

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243537 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **442813**

(22) Data zgłoszenia: **2022.11.16**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.05.15 BUP 20/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.09.04 WUP 36/2023**

(51) MKP:

G01M 7/02 (2006.01)

B25B 5/10 (2006.01)

G01N 3/04 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ŁUKASZ KŁODA, Lublin, PL

SIMONA NIKOLAEVA DONEVA, Sofia, BG

JERZY WARMIŃSKI, Lublin, PL

(74) Pełnomocnik:

Maciej Nowicki, Lublin, PL

(54) Tytuł:

**Uchwyt do belek ze wstępnym napięciem osiowym o warunkach brzegowych typu
obustronne замуrowanie do montażu na wzbudniku elektromechanicznym**

PL 243537 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest uchwyt do mocowania belek lub płyt o warunkach brzegowych typu obustronne utwierdzenie na wzbudniku elektromechanicznym z nastawną wartością osiowej siły ściskającej lub rozciągającej.

Obecnie znane prace naukowe poruszające tematykę dynamiki belek obustronnie utwierdzonych w warunkach brzegowych można znaleźć w badaniach:

- Manoach E., Warmiński J., Kloda L., Warmińska A., Doneva S. Nonlinear vibrations of a bi-material beam under thermal and mechanical loadings (2022), DOI:10.1016/j.ymssp.2022.109127
- Nayfeh A.H., Balachandran B. Applied Nonlinear Dynamics: Analytical, Computational, and Experimental Methods Wiley (1995), 10.1002/9783527617548
- Clementi, F., Lenci, S., Rega, G. 1:1 internal resonance in a two d.o.f. complete system: a comprehensive analysis and its possible exploitation for design. (2020), DOI: 10.1007/s11012-020-01171-9
- Kloda, L., Lenci, S., Warmiński, J., 2020a. Hardening vs. softening dichotomy of a hinged-simply supported beam with one end axial linear spring: Experimental and numerical studies, (2020) DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2020.
- Lenci, S., Clementi, F., Rega, G., 2016. A comprehensive analysis of hardening/softening behaviour of shearable planar beams with whatever axial boundary constraint. *Meccanica* 51, 2589-2606. doi:10.1007/s11012-016-0374-6.
- Emam SA, Nayfeh AH (2013) Non-linear response of buckled beams to 1:1 and 3:1 internal resonances. *Int. J. Non-Linear Mech* 52:12-15. <https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2013.01.018>
- Lacarbonara W, Arafat AN, Nayfeh AH (2005) Non-linear interactions in imperfect beams at veering. *Int J Non-Linear Mech* 40:987-1003. <https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2004.10.006>
- de Macêdo Wahrhaftig, A., Dantas, J.G.L., da Fonseca Brasil, R.M.L.R. et al. Control of the Vibration of Simply Supported Beams Using Springs with Proportional Stiffness to the Axially Applied Force. (2022) DOI:10.1007/s42417-022-00502-2
- Mestrom, R.M.C., Fey, R.H.B., Phan, K.L., Nijmeijer, H. Simulations and experiments of hardening and softening resonances in a clamped-clamped beam MEMS resonator (2010) DOI: 10.1016/j.sna.2010.04.020
- Venstra, W.J., Westra, H.J.R., Gavan, K.B., Van Der Zant, H.S.J. Magnetomotive drive and detection of clamped-clamped mechanical resonators in water. (2009) DOI: 10.1063/1.3275014
- Chin, CM., Nayfeh, A.H. Three-to-One Internal Resonances in Hinged-Clamped Beams. (1997) DOI:10.1023/A:1008229503164 Araumi, N., Yabuno, H., 2017. Cubic-quintic nonlinear parametric resonance of a simply supported beam. *Nonlinear Dynamics* 90, 549-560. doi:10.1007/s11071-017-3680-1.
- Kloda, L., Lenci, S., Warmiński, J., 2018. Nonlinear dynamics of a planar beam-spring system: analytical and numerical approaches. *Nonlinear Dynamics* 94, 1721-1738. doi:10.1007/s11071-018-4452-2.
- Kloda, L., Lenci, S., Warmiński, J., 2020a. Hardening vs. softening dichotomy of a hinged-simply supported beam with one end axial linear spring: Experimental and numerical studies. *International Journal of Mechanical Sciences* 178, 105588. doi:10.1016/j.ijmecsci.2020.105588.
- Lenci, S., Clementi, F., 2018. Axial-transversal coupling in the nonlinear dynamics of a beam with an inclined roller. *International Journal of Mechanical Sciences* 144, 490-501. doi:10.1016/j.ijmecsci.2018.06.007.
- Lenci, S., Clementi, F., Rega, G., 2016. A comprehensive analysis of hardening/softening behaviour of shearable planar beams with whatever axial boundary constraint. *Meccanica* 51, 2589-2606. doi:10.1007/s11012-016-0374-6.
- Mojahed, A., Liu, Y., Bergman, L.A., Vakakis, A.F., 2021. Modal energy exchanges in an impulsively loaded beam with a geometrically nonlinear boundary condition: computation and experiment. *Nonlinear Dynamics* 103, 3443-3463. doi:10.1007/s11071-020-06156-7.
- Nguyen, D.K., Tran, T.T., Pham, V.N., Le, N.A.T., 2021. Dynamic analysis of an inclined sandwich beam with bidirectional functionally graded face sheets under a moving mass. *European Journal of Mechanics - A/Solids* 88, 104276. doi:10.1016/j.euromechsol.2021.104276.

- Reddy, R.S., Panda, S., Gupta, A., 2020. Nonlinear dynamics of an inclined pipe conveying pulsatile hot fluid. *International Journal of Non-Linear Mechanics* 118, 103276. doi:10.1016/j.ijnonlinmec. 2019.103276.
- Tene, Y., Epstein, M., Sheinman, I., 1975. Dynamics of curved beams involving shear deformation. *International Journal of Solids and Structures* 11, 827-840. doi:10.1016/0020-7683(75)90005-0.
- Yang, D.S., Wang, C.M., Yau, J.D., 2020. Dynamic stability and response of inclined beams under moving mass and follower force. *International Journal of Structural Stability and Dynamics* 20, 2043004. doi:10.1142/S021945542043004X.
- Zulli, D., Alaggio, R., Benedettini, F., 2009. Non-linear dynamics of curved beams, part 1: Formulation. *International Journal of NonLinear Mechanics* 44, 623-629. doi:10.1016/j.ijnonlinmec.2009.02. 014.

Badania te są oparte na rozważaniach czysto analitycznych i numerycznych z obciążeniem osiowym lub napięciem wstępnym ze względu na obciążenia termiczne, natomiast w przypadku pomiarów eksperymentalnych ograniczono się do badań belek z ruchomym jednym końcem lub warunkom brzegowym typu zawias, natomiast układy elektromechaniczne pobudzone do ruchu są wymuszeniem elektrostatycznym.

Dotychczas ze zgłoszeń patentowych znane są:

- PL438839A1 – Uchwyt do belek o warunkach brzegowych typu zawias-swobodne podparcie z elastycznym elementem na końcu do montażu na wzbudniku elektromechanicznym w orientacji poziomej,
- PL438838A1 – Uchwyt do mocowania belek o warunkach brzegowych typu zawias-swobodne podparcie na wzbudniku elektromechanicznym,
- PL438837A1 – Uchwyt do mocowania belek o warunkach brzegowych typu zawias-zawias na wzbudniku elektromechanicznym,
- PL437361A1 – Uchwyt do mocowania belek na wzbudniku elektromechanicznym o regulowanej długości i kącie zaklinowania belki,
- PL437416A1 – Uchwyt do mocowania belek na wzbudniku elektrodynamicznym.

Powyższe projekty wynalazcze opisują uchwyty montowane do wzbudnika elektromechanicznego o innych warunkach brzegowych belki i pomijalnie małym osiowym napięciem wstępnym.

Celem wynalazku jest możliwość mocowania próbki w warunkach brzegowych typu obustronne utwierdzenie na wzbudniku elektromechanicznym z możliwością regulacji jej długości oraz wartości siły osiowej i naprężeń wstępnych w zakresie przed i po krytycznym wyboczenia.

Przedmiotem wynalazku jest uchwyt do belek ze wstępnym napięciem osiowym o warunkach brzegowych typu obustronne zamocowanie do montażu na wzbudniku elektromechanicznym, posiadający uchwyty, belki, śruby konstrukcyjne i nakrętki. **Jego istotą jest to, że** składa się z dwóch par uchwytów mocowanych podstawami rozłącznie do głowicy stołu wzbudnika elektromechanicznego, Uchwyty rozmieszczone są na wierzchołkach prostokąta. W każdej z bocznych ścian uchwytów znajduje się gwintowany przelotowy otwór o osi ułożonej równolegle do powierzchni głowicy stołu wzbudnika elektromechanicznego. Para otworów w pierwszym uchwycie i trzecim uchwycie jest ułożona współosiowo i równolegle do ułożonej współosiowo pary otworów w drugim uchwycie i czwartym uchwycie tudzież w parze otworów w pierwszym uchwycie i trzecim uchwycie zamocowana jest połączeniem gwintowym pierwsza śruba konstrukcyjna. W parze otworów w drugim uchwycie i czwartym uchwycie zamocowana jest połączeniem gwintowym druga śruba konstrukcyjna. Pomiedzy śrubami konstrukcyjnymi zamocowane są dwie belki, pomiędzy którymi mocowana jest za pomocą połączeń zaciskowych badana belka. Połączenia zaciskowe składają się z elementu dociskowego, który przytwierdzony jest do belki za pomocą kompletów śrub i nakrętek zaciskowych tudzież belki osadzone są na śrubach konstrukcyjnych za pomocą nakrętek. Opcjonalnie w elemencie dociskowym znajdują się dodatkowe przelotowe otwory, w które wkręcane są komplety śrub i nakrętek ustalających, znajdujących się w otworach w badanej belce.

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest to, że jego konstrukcja pozwala na montaż próbki w postaci belki lub płyty (prostej lub wstępnie zakrzywionej) o dowolnej długości prostopadle do kierunku wymuszenia wzbudnika. Podczas drgań harmoniczných układu, badany element w postaci belki lub płyty i czujniki przyspieszeń analizujące jej ruch, poruszają się jednocześnie wraz z całą konstrukcją, umożliwiając tym samym pomiar bezwzględnych przemieszczeń belki lub płyty oraz nieliniową

dynamikę odpowiedzi kompleksowego układu mechanicznego. Konstrukcja taka, pozwala dokonać pomiarów względnych badanych elementów, a korelując czujnik kontrolny zamontowany na podstawie (w ruchomym układzie odniesienia) z czujnikiem pomiarowym na belce umożliwia pomiar deformacji względnej.

Przedmiot wynalazku w przykładzie wykonania jest uwidoczniony na rysunku, na którym poszczególne figury przedstawiają:

- fig. 1 – widok izometryczny z góry uchwytu,
- fig. 2 – widok z góry uchwytu,
- fig. 2a – przekrój uchwytu wzdłuż linii A-A z fig. 2,
- fig. 2b – powiększenie obszaru połączenia zaciskowego belki B z fig. 2a,
- fig. 3 – widok izometryczny z góry uchwytu w rozstrzeleniu.

Uchwyt do belek ze wstępnym napięciem osiowym o warunkach brzegowych typu obustronne zamurowanie do montażu na wzbudniku elektromechanicznym, w przykładzie wykonania, przedstawionym na rysunku, składa się z dwóch par uchwytów 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 mocowanych podstawami rozłączone do głowicy stołu wzbudnika elektromechanicznego 2. Uchwyty 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 posiadają kształt prostopadłościanów, w których ściankach bocznych znajdują się wybrania z przelotowymi otworami w kierunku stołu wzbudnika elektromechanicznego 2. W otworach znajdują się śruby mocujące uchwyty do stołu wzbudnika elektromechanicznego 2. Uchwyty 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 rozmieszczone są na wierzchołkach prostokąta. W bocznej ścianie każdego z uchwytów 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 znajduje się gwintowany przelotowy otwór o osi ułożonej równolegle do powierzchni głowicy stołu wzbudnika elektromechanicznego 2. Para otworów w pierwszym uchwycie 1.1 i trzecim uchwycie 1.3 jest ułożona współosiowo i równolegle do ułożonej współosiowo pary otworów w drugim uchwycie 1.2 i czwartym uchwycie 1.4. W parze otworów w pierwszym uchwycie 1.1 i trzecim uchwycie 1.3 zamocowana jest połączeniem gwintowym pierwsza śruba konstrukcyjna 3.1 tudzież w parze otworów w drugim uchwycie 1.2 i czwartym uchwycie 1.4 zamocowana jest połączeniem gwintowym druga śruba konstrukcyjna 3.2. Pomiędzy śrubami konstrukcyjnymi 3.1, 3.2 zamocowane są dwie belki 4.1, 4.2. W belkach 4.1, 4.2 znajdują się przelotowe otwory, w których znajdują się śruby konstrukcyjne 3.1, 3.2. Pomiędzy, belkami 4.1, 4.2 mocowana jest za pomocą połączeń zaciskowych 5.1, 5.2 badana belka 6. Połączenia zaciskowe 5.1, 5.2 składają się z elementu dociskowego 5.1.1, w postaci prostopadłościanu, w którego górnej powierzchni znajdują się przelotowe otwory ze znajdującymi się w nich śrubami 5.1.2, przechodzącymi przez przelotowe otwory w belce 4.1, 4.2 i dokręcone nakrętkami. Przy czym elementy dociskowe 5.1.1 znajdują się w prostopadłościennych wybraniach w belkach 4.1, 4.2. Dodatkowo w elemencie dociskowym 5.1.1 znajdują się dodatkowe przelotowe otwory, w które wkręcane są śruby 5.1.3 znajdujące się w otworach w badanej belce 6. Na śrubach 5.1.3 od spodniej powierzchni belki 4.1, 4.2 znajdują się nakrętki. Belki 4.1, 4.2 osadzone są na śrubach konstrukcyjnych 3.1, 3.2 za pomocą nakrętek 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8.

Montowanie i badanie belek ze wstępnym osiowym napięciem typu obustronne utwierdzenie na wzbudniku elektromechanicznym polega na tym, że pierwszą parę uchwytów 1.1, 1.3 montuje się współosiowo gwintowanymi otworami w zadanej odległości względem siebie na głowicy wzbudnika elektromechanicznego 2. Następnie umieszcza się i wkręca śrubę konstrukcyjną 3.1 kolejno w gwintowany, przelotowy otwór w pierwszym uchwycie 1.1, nakrętkę 7.7, przelotowy otwór w pierwszej belce 4.1, nakrętkę 7.5, gwintowany, przelotowy otwór w trzecim uchwycie 1.3, nakrętkę 7.3, przelotowy otwór w drugiej belce 4.2 i nakrętkę 7.1. Przy czym pierwsza belka 4.1 oraz druga belka 4.2 umieszczone są w ten sposób, że wybrania na zaciski 5.1 oraz 5.2 ułożone są od góry i do środka urządzenia. W dalszej kolejności umieszcza się i wkręca drugą śrubę konstrukcyjną 3.2 kolejno w gwintowany, przelotowy otwór w drugim uchwycie 1.2, nakrętkę 7.8, przelotowy otwór w pierwszej belce 4.1, nakrętkę 7.6, gwintowany, przelotowy otwór w czwartym uchwycie 1.4, nakrętkę 7.4, przelotowy otwór w drugiej belce 4.2 i nakrętkę 7.2. Następnie drugi uchwyt 1.2 i czwarty uchwyt 1.4 montuje się do głowicy stołu wibracyjnego 2. W dalszej kolejności nakrętki 7.7 i 7.8 dokręca się do uchwytów 1.1 i 1.2. Belkę 4.1 opartą o nakrętki 7.7 i 7.8 dociska się z wykorzystaniem nakrętek 7.5 i 7.6. W kolejnym etapie rozstawienie belek 4.1 i 4.2 dostosowuje się do długości badanej belki 6. Badaną belkę 6 utwierdza się za pomocą zacisków 5.1 i 5.2 do belek 4.1 i 4.2 przy użyciu elementów dociskowych 5.1.1 i kompletów śrub i nakrętek zaciskowych 5.1.2. Na końcu montażu nakrętki 7.1, 7.2, 7.3, 7.4 dokręca się do drugiej belki 4.2 w taki sposób, aby pozostawić położenie neutralne badanej belki 6 lub wprowadzić jej osiowe napięcie rozciągające/ściskające. Naprężenia w belce można regulować za pomocą regulacji nakrętek 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8.

Możliwe jest zamontowanie badanej belki 6 w położeniu neutralnym, a następnie zmienianie temperatury otoczenia. Wtedy wzrost temperatury powoduje, że badana belka 6 jest ściskana, natomiast obniżenie temperatury powoduje, że badana belka 6 jest rozciągana. Badana belka 6 jest testowana poprzez wprowadzenie w ruch głowicy stołu wzbudnika elektromechanicznego 2 lub wzbudniki zewnętrzne.

Zastrzeżenia patentowe

1. Uchwyt do belek ze wstępnym napięciem osiowym o warunkach brzegowych typu obustronne zamurowanie do montażu na wzbudniku elektromechanicznym, posiadający uchwyty, belki, śruby konstrukcyjne i nakrętki **znamienny tym**, że składa się z dwóch par uchwytów (1.1, 1.2, 1.3, 1.4) mocowanych podstawami rozłącznie do głowicy stołu wzbudnika elektromechanicznego (2), **przy czym** uchwyty (1.1, 1.2, 1.3, 1.4) rozmieszczone są na wierzchołkach prostokąta, **zaś** w każdej z bocznych ścian uchwytów (1.1, 1.2, 1.3, 1.4) znajduje się gwintowany przelotowy otwór o osi ułożonej równolegle do powierzchni głowicy stołu wzbudnika elektromechanicznego (2), **przy czym** para otworów w pierwszym uchwycie (1.1) i trzecim uchwycie (1.3) jest ułożona współosiowo i równolegle do ułożonej współosiowo pary otworów w drugim uchwycie (1.2) i czwartym uchwycie (1.4) **tudzież** w parze otworów w pierwszym uchwycie (1.1) i trzecim uchwycie (1.3) zamocowana jest połączeniem gwintowym pierwsza śruba konstrukcyjna (3.1), **zaś** w parze otworów w drugim uchwycie (1.2) i czwartym uchwycie (1.4) zamocowana jest połączeniem gwintowym druga śruba konstrukcyjna (3.2), **natomiast** pomiędzy śrubami konstrukcyjnymi (3.1, 3.2) zamocowane są dwie belki (4.1, 4.2), pomiędzy którymi mocowana jest za pomocą połączeń zaciskowych (5.1, 5.2) badana belka (6), **zaś** połączenia zaciskowe (5.1, 5.2) składają się z elementu dociskowego (5.1.1), który przytwierdzony jest do belki (4.1, 4.2) za pomocą kompletów śrub i nakrętek zaciskowych (5.1.2) **tudzież** belki (4.1, 4.2) osadzone są na śrubach konstrukcyjnych (3.1, 3.2) za pomocą nakrętek (7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8).
2. Uchwyt według zastrz. 1 **znamienny tym**, że w elemencie dociskowym (5.1.1) znajdują się dodatkowe przelotowe otwory, w które wkręcane są komplety śrub i nakrętek ustalających (5.1.3), znajdujących się w otworach w badanej belce (6).

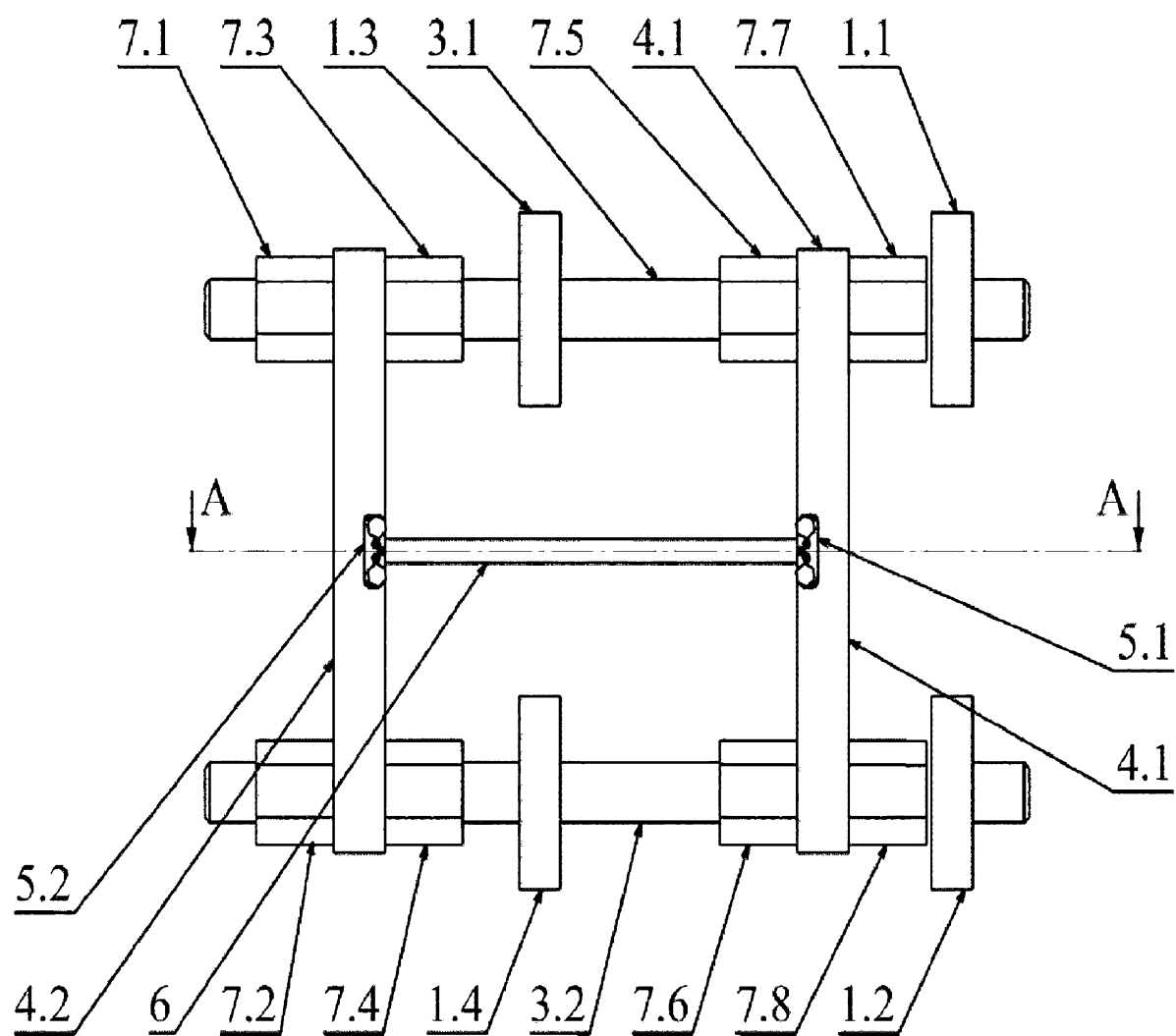


Fig. 2

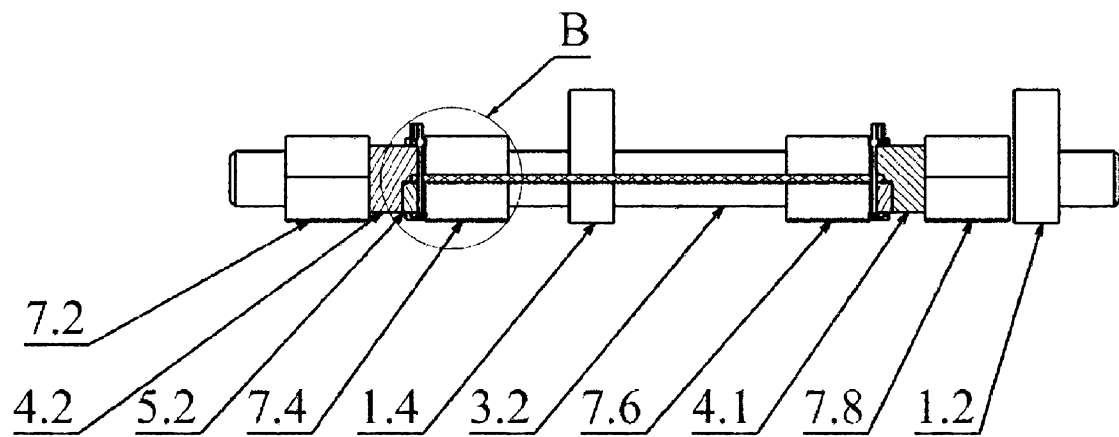


Fig. 2a

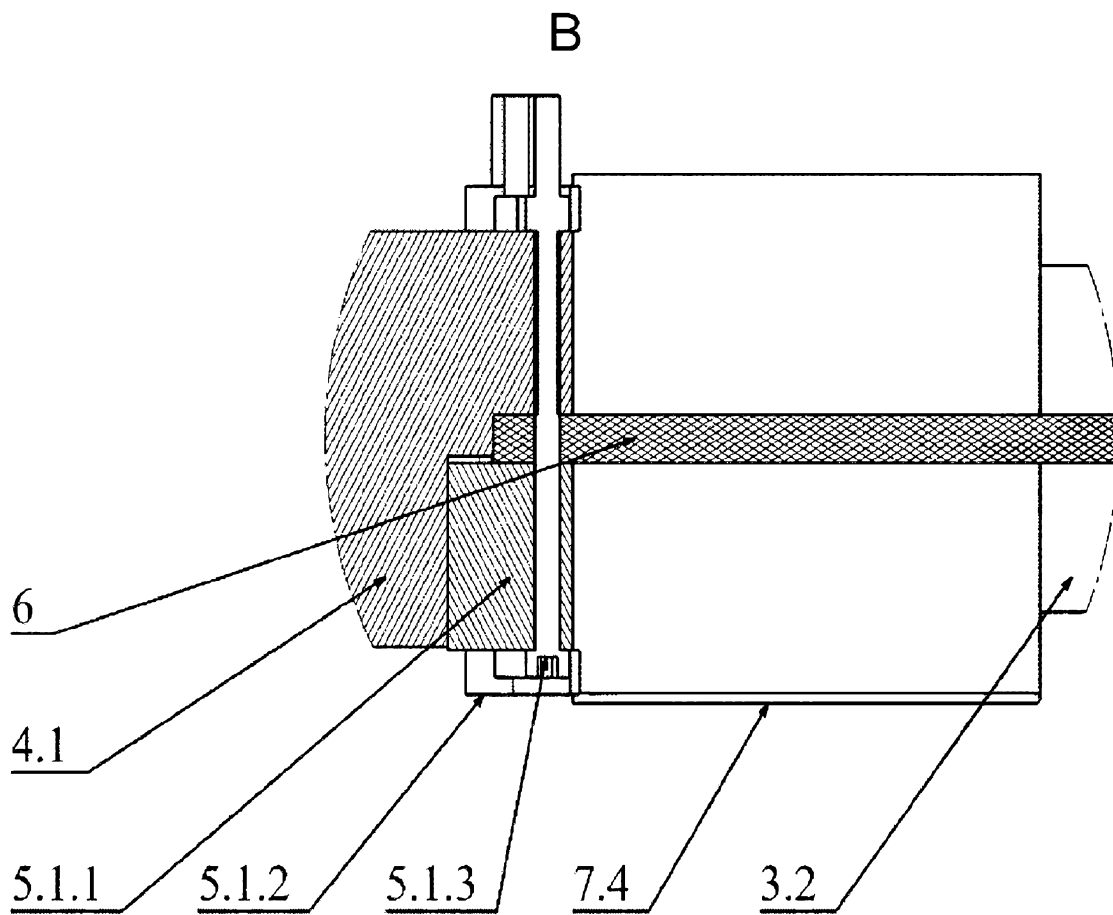


Fig. 2b

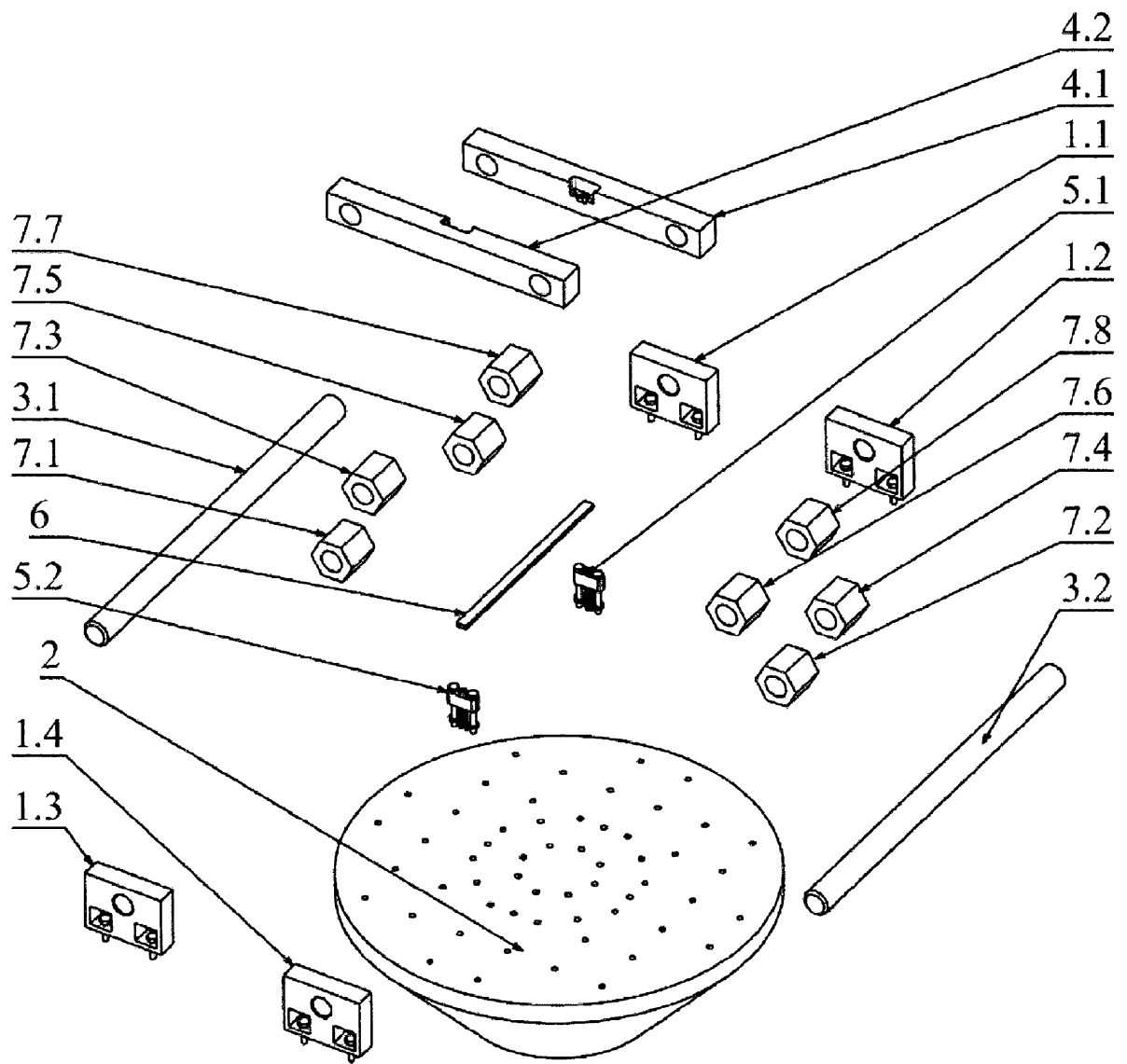


Fig. 3