

29827/PAT/20

Przegub kulowy

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

Ze stanu techniki 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 wychylony. 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 łożysku. Sprężyna dyskowa służy do wstępnego obciążenia i ściskania górnego łożyska 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 skonfigurowana 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 rozwiązania 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 rozwiązanie niedogodności istniejących w znanych rozwiązaniach. Ponadto istniała potrzeba stworzenia przegubu kulowego, który mógłby być połączony i rozłączony bez demontażu i ponownego montażu w wyniku odkształcenia współpracujących powierzchni, stanowiących określone fragmenty czasz kulistych. Problemem do rozwiązania postawionym przez Zgłaszającego było również przewyższenie wad stanu techniki odnośnie regulowanego docisku sprężystych czasz kulistych.

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

Sprężysty adaptacyjny przegub kulowy z dwoma parami współpracujących powierzchni kulistych składa się z dwóch zespołów: górnego i dolnego.

Istota wynalazku polega na tym, że trzpień zespołu dolnego ma u swojej nasady panew, w kształcie czaszy kulistej z wewnętrzną powierzchnią kulistą, przy czym górna krawędź panwi usytuowana jest na wysokości h_1 ponad poziom środka S obrotu przegubu. Na trzpieniu osadzona jest wewnętrzna tuleja zakończona czaszą z górną zewnętrzną kulistą powierzchnią przechodząca w środkową zewnętrzną powierzchnię stożkową. Górna krawędź czaszy wewnętrznej tulei usytuowana jest na wysokości h_2 ponad poziom środka S obrotu przegubu. Ponadto czasza wewnętrznej tulei utworzona jest z dwóch niestykających się ze sobą połówek i rozdzielonych wzdłuż osi przegubu odstępem. Czasza wewnętrznej tulei jest dociśnięta do trzpienia poprzez wewnętrzną nakrętkę, a wewnętrzna tuleja posiada w dolnej części wycięcie równoległe do odstępów, tworzące dwa ramiona, przy czym zewnętrzne krawędzie tych ramion są połączone od dołu pierścieniem, na którym osadzona jest zewnętrzna tuleja zakończona od góry wewnętrzną powierzchnią stożkową, która jest dociśnięta do zewnętrznej powierzchni stożkowej na czaszy kulistej wewnętrznej tulei w wyniku obciążenia osiowego zewnętrznego lub nastawy wstępnej. Na sworzniu kulowym zespołu górnego zakończonym kulą zamocowano cylindryczną obudowę zakończoną kulistą czaszą sworznia kulowego o wewnętrznej powierzchni kulistej, a dolna krawędź kulistej czaszy usytuowana jest na wysokości h poniżej środka obrotu przegubu S . Kulista czasza jest oparta o kołnierz sworznia kulowego i jest dociśnięta górnymi nakrętkami.

Korzystne jest, gdy górna krawędź czaszy kulistej o promieniu R wewnętrznej tulei usytuowana jest na wysokości h_2 ponad poziom środka S obrotu przegubu, przy czym wartość $h_2/R = 0.2-0.4$, a górna krawędź panwi trzpienia dolnego usytuowana jest na wysokości h_1 ponad poziom środka S obrotu przegubu, przy czym wartość $h_1/R=0.1-0.25$.

Korzystne jest, gdy wewnętrzna powierzchnia kulista kulistej czaszy sworznia kulowego ma promień r , który jest równy promieniowi R zewnętrznej powierzchni kulistej wewnętrznej tulei.

Korzystne jest, gdy wewnętrzna powierzchnia stożkowa zewnętrznej tulei jest dociśnięta do zewnętrznej powierzchni stożkowej na czaszy kulistej wewnętrznej tulei przez zewnętrzne obciążenie osiowe oraz przez nastawę napięcia wstępnego sprężyny naciskowej.

Korzystne jest, gdy w płaszczyźnie prostopadłej do osi tulei przegub obraca się w zakresie od 0° do 360° , a w płaszczyźnie pokrywającej się z osią cylindrycznej obudowy kąt wychylenia jest ograniczony i zawiera się w przedziale $\pm 29^\circ$.

Rozwiązanie opracowane przez Zgłaszającego dzięki swojej konstrukcji tworzy sprężysty adaptacyjny przegub kulowy.

Zgodnie z wynalazkiem przegub kulowy z dwoma parami współpracujących powierzchni kulistych posiada tuleję zakończoną powierzchnią stożkową, której przemieszczenie osiowe, pod wpływem pionowego obciążenia przegubu siłą F oraz siłą wstępnego napięcia sprężyny,

umożliwia samoczynną regulację oporów ruchu oraz luzu w połączeniu kulistym, zapewniając obrót przegubu w dowolnym kierunku. Obciążenie przegubu ułatwia ruch rotacyjny sworznia kulowego do momentu jego zmniejszenia do minimalnego obciążenia w celu unieruchomienia przegubu.

Zaletą wynalazku jest jego adaptacyjność do zmieniających się warunków pracy przegubu kulistego wynikających z jego zmiennego obciążenia zewnętrznego. Przegub kulowy posiada także możliwość regulacji oporów ruchu oraz luzu w połączeniu kulistym zapewniającym obrót w dowolnym kierunku.

Dodatkowymi zaletami tego przegubu jest możliwość jego połączenia i rozłączenia bez demontażu i ponownego montażu w wyniku sprężystego odkształcenia współpracujących powierzchni, stanowiących określone fragmenty czasz kulistych.

Przegub zawiera po dwie pary współpracujących czasz kulistych, co zwiększa stabilność kinematyczną i zakres możliwej regulacji warunków współpracy.

Rozwiązanie zgodne w wynalazkiem dzięki swojej konstrukcji umożliwia samoczynną zależną od obciążenia osiowego zmianę oporów ruchu.

W otworze tulei zewnętrznej umieszczona jest sprężyna naciskowa oparta z jednej strony o powierzchnię czołową pierścienia oporowego osadzonego w cylindrycznym otworze tulei na końcu której znajduje się wewnętrzna powierzchnia stożkowa. Z drugiej strony sprężyna naciskowa jest dociskana okrągłą nakrętką wkręconą na zewnętrzny gwint trzpienia. W wyniku wkręcenia nakrętki okrągłej następuje wstępne ściśnięcie czaszy tulei, co powoduje zwiększenie powierzchni przylegania i siły zacisku pomiędzy współpracującymi powierzchniami. Tuleja zewnętrzna zakończona stożkiem, w wyniku obciążenia siłą osiową F skierowaną do góry, wynikającą z warunków pracy przegubu, dociska poprzez wewnętrzną powierzchnię stożkową powierzchnię stożkową tulei i powoduje zwiększenie luzu między współpracującymi powierzchniami kulistymi przegubu. Powoduje to zmniejszenie oporów ruchu przegubu, a po ustaniu działania siły F możliwe jest zmniejszenie luzu lub blokada przegubu zależna od wstępnego napięcia sprężyny naciskowej.

Dobór materiałów oraz wymiarów geometrycznych elementów przegubu jest uzależniony od obciążeń i warunków eksploatacji.

Elementy przegubu kulowego według wynalazku, jak trzpień oraz tuleja z zewnętrzną czaszą kulistą mogą być wykonane ze stali sprężynowych cechujących się bardzo dobrymi właściwościami sprężystymi, tj. wysoką granicę sprężystości, dużą wartością stosunku granicy sprężystości do granicy plastyczności, dużą wytrzymałością na rozciąganie. Dodatkowo w zastosowaniach do robotów przemysłowych pożądana jest dobra wytrzymałość na zmęczenie oraz duża odporność na korozję i zużycie ścierne. Przykładowo sworznień oraz trzpień kulowy mogą być wykonane ze stali krzemowej 50S2, stali

manganowej 65G, stali chromowo-krzemowej 50HS, ze stopu chromowo-wanadowego 51 CrV4 (1.8159), X 10CrNi88 (1.4310); X22 CrMoV 121 (1.4923), ze stopów tytanu, np. Ti6Al4V-PE-UHMW. Elementy te mogą być również wykonane poprzez spiekanie proszków metali na przykład tytanu lub magnezu jak również metodą wytwarzania przyrostowego.

Dla zastosowań w egzoszkieleciech, robotach humanoidalnych oraz mikrorobotach trzpień i tuleja mogą być również wykonane z tworzyw sztucznych o podwyższonej wytrzymałości.

Pozostałe elementy przegubu mogą być one 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 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 - przegub kulowy w półwidoku i półprzekroju w rzucie z przodu,

fig. 2 - pokazuje przegub kulowy w półwidoku i półprzekroju w rzucie z boku,

fig. 3 - przegub kulowy w widoku izometrycznym z wycięciem ćwiartkowym,

fig. 4 - sworzeń kulowy pokazano w półwidoku i półprzekroju,

fig. 5 - sworzeń kulowy w widoku perspektywicznym,

fig. 6 - trzpień w półwidoku i półprzekroju,

fig. 7 - półwidok i półprzekrój tulei stożkowej;

fig. 8, 9 i 10 - tuleja stożkowa z czaszą kulistą odpowiednio w widoku z przodu, boku i perspektywicznym;

fig. 11 - obudowa kulista przegubu w półwidoku i półprzekroju,

fig. 12 - widok przegubu w pozycji wychylonego zespołu górnego.

W przedstawionym na fig. 1, 2 i 3 przykładzie wykonania przegub kulowy z samoczynną zależną od obciążenia osiowego zmianą ruchliwości, składa się z dwóch zespołów górnego i dolnego. Zespół dolny zawiera trzpień 2 (fig. 6), który ma u swojej nasady panew 23 w kształcie czaszy kulistej z wewnętrzną powierzchnią kulistą 11 ograniczoną do wysokości h_1 ponad poziom środka S obrotu przegubu. Przy czym na trzpień 2 osadzona jest tuleja 3 (fig. 8, 9 i 10) z czaszą 12 o zewnętrznej powierzchni kulistej 24 ograniczonej wysokością h_2 ponad poziom środka obrotu przegubu. Tuleja 3 ma przecięcie osiowe 13 i jest dociśnięta do trzpienia 2 za pomocą nakrętki okrągłej 8. W dolnej części tuleja 3 posiada wycięcie osiowe

14 tworzące dwa sprężyste ramiona 15, które w dolnej części mają płaskie ścianki o małej grubości podatne na odkształcenia pod wpływem obciążenia przegubu. Krawędzie zewnętrzne 16 tych ramion 15 są fragmentem powierzchni walca 17, na którym osadzona jest tuleja stożkowa 4 (fig. 7) zakończona od góry wewnętrzną powierzchnią stożkową 18. Tuleja jest dociśnięta do zewnętrznej powierzchni stożkowej 19 na czaszy kulistej 12.

Zespół górny przegubu zawiera sworznię kulowy 1 (fig. 4 i 5) zakończony kulą 20, na którym zamocowano cylindryczną obudowę 5 (fig. 11) zakończoną kulistą czaszą 22 sworznia kulowego 1 opartą o kołnierz 21, dociśniętą nakrętkami 10. Kulista czasza wysokością h ponad środek obrotu przegubu S .

W otworze tulei zewnętrznej 4 umieszczona jest sprężyna naciskowa 7 oparta o pierścień oporowy 6 osadzony w tulei stożkowej 4 i dociśnięta z drugiej strony okrągłą nakrętką 9 wkręconą na zewnętrzny gwint trzpienia 2.

Promień r wewnętrznej powierzchni kulistej 25 utworzonej przez powierzchnię fragmentu czaszy kulistej 22 jest korzystnie równy promieniowi R zewnętrznej powierzchni kulistej 24 tulei 3 z zewnętrzną czaszą kulistą 12. Górny zespół przegubu jest nasadzany na dolny zespół przegubu. Podczas montażu w kierunku osiowym sprężyste elementy czaszy kulistej 22 obudowy 5 oraz czaszy 12 tulei 3 rozpięte do tego stopnia, że rozszerza się otwór utworzony przez krawędzie ramion tych elementów tak dalece, że zaskakuje on przez równik kuli 20 oraz równik czaszy 12. Wartości h_2 powinny być dobrane tak, aby dla określonych materiałów i ich właściwości sprężystych montaż zatraskowy był zapewniony. Możliwy jest montaż czasz kulistych przegubu, z wykorzystaniem rozszerzalności termicznej materiałów przez ogrzanie elementów z wewnętrznymi powierzchniami kulistymi (trzpienia 2) lub/i schłodzenie sworznia kulowego 1.

Tuleja 4 w wyniku obciążenia siłą osiową F skierowaną do góry dociska poprzez wewnętrzną powierzchnię stożkową 18 powierzchnię stożkową 19 tulei 3 i powoduje zwiększenie luzu między powierzchniami kulistymi 24 i 25, co zmniejsza opory ruchu przegubu, a po ustaniu działania siły F możliwe jest zmniejszenie luzu lub blokada przegubu zależna od wstępnego napięcia sprężyny 7.

Czasza kulista 12 tulei 3 o promieniu R ograniczona jest wysokością h_2 ponad jej poziom środka S , przy czym korzystnie wartość $h_2/R = 0.2-0.4$, natomiast $h_1/R=0.1-0.25$.

Wychylone pozycje przegubu są ograniczone przez czasze kuliste 12 i 22, panew 23 oraz powierzchnię stożkową tulei 4. W płaszczyźnie prostopadłej do osi tulei 4 przegub może się obracać w zakresie od 0° do 360° . Natomiast w płaszczyźnie pokrywającej się z osią obudowy 5 obrót kąta wychylenia jest ograniczony i dla pokazanego przykładu na fig. 1, 2, 3 oraz fig. 12 zawiera się w przedziale $\pm 29^\circ$. Pozycja wychylona pokazana na fig. 12 jest ograniczona powierzchnią stożka tulei 4 oraz czaszą 12 tulei 3. Maksymalny kąt rozwarcia