, pokazanej na fig. 12, 13, 14, 15 i 16, postać wykonania różni się od pierwszej odmiany wykonania kształtem czasz kulistych 5 sprężystych ramion 3. W tej postaci czasze kuliste 5 mają złożony kształt w postaci nieforemnego fragmentu kuli. W tej odmianie czasza kulista 5, o wewnętrznej powierzchni kulistej 9, ma z jednej strony bocznej zaokrąglony występ 13 oraz z drugiej strony wycięcie 14. Takie ukształtowanie czasz kulistych 5 zwiększa powierzchnię przylegania kuli 2 z wewnętrzną powierzchnią kulistą 9 czasz kulistych 5 ramion sprężystych 3. Docisk sprężyny 7 oraz jej napięcie wstępne jest regulowane poprzez wkręcenie tulei 8 w gwintowany otwór obudowy 4

popychacza 6. W wyniku wkręcenia tulei 8 następuje odkształcenie sprężyste płaskich ścianek 10 sprężystych ramion 3. Powoduje to zwiększenie luzu w przegubie, co skutkuje zmniejszeniem oporów ruchu, a jednocześnie powoduje blokowanie przegubu, gdy popychacz nie jest obciążony siłą osiową  $F$  jego podparcia.

Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest zwiększenie powierzchni przylegania współpracujących powierzchni kulistych połówek czasz kulistych 5 oraz powierzchni kuli 2. W celu uzyskania sprężystych czasz w tej postaci wykonania sprężyste ramiona 3 oraz obudowa 4 popychacza 6 wykonane są z stopu tytanu Ti6Al4V-PE-UHMW, a pozostałe elementy ze stopów aluminium np. AlSi5Cu2.

Przeguby zawierające po dwie pary współpracujących czasz kulistych 5 o zwiększonej powierzchni przylegania, zwiększają stabilność kinematyczną i zakres możliwej regulacji warunków współpracy. Jednakże zwiększenie powierzchni czaszy 5 sprężystych ramion 3 ogranicza kąt wychylenia przegubu. W płaszczyźnie prostopadłej do osi obudowy popychacza 4 przegub może się obracać w zakresie od  $60^\circ$  do  $360^\circ$ . Natomiast w płaszczyźnie pokrywającej się z osią obudowy 4 kąt wychylenia przegubu jest ograniczony i dla pokazanego przykładu na fig. 12, 13, 14, 15 i 16 zawiera się w przedziale od  $105^\circ$  do  $360^\circ$ .

W kolejnej postaci wykonania, pokazanej na fig. 17 i 18, sworzeń kulowy posiada rdzeń w postaci cylindrycznego wałka. W celu uzyskania sprężystych czasz w tej postaci wykonania sprężyste ramiona 3 oraz obudowa 4 popychacza 6 wykonane są ze stopu tytanu Ti6Al4V-PE-UHMW, a pozostałe elementy ze stopów aluminium, np. AlSi5Cu2.

Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest zwiększenie kąta wychylenia przegubu. Dla pokazanego przykładu na fig. 17 i 18, w płaszczyźnie prostopadłej do osi obudowy popychacza 4 przegub może się obracać w zakresie od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ . Natomiast w płaszczyźnie pokrywającej się z osią obudowy 4 obrót jest ograniczony i zawiera się w przedziale od  $55^\circ$  do  $360^\circ$ .

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy zawierający sworzeń kulowy 1 zakończony powierzchnią 2 kulistą, która osadzona jest w gnieździe, **znamienny tym**, że gniazdo utworzone jest przez sprężyste czasze 5 kuliste, które zakończone są płaskimi sprężystymi ramionami 3 przeciwległe umieszczonymi względem siebie, przy czym czasze 5 kuliste posiadają półkoliste wewnętrzne powierzchnie 9, przylegające ślizgowo do powierzchni 2 kulistych sworznia kulowego 1, przy czym płaskie sprężyste ramiona 3 w swojej centralnej części posiadają wygięcia tworzące sprężyste płaskie części 10 nachylone pod kątem  $\alpha$ , przy czym płaskie sprężyste ramiona 3 od strony przeciwległej do gniazda w części końcowej schodzą się przylegając do siebie i połączone są z popychaczem 6, a płaskie sprężyste ramiona 3 od strony gniazda są przytwierdzone do obudowy 4 popychacza, zaś popychacz 6 jest osadzony suwliwie w cylindrycznej tulei 8, z gwintem zewnętrznym, wkręconej w gwintowaną końcową część obudowy 4 popychacza 6, przeciwległą względem gniazda, oraz posiada sprężynę 7 naciskową, osadzoną w tulei 8, podpartą z jednej strony powierzchnią oporową tulei 8, a z drugiej strony sprężyna 7 naciskowa opiera się o powierzchnię podkładki oporowej 11.
2. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że płaskie sprężyste ramiona 3 przy półkolistych wewnętrznych powierzchniach 9 mają szerokość  $b$ , zaś sprężyste czasze 5 kuliste mają wysokość  $H$  mniejszą od średnicy  $d$  powierzchni 2 kulistej sworznia kulowego 1, przy czym korzystnie wartość  $H/d = 0,6 \div 0,9$ ,  $b/d = 0,5 \div 0,6$ , a wartość kąta  $\alpha$  zawiera się w przedziale  $15 \div 25^\circ$ .
3. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że sprężyste czasze 5 kuliste mają kształt prostokątnego fragmentu kuli lub nieforemnego fragmentu kuli.
4. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy według zastrzeżenia 2, **znamienny tym**, że sprężyna 7 naciskowa ma tak dobraną sztywność, aby w wyniku nacisku na popychacz 6 i odkształceń płaskich ścianek 10 ramienia sprężystego 3 nastąpiło zwiększenie luzu w przegubie kulistym zapewniające mały opór ruchu oraz blokowanie przegubu, gdy popychacz 6 nie jest obciążony siłą osiową  $F$  jego podparcia.
5. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że sworzeń kulowy 1 zakończony powierzchnią 2 kulistą względem sprężystej czaszy 5 kulistej posiada

- zakres ruchu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej obudowy 4 popychacza 6 w zakresie od  $245^\circ$  do  $360^\circ$ , a w płaszczyźnie pokrywającej się z osią wzdłużną obudowy 4 popychacza 6 w zakresie od:  $125^\circ$  do  $360^\circ$ .
6. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że sworzeń kulowy 1 zakończony powierzchnią 2 kulistą względem sprężystej czaszy 5 kulistej posiada zakres ruchu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej obudowy 4 popychacza 6 w zakresie od  $60^\circ$  do  $360^\circ$ , a w płaszczyźnie pokrywającej się z osią wzdłużną obudowy 4 popychacza 6 w zakresie od  $105^\circ$  do  $380^\circ$ .
  7. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że sworzeń kulowy 1 zakończony powierzchnią 2 kulistą względem sprężystej czaszy 5 kulistej posiada zakres ruchu w płaszczyźnie prostopadłej do osi wzdłużnej obudowy 4 popychacza 6 w zakresie od  $0^\circ$  do  $360^\circ$ , a w płaszczyźnie pokrywającej się z osią wzdłużną obudowy 4 popychacza 6 w zakresie od  $55^\circ$  do  $360^\circ$ .
  8. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że sprężyste ramiona 3 oraz obudowa 4 popychacza 6 są wykonane z materiałów o dużej wytrzymałości mechanicznej, o wysokim module sprężystości wzdłużnej  $E$  i odpornych na korozję i zużycie ścierne.
  9. Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że sprężyste płaskie części 10 są nachylone pod kątem  $\alpha$ , utworzonym pomiędzy płaszczyzną prostopadłą do osi popychacza 6 a płaską pochyloną ścianką 10 ramienia sprężystego 3.

## Rysunki

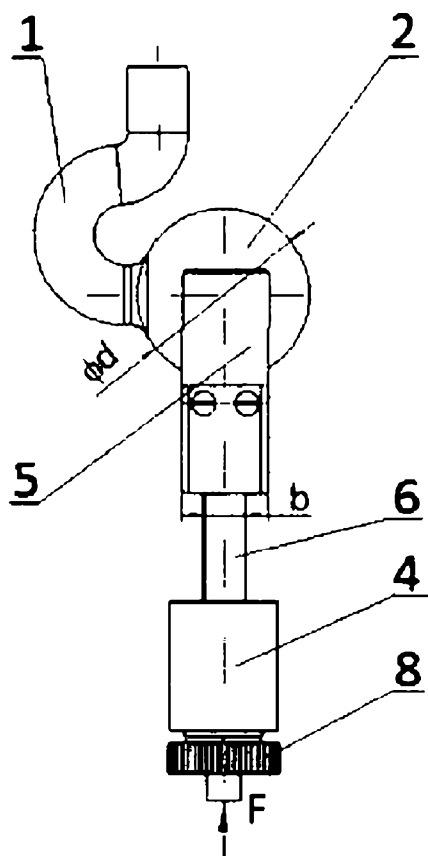


Fig. 1

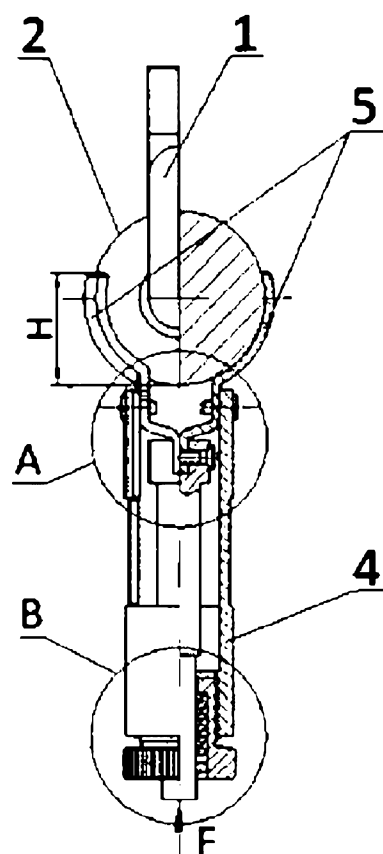


Fig. 2

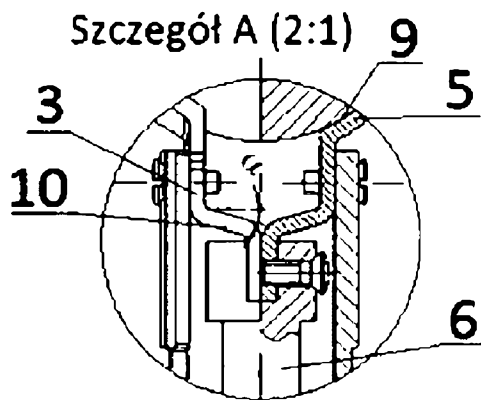


Fig. 3

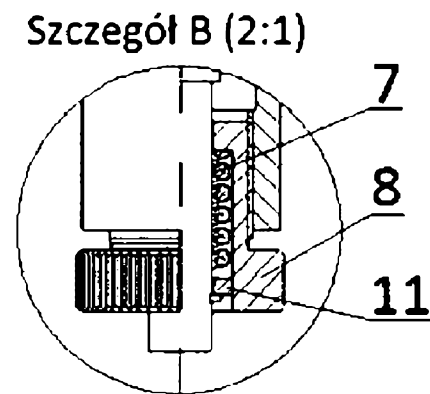


Fig. 4

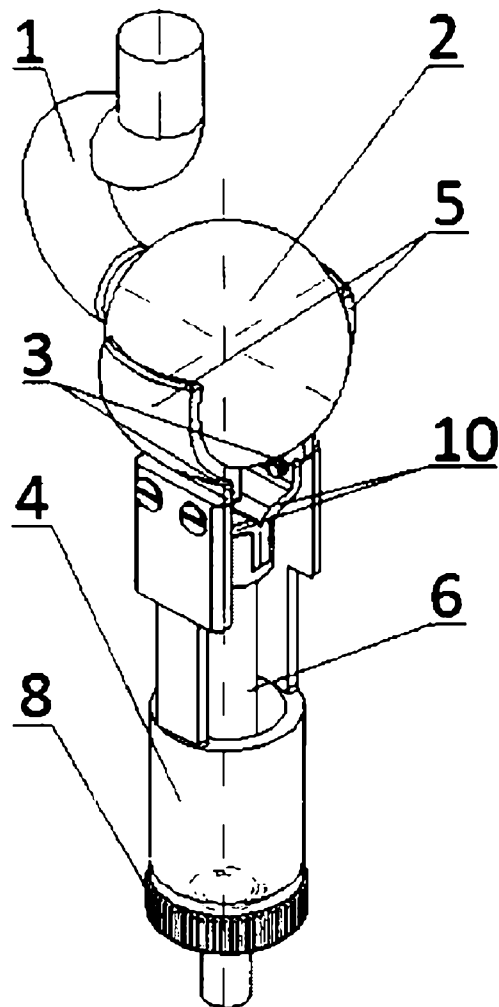


Fig. 5

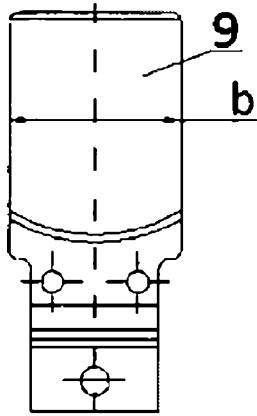


Fig. 6

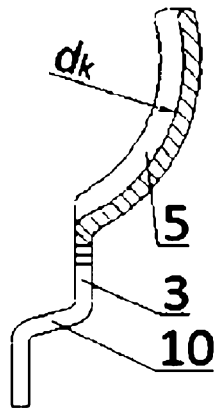


Fig. 7

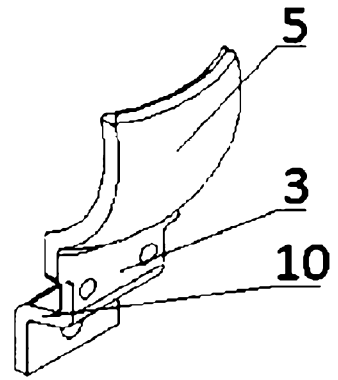


Fig. 8

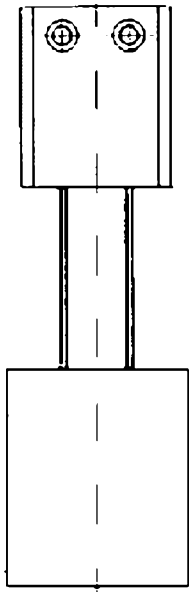


Fig. 9

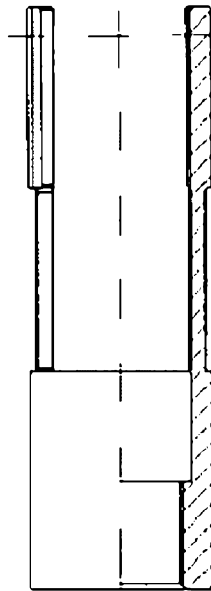


Fig. 10

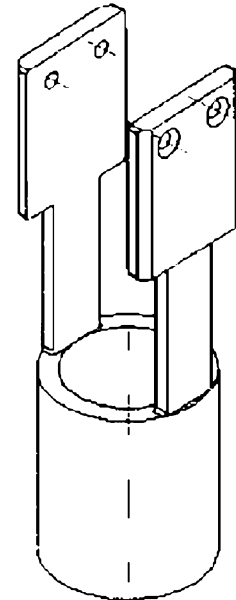


Fig. 11

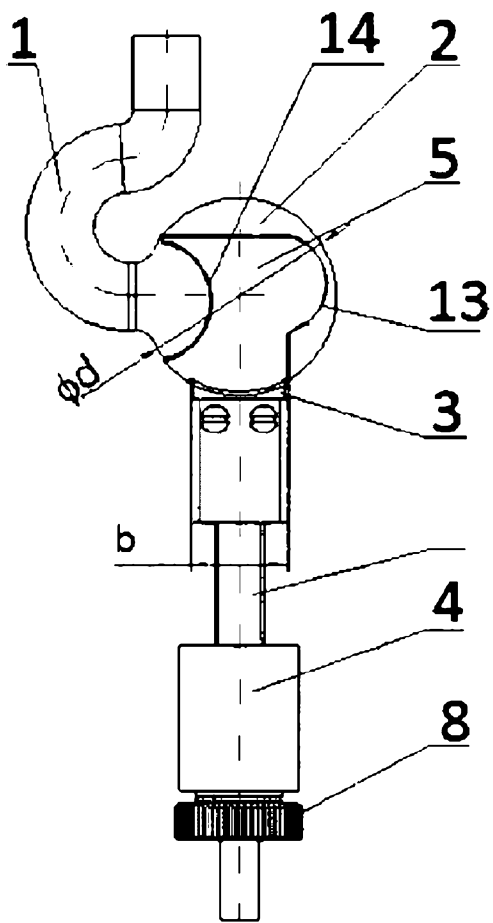


Fig. 12

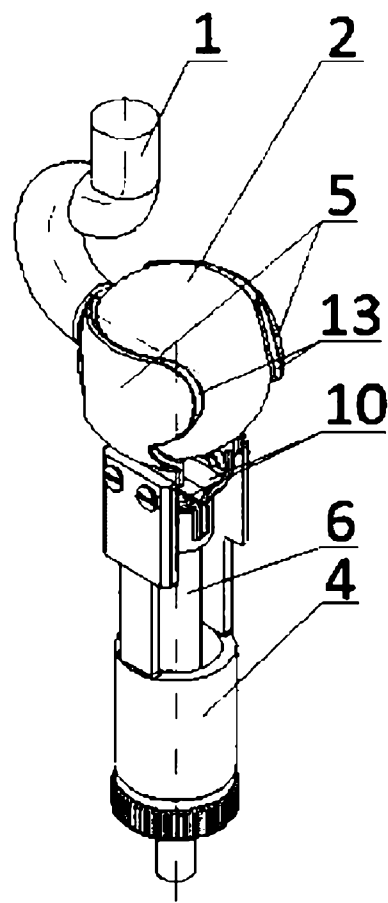


Fig. 13

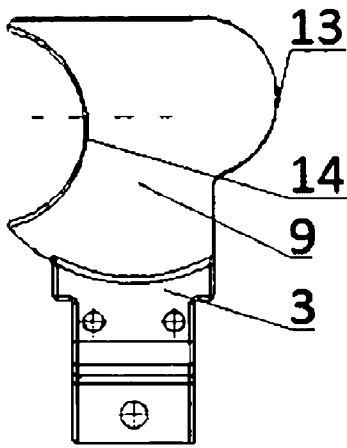


Fig. 14

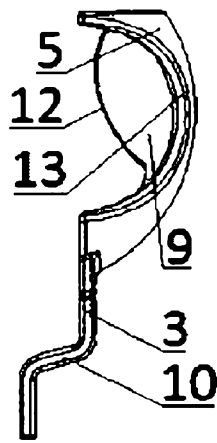


Fig. 15

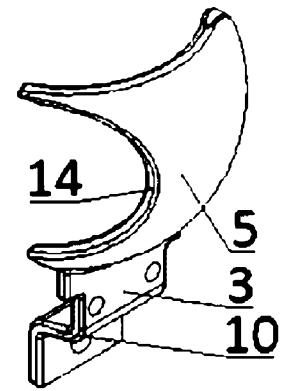


Fig. 16

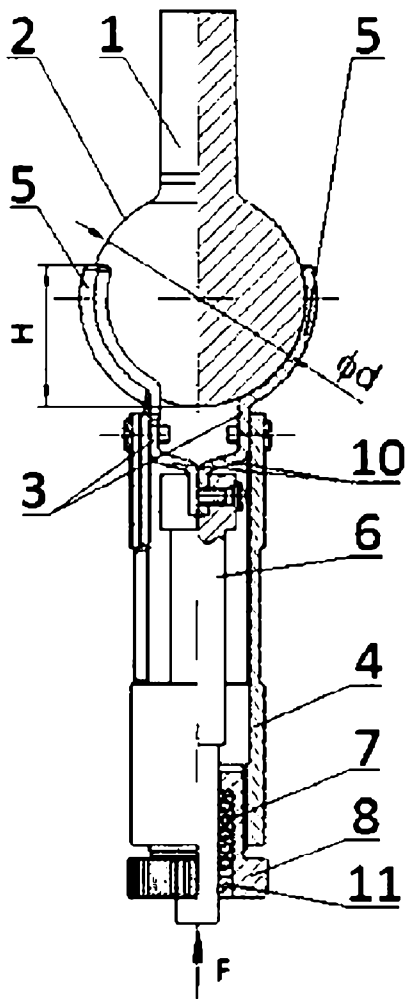


Fig. 17

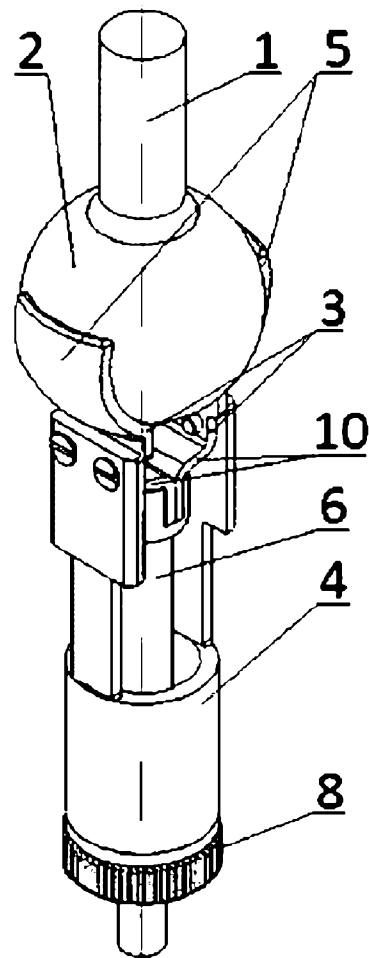


Fig. 18