

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10)

**PL 243536 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **442812**

(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**

**MATTEO BRUNETTI, Rome, IT**

**DANYIL MELNYK, Lublin, PL**

**ANDRZEJ MITURA, Firlej, PL**

**FRANCESCO ROMEO, Formello, IT**

**JERZY WARMIŃSKI, Lublin, PL**

(74) Pełnomocnik:

**Maciej Nowicki, Lublin, PL**

(54) Tytuł:

**Uchwyt do płyt i powłok jednostronnie utwardzonych o nastawnej krzywiznie  
zamurowania**

**PL 243536 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest uchwyt do jednostronnego mocowania płyt i powłok o dowolnym kształcie, który w procesie mocowania może pozostać w nienaruszonym kształcie lub ulec deformacji do uzyskania nastawnego profilu opisanego np. wielomianem wyższego rzędu lub z złożoną funkcją trygonometryczną. Zacisk pozwala na modyfikowanie profilu energii potencjalnej sprężystości w badanej próbce i w związku z tym zmienia zakres pracy płyt i powłok wykazujących kilka stanów równowagi.

Dotychczas znany jest z opisu patentowego PL227309B1 uchwyt do badania drgań belek i płyt za pomocą wibrometru laserowego. Składa się on z podstawy uchwytu w kształcie płyty, do której przymocowana jest ściana przednia, podparta żebrami bocznymi, przy czym w części górnej ściany przedniej znajdują się otwory gwintowane symetrycznie rozmieszczone względem płaszczyzny symetrii ściany przedniej parami, oraz że w części dolnej ściany przedniej znajdują się otwory przelotowe montażowe. Rozwiązanie to nie umożliwia modyfikowania krzywizny zacisku, a dokładniej jest w postaci powierzchni jednej płaszczyzny.

W artykułach:

- Betts, D. N.; Kim, H. A.; Bowen, C. R.; Inman, D. J. (2012): Optimal configurations of bistable piezocomposites for energy harvesting, w: Appl. Phys. Lett. 100 (11), s. 114104. DOI: 10.1063/1.3693523,
- Brunetti, Matteo; Kloda, Łukasz; Romeo, Francesco; Warmiński, Jerzy (2018): Multistable cantilever shells: Analytical prediction, numerical simulation and experimental validation, w: Composites Science and Technology 165 (14), s. 397-410. DOI:10.1016/j.compsci-tech.2018.06.021,
- Brunetti, Matteo; Mitura, Andrzej; Romeo, Francesco; Warmiński, Jerzy (2022): Nonlinear dynamics of bistable composite cantilever shells: An experimental and modelling study, w: Journal of Sound and Vibration 526 (2), s. 116779. DOI:10.1016/j.jsv.2022.116779,
- Brunetti, M.; Vincenti, A.; Vidoli, S. (2016): A class of morphing shell structures satisfying clamped boundary conditions, w: International Journal of Solids and Structures 82 (6), s. 47-55. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2015.12.017,
- Coburn, Broderick H.; Pirrera, Alberto; Weaver, Paul M.; Vidoli, Stefano (2013): Tristability of an orthotropic doubly curved shell, w: Composite Structures 96 (2), s. 446-454. DOI: 10.1016/j.compstruct.2012.08.026,
- Daynes, S.; Potter, K. D.; Weaver, P. M. (2008): Bistable prestressed buckled laminates, w: Composites Science and Technology 68 (15-16), s. 3431-3437. DOI:10.1016/j.compsci-tech.2008.09.036,
- Jiang, Weihong; Li, Ming; Yao, Yongtao; Dai, Fuhong (2018): Design of a multistable composite laminate by variable cross-section method and applying the displacement constraint, w: Materials & Design 147 (1), s. 35-47. DOI: 10.1016/j.matdes.2018.03.028,
- Panesar, Ajit S.; Weaver, Paul M. (2012): Optimisation of blended bistable laminates for a morphing flap, w: Composite Structures 94 (10), s. 3092-3105. DOI:10.1016/j.compstruct.2012.05.007,
- Schultz, Marc R.; Hyer, Michael W.; Brett Williams, R.; Keats Wilkie, W.; Inman, Daniel J. (2006): Snap-through of unsymmetric laminates using piezocomposite actuators, w: Composites Science and Technology 66 (14), s. 2442-2448. DOI:10.1016/j.compscitech.2006.01.027,
- Seffen, K.A (2007): 'Morphing' bistable orthotropic elliptical shallow shells, w: Proc. R. Soc. A. 463 (2077), s. 67-83. DOI:10.1098/rspa.2006.1750,
- Vidoli, S.; Maurini, C. (2008): Tristability of thin orthotropic shells with uniform initial curvature, w: Proc. R. Soc. A. 464 (2099), s. 2949-2966. DOI: 10.1098/rspa.2008.0094,
- Zhang, Zheng; Wu, Huaping; Ye, Gangfei; Wu, Helong; He, Xiaoqiao; Chai, Guozhong (2014): Systematic experimental and numerical study of bistable snap processes for anti-symmetric cylindrical shells. w: Composite Structures 112 (4), s. 368-377. DOI: 10.1016/j.compstruct.2014.02.030,

opisano analizę numeryczną, analityczną i badania eksperymentalne zjawiska stabilności statycznej i dynamicznej struktur kompozytowych. Wszystkie wyżej wymienione pozycje literaturowe skupiają się na strukturze swobodnej lub podpartej swobodnie na wspornikach lub z napięciem wstępnym próbki zaciśniętej na jednym końcu w uchwyt, tudzież zacisku uchwytu tworzy płaszczyznę. Natomiast badania nad wpływem warunków brzegowych na zachowanie struktury są pominięte.

Celem wynalazku jest możliwość mocowania próbki w warunkach brzegowych typu jednostronne utwierdzenie z możliwością zadawania napięcia wstępnego w strukturze lub eliminowanie wstępnej deformacji poprzez regulację krzywizny zacisku, a następnie poddanie próbki testom statycznym i dynamicznym.

Przedmiotem wynalazku jest uchwyt do płyt i powłok jednostronnie utwierdzonych o nastawnej krzywiznie zamurowania. **Jego istotą jest to, że** składa się z dwóch ram mocowanych rozłącznie do podstawy o osiach prostopadłych do niego. Pomiedzy ramami zamocowana jest w części dolnej za pomocą zestawów śrub i nakrętek para pierwszych belek, których osie są ułożone równolegle do siebie i leżą w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawy. Do każdej z pierwszych belek zamocowana jest w zadanej odległości za pomocą kompletów śrub i nakrętek zaciskowych belka z drugiej pary belek o osiach ułożonych równolegle względem siebie i leżących w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawy tudzież pomiędzy pierwszą parą belek za pomocą kompletów śrub i nakrętek blokujących zamocowany jest pierwszy stos blach. Kompletów śrub i nakrętek blokujących wkręcone są w przelotowe otwory gwintowane ułożone w kierunku prostopadłym do osi pierwszych belek i leżące w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny podstawy. Pomiedzy drugą parą belek za pomocą kompletów śrub i nakrętek blokujących zamocowany jest drugi stos blach. Drugie śruby blokujące wkręcone są w przelotowe otwory gwintowane ułożone w kierunku prostopadłym do osi belek i leżące w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny podstawy tudzież w każdym ze stosów blach blachy stykają się z sobą swoimi powierzchniami o większym polu powierzchni bocznej oraz w powierzchniach blach o większym polu powierzchni wykonane są przelotowe otwory, o dwóch krawędziach równoległych i posiadające zadaną wysokość biegnącą w kierunku prostopadłym do płaszczyzny podstawy i zadaną szerokość. W przelotowych otworach, znajdują się komplety śrub i nakrętek pozycjonujących ograniczające przemieszczanie się pierwszych blach względem siebie i drugich blach względem siebie. Pomiedzy pierwszym stosem blach a drugim stosem blach znajduje się pierwsza elastyczna podkładka oraz druga elastyczna podkładka pomiędzy którymi zamocowana jest próbka.

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest to, że jego konstrukcja pozwala na montaż próbki w postaci płyty lub powłoki o dowolnej krzywiznie na jednym z końców. Przy użyciu uchwytu nastawne warunki brzegowe np. utwierdzenie bez wstępnej deformacji próbki lub utwierdzenie z napięciem wstępnym mają istotny wpływ na pola deformacji oraz rozkład naprężeń wewnątrz struktury, a w inżynierskiej praktyce na profil energii potencjalnej sprężystości. Modyfikacja krzywizny zacisku wpływa na profil energii potencjalnej która:

- a) determinuje liczbę ekstremum minimum odpowiadającą za liczbę położeń stabilnych i związane częstotliwości drgań własnych,
- b) modyfikuje obszary przyciągania danego rozwiązania stabilnego w tym zakresy bezpiecznej pracy oraz nieliniowe zagadnienia dynamiczne,
- c) reguluje liczbę ekstremum maksimum i ich wartość odpowiadającą za minimalną energię niezbędną do przeskoku pomiędzy stanami stabilnymi lub uszkodzenia struktury.

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 boku uchwytu,
- fig. 3 – widok z przodu uchwytu,
- fig. 4 – widok z góry uchwytu,
- fig. 4a – przekrój uchwytu wzdłuż linii A-A z fig. 4,
- fig. 4b – szczegół C z fig. 4a,
- fig. 4c – przekrój uchwytu wzdłuż linii B-B z fig. 4,
- fig. 5 – widok izometryczny z góry blachy,
- fig. 6 – widok izometryczny z góry uchwytu w rozstrzeleniu,

Uchwyt do płyt i powłok jednostronnie utwierdzonych o nastawnej krzywiznie zamurowania w przykładzie wykonania składa się z dwóch prostopadłościennych konstrukcyjnych ram 1.1, 1.2, mocowanych rozłącznie za pomocą śrub do podstawy 2. Osie ram 1.1, 1.2 są skierowane prostopadle do powierzchni stołu 2. Pomiedzy ramami 1.1, 1.2 zamocowana jest w części dolnej za pomocą zestawów śrub i nakrętek 3 para pierwszych belek 4.1, 4.2, których osie są ułożone równolegle do siebie i leżą w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawy 2. Do każdej z pierwszych belek 4.1, 4.2 zamocowana jest w odległości  $h$  za pomocą kompletów śrub i nakrętek zaciskowych 5 belka 4.3, 4.4 z drugiej

pary belek 4.3, 4.4 o osiach ułożonych równolegle względem siebie i leżących w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawy 2 tudzież pomiędzy pierwszą parą belek 4.1, 4.2 za pomocą kompletów śrub i nakrętek blokujących 6.1 zamocowany jest pierwszy stos blach 7. Kompletu śrub i nakrętek blokujących 6.1 wkręcone są w przelotowe otwory gwintowane ułożone w kierunku prostopadłym do osi pierwszych belek 4.1, 4.2 i leżące w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny podstawy 2. Pomiedzy drugą parą belek 4.3, 4.4 za pomocą kompletów śrub i nakrętek blokujących 6.2 zamocowany jest drugi stos blach 8. Drugie śruby blokujące 6.2 wkręcone są w przelotowe otwory gwintowane ułożone w kierunku prostopadłym do osi belek 4.3, 4.4 i leżące w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny podstawy 2. W każdym ze stosów blach 7, 8 blachy 7, 8 stykają się z sobą swoimi powierzchniami o większym polu powierzchni bocznej oraz w powierzchniach blach 7, 8 o większym polu powierzchni wykonanej są przelotowe otwory 7.1, 8.1 o dwóch krawędziach równoległych i posiadające wysokość H biegnącą w kierunku prostopadłym do płaszczyzny podstawy 2 i szerokość A. W przelotowych otworach 7.1, 8.1 znajdują się komplety śrub i nakrętek pozycjonujących 9 ograniczające przemieszczanie się pierwszych blach 7 względem siebie i drugich blach 8 względem siebie. Pomiedzy pierwszym stosem blach 7 a drugim stosem blach 8 znajduje się pierwsza elastyczna podkładka 10.1 oraz druga elastyczna podkładka 10.2 pomiędzy którymi zamocowana jest próbka 11.

Montowanie oraz badanie płyt i powłok jednostronnie utwardzonych z nastawną krzywizną utwardzenia polega na tym, że pierwsza rama 1.1 montowana jest rozłącznie do podstawy 2. Następnie za pomocą zestawu śrub i nakrętek 3 pierwsza para belek 4.1 i 4.2 przykręcana jest na tej samej wysokości do wewnętrznej części ramy 1.1 z zachowaniem równoległości i symetrii położenia pierwszej pary belek 4.1 i 4.2. W kolejnym etapie do pierwszej pary belek 4.1 i 4.2 montowana jest druga rama 1.2, a następnie druga rama 1.2 montowana jest rozłącznie do podstawy 2. Zadanie krzywizny uchwytu odbywa się poprzez ułożenie stosu pierwszych blach 7 i stosu drugich blach 8 w docelowym kształcie, a następnie skrócenie każdego ze stosów z wykorzystaniem kompletów śrub i nakrętek pozycjonujących 9 włożonych odpowiednio w otwory 7.1 i 8.1. Unieruchomiony względem siebie stos blach 7 wraz z kompletem śrub i nakrętek pozycjonujących 9 umiejscowiony jest pomiędzy pierwszą parą belek 4.1 i 4.2, a następnie blokuje się ich pozycję z wykorzystaniem kompletu śrub i nakrętek blokujących 6.1. Na całkowicie unieruchomiony stos blach 7 kładzie się odpowiednio w kolejności pierwszą elastyczną podkładkę 10.1, część mocowaną próbki 11, drugą elastyczną podkładkę 10.2 i drugą parę belek 4.3 i 4.4, pomiędzy które włożony jest unieruchomiony względem siebie stos blach 8 wraz z kompletem śrub i nakrętek pozycjonujących 9. Stos blach 8 dociska się do podkładki elastycznej 10.2 i jednocześnie blokuje się drugą parę belek 4.3 i 4.4 na wysokości h od pierwszej pary belek 4.1 i 4.2. W dalszej kolejności blokuje się przemieszczenie stosu blach 8 poprzez dokręcenie kompletu śrub i nakrętek blokujących 6.2, który jednocześnie dociska stos blach 8 i rozpiera od środka ramy 1.1 i 1.2. W ostatnim etapie próbka 11 jest dociskana przez uchwyt za pomocą kompletów śrub i nakrętek zaciskowych 5.

### Zastrzeżenie patentowe

1. Uchwyt do płyt i powłok jednostronnie utwardzonych o nastawnej krzywiznie zamurowania **znamienny tym**, że składa się z dwóch ram (1.1, 1.2) mocowanych rozłącznie do podstawy (2) o osiach prostopadłych do niego, **zaś** pomiędzy ramami (1.1, 1.2) zamocowana jest w części dolnej za pomocą zestawów śrub i nakrętek (3) para pierwszych belek (4.1, 4.2), których osie są ułożone równolegle do siebie i leżą w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawy (2), zaś do każdej z pierwszych belek (4.1, 4.2) zamocowana jest w odległości (h) za pomocą kompletów śrub i nakrętek zaciskowych (5) belka (4.3, 4.4) z drugiej pary belek (4.3, 4.4) o osiach ułożonych równolegle względem siebie i leżących w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny podstawy (2) **tudzież** pomiędzy pierwszą parą belek (4.1, 4.2) za pomocą kompletów śrub i nakrętek blokujących (6.1) zamocowany jest pierwszy stos blach (7), **przy czym** komplety śrub i nakrętek blokujących (6.1) wkręcone są w przelotowe otwory gwintowane ułożone w kierunku prostopadłym do osi pierwszych belek (4.1, 4.2) i leżące w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny podstawy (2), **zaś** pomiędzy drugą parą belek (4.3, 4.4) za pomocą kompletów śrub i nakrętek blokujących (6.2) zamocowany jest drugi stos blach (8), **natomiast** drugie śruby blokujące (6.2) wkręcone są w przelotowe otwory gwintowane ułożone w kierunku prostopadłym do osi belek (4.3, 4.4) i leżące w płaszczyznach równoległych do płaszczyzny podstawy (2) **tudzież** w każdym ze stosów blach (7, 8) blachy (7, 8)

stykają się z sobą swoimi powierzchniami o większym polu powierzchni bocznej oraz w powierzchniach blach (7, 8) o większym polu powierzchni wykonane są przelotowe otwory (7.1, 8.1) o dwóch krawędziach równoległych i posiadające wysokość (H) biegnącą w kierunku prostopadłym do płaszczyzny podstawy (2) i szerokość (A), **natomiast** w przelotowych otworach (7.1, 8.1) znajdują się komplety śrub i nakrętek pozycjonujących (9) ograniczające przemieszczanie się pierwszych blach (7) względem siebie i drugich blach (8) względem siebie **tudzież** pomiędzy pierwszym stosem blach (7) a drugim stosem blach (8) znajduje się pierwsza elastyczna podkładka (10.1) oraz druga elastyczna podkładka (10.2) pomiędzy którymi zamocowana jest próbka (11).

### Rysunki

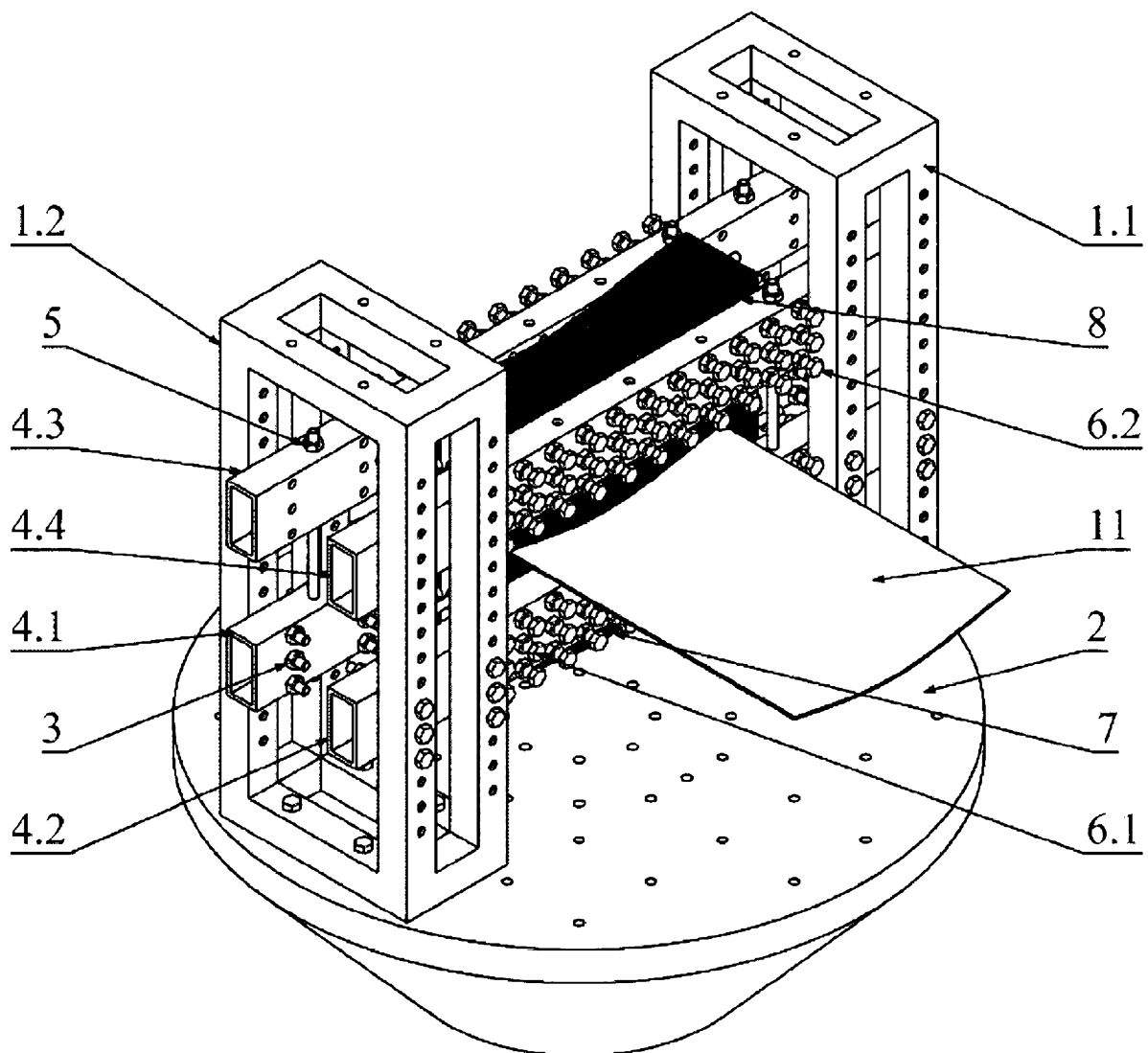


Fig. 1.

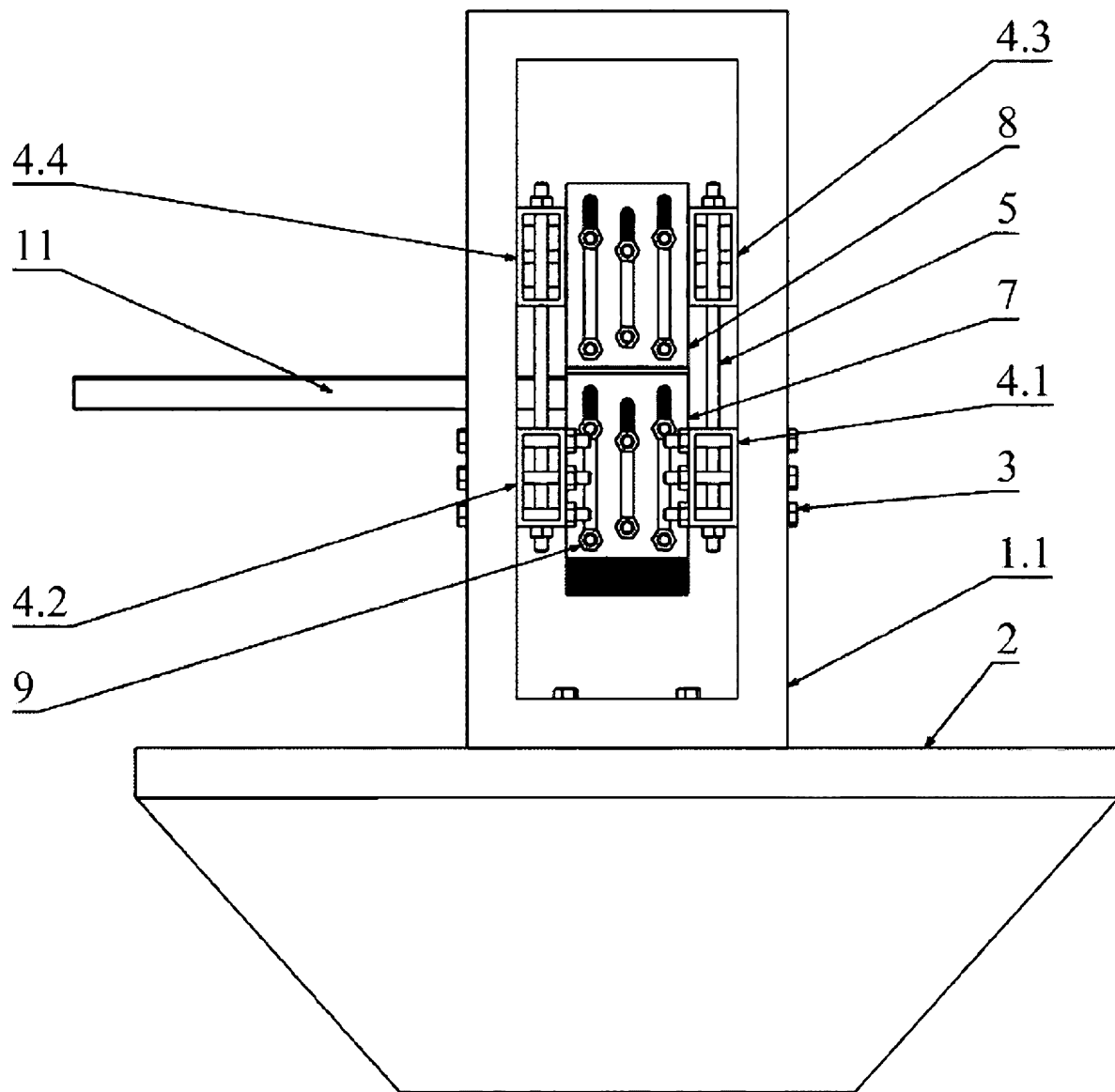


Fig. 2.

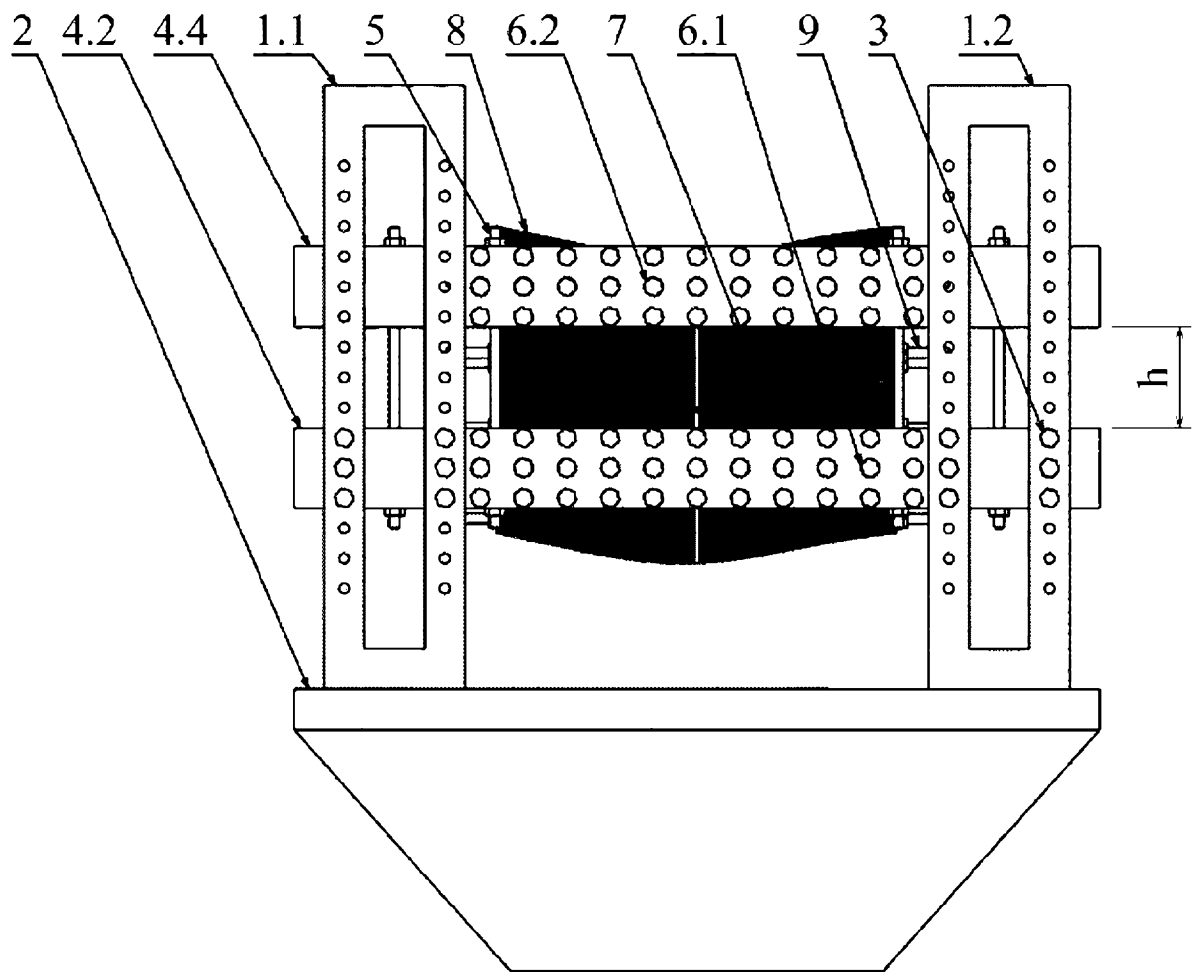


Fig. 3.

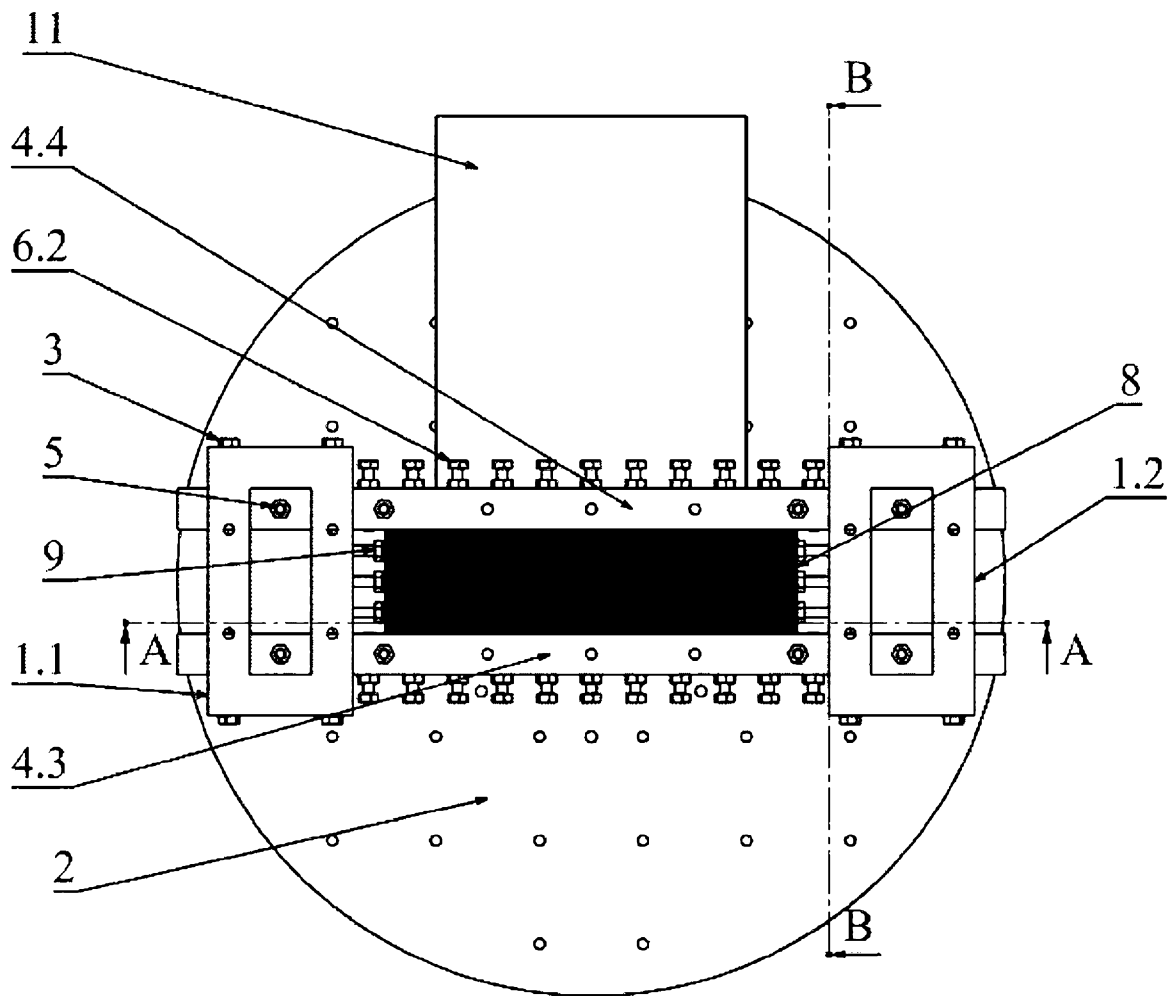


Fig. 4.

A-A

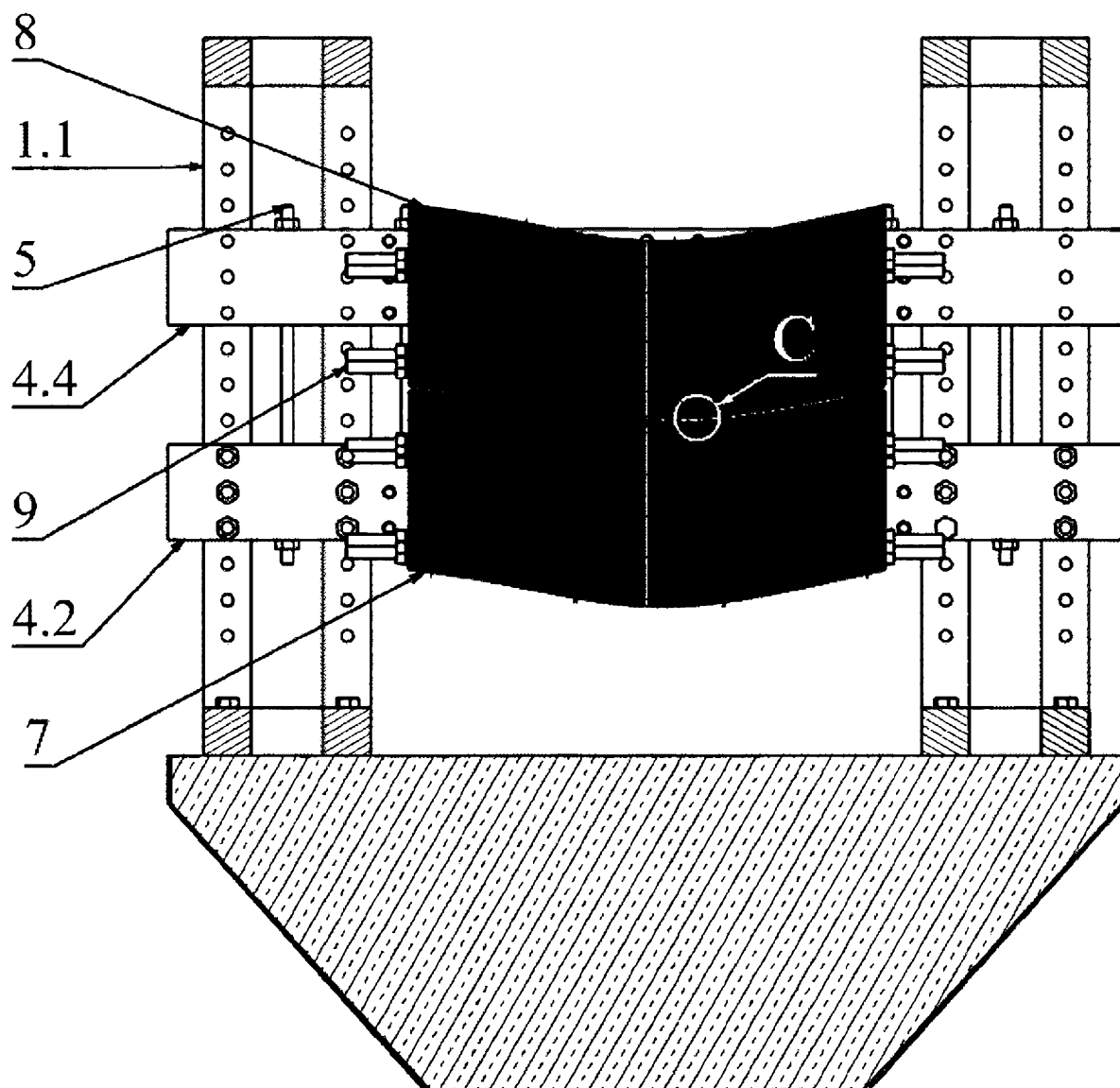


Fig. 4a.

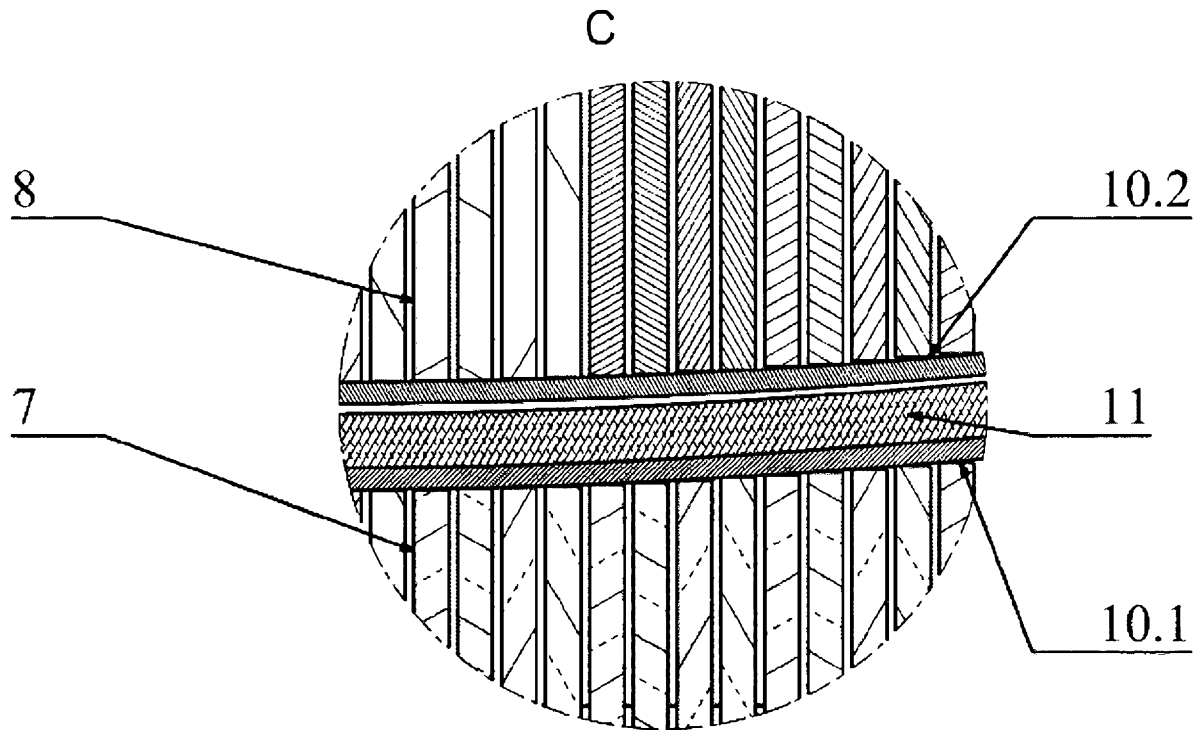


Fig. 4b.

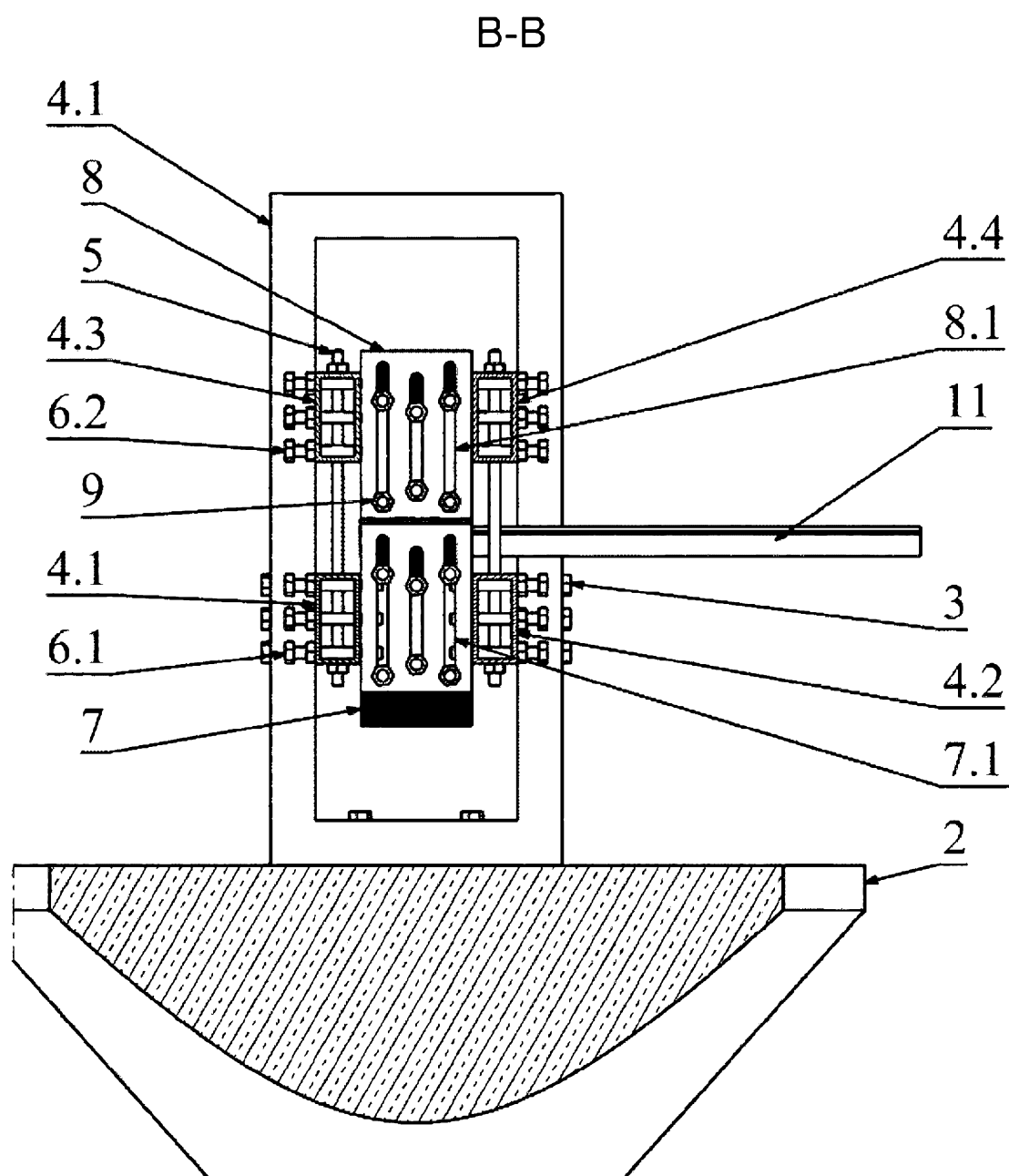


Fig. 4c.

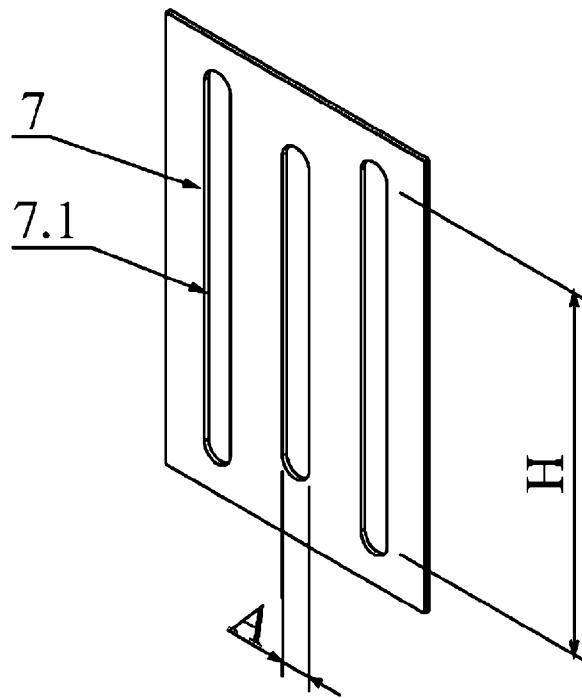


Fig. 5.

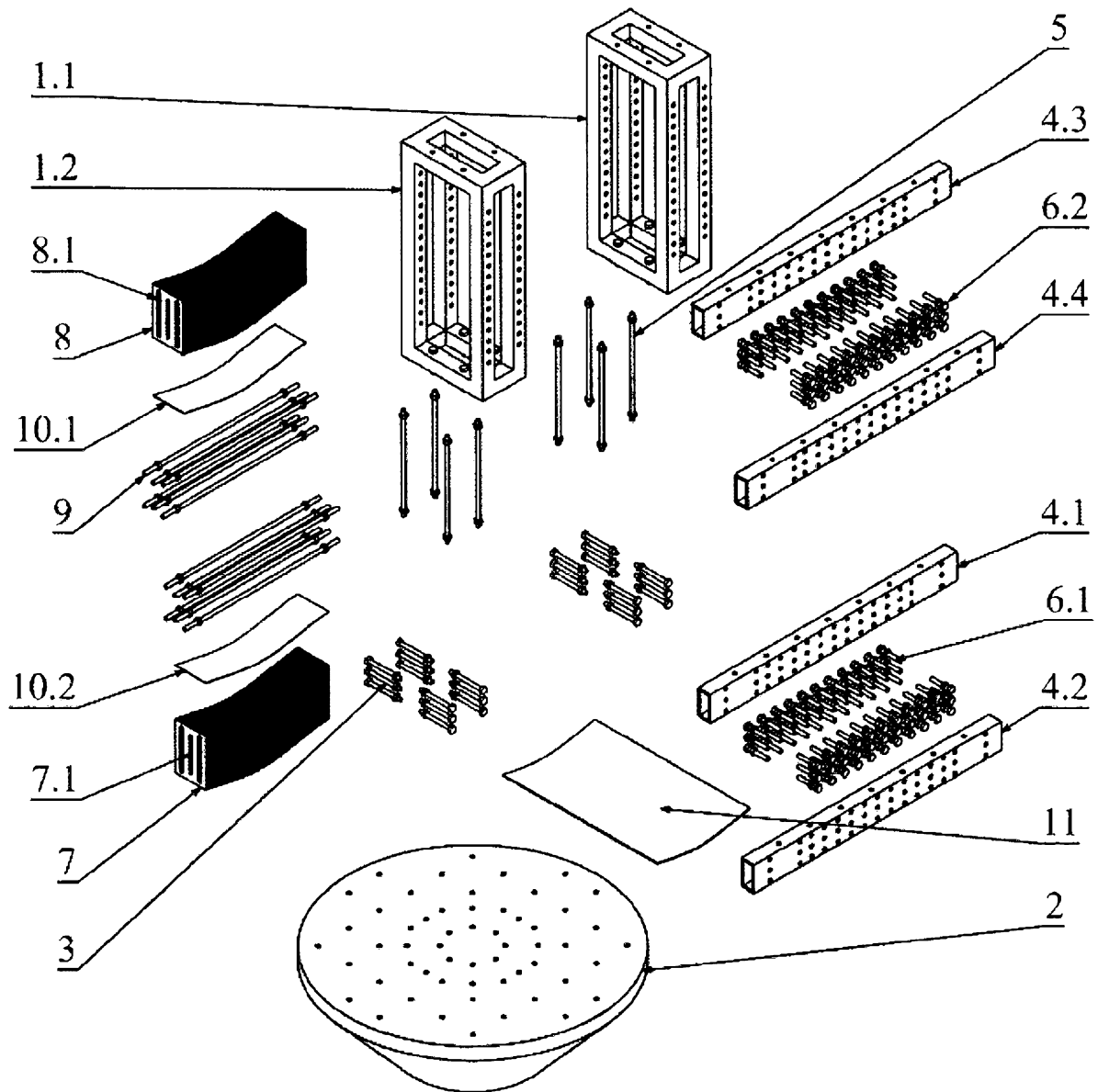


Fig. 6.