

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **210382**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **357761**

(51) Int.Cl.
E04B 1/98 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **13.12.2002**

(54) **Sposób i układ sterowania sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii
cienkościennej belki wielomodułowej oraz cienkościenna belka wielomodułowa**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

14.06.2004 BUP 12/04

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.01.2012 WUP 01/12

(73) Uprawniony z patentu:

**POLSKA AKADEMIA NAUK INSTYTUT
PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**JAN HOLNICKI-SZULC, Warszawa, PL
RAFAŁ CHMIELEWSKI, Szczecin, PL**

(74) Pełnomocnik:

**recz. pat. Wierzchoń Jan
JAN WIERZCHOŃ & PARTNERZY
BIURO PATENTÓW I ZNAKÓW
TOWAROWYCH spółka jawna**

PL 210382 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ sterowania sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii cienkościennej belki wielomodułowej oraz cienkościenne belka wielomodułowa.

W szczególności, wynalazek dotyczy belki przymocowanej do obiektu poddanego obciążeniu w wyniku przypadkowego uderzenia lub belki będącej elementem składowym tego obiektu.

Zapewnienie wystarczającej wytrzymałości konstrukcji przy wysokiej zdolności pochłaniania energii, w stanach przeciążeń tej konstrukcji, stanowi poważny problem przy projektowaniu pojazdów lądowych, maszyn latających i pływających.

Znane jest zwiększanie wytrzymałości przedmiotów wykonanych z materiałów elastycznych, takich jak pneumatyczne pontony czy opony samochodowe, przez ich nadmuchiwanie.

Znane jest utrzymywanie pod ciśnieniem cienkościennych zbiorników, np. zbiorników paliwa, czy utleniaczy do rakiet kosmicznych, w celu zwiększenia ich wytrzymałości.

Znane są także cienkościenne konstrukcje z blach lub tworzyw sztucznych, których fragmenty narażone na uszkodzenia mają postać belek o stałym lub zmiennym przekroju. Belki te charakteryzują się tym, że stosunek grubości ich ścianek do wysokości i szerokości ich przekroju jest duży. Dzięki temu stosunek momentu bezwładności przekroju elementu przenoszącego obciążenia do jego masy, liczonej na jednostkę długości, jest korzystny.

Celem wynalazku jest rozwiązanie problemu sterowania wytrzymałością elementów konstrukcji, zwłaszcza cienkościennych belek wielomodułowych narażonych na przeciążenia, przez wypełnianie gazem komór poszczególnych modułów belek, w sposób kontrolowany. W zależności od odległości modułów belki od miejsca uderzenia i od energii uderzenia, doprowadza się taką ilość gazu aby zoptimalizować proces dyssypacji energii w trakcie uderzenia.

Sposób sterowania sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii cienkościennej belki wielomodułowej, przymocowanej do obiektu lub stanowiącej jego element składowy, poddanej obciążeniu w wyniku przypadkowego uderzenia, według wynalazku polega na tym, że w odpowiedzi na obciążenie zwiększa się ciśnienie w komorze uderzonego modułu belki oraz przynajmniej w komorach sąsiednich modułów.

Korzystnie, ciśnienie w komorach monitoruje się w sposób ciągły i reguluje się je od uprzednio zadanej wartości granicznej odpowiadającej maksymalnej zdolności do dyssypacji energii gromadzącej się w modułach belki, do uprzednio zadanej wartości granicznej odpowiadającej optymalnej sztywności tych modułów belki.

Korzystnie, ciśnienie w komorach zwiększa się przez dodatkowe doprowadzanie gazu do komór, a zmniejsza się przez kontrolowane upuszczanie gazu z komór.

Korzystnie, dodatkowe doprowadzanie gazu do komór odbywa się przez stopniowe wyzwalenie generatorów gazu, a kontrolowane upuszczanie gazu z komór odbywa się przez otwieranie zaworów regulacji ciśnienia w komorach.

Układ sterowania sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii cienkościennej belki wielomodułowej, przymocowanej do obiektu lub stanowiącej jego element składowy, poddanej obciążeniu w wyniku przypadkowego uderzenia, według wynalazku zawiera centralny sterownik mikroprocesorowy, do którego są dołączone generatory gazu, czujniki ciśnienia i zawory regulacji ciśnienia, przyporządkowane komorom poszczególnych modułów 1, 2, 3, ..., n belki.

Korzystnie, czujniki ciśnienia poszczególnych komór są dołączone do kolejnych wejść 1, 2, 3, ..., n centralnego sterownika mikroprocesorowego, zaś odpowiadające im generatory gazu i zawory regulacji ciśnienia są dołączone do wyjść 1, 2, 3, ..., n centralnego sterownika mikroprocesorowego.

Korzystnie, wszystkie generatory gazu, czujniki ciśnienia i zawory regulacji ciśnienia są połączone z centralnym sterownikiem mikroprocesorowym poprzez szynę sterującą.

Korzystnie, generatorami gazu są ładunki pirotechniczne o wielostopniowym wyzwaleniu.

Korzystnie, w komorze każdego modułu belki znajduje się zawór bezpieczeństwa.

Cienkościenne belka wielomodułowa, o regulowanej sztywności i zdolności do dyssypacji energii, zgodnie z wynalazkiem zawiera oddzielone od siebie przegrodami komory, a w ścianie każdej komory jest zamocowany zawór bezpieczeństwa oraz wyprowadzenia do generatora gazu, do czujnika ciśnienia i do zaworu regulacji ciśnienia.

Korzystnie, przekrój poprzeczny każdej komory belki ma zarys zbliżony do prostokąta.

Korzystnie, przekrój poprzeczny każdej komory belki ma zarys zbliżony do litery X.

Korzystnym skutkiem zastosowania cienkościennej belki wielomodułowej oraz sposobu i układu sterowania sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii cienkościennej belki wielomodułowej, według wynalazku, jest zwiększenie wytrzymałości belki w stanach przeciążeń powstających podczas uderzenia belki, przy jednoczesnym zachowaniu dużej zdolności do pochłaniania energii uderzenia.

Kontrolowane wprowadzenie gazu pod ciśnieniem do wnętrza komory belki powoduje, że jej ściany boczne rozciągają się i są wypychane na zewnątrz. Przy uderzeniu, ściany komory nie wgniatają się ponieważ są dodatkowo „podpierane” przez gaz znajdujący się w komorach pod wysokim ciśnieniem. W ten sposób unika się chaotycznej utraty stateczności ścian komory, występującej zwykle nawet przy niewielkich naprężeniach.

Odpowiedni dobór parametrów sterowania napełnianiem i opróżnianiem komór podczas uderzenia, umożliwi uplastycznienie materiału belki na dłuższym jej odcinku. Część energii uderzenia jest rozpraszana w sposób kontrolowany przez upuszczanie gazu.

W wyniku zwiększenia sztywności belki w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca uderzenia następuje korzystne odsunięcie obszarów największych naprężeń.

Belka, według wynalazku jest lekka, bezpieczna w użyciu, a jej wytwarzanie jest proste.

Przedmiot wynalazku w przykładzie realizacji jest odtworzony na rysunku, na którym fig. 1A przedstawia znaną belkę poddaną działaniu siły F , która nie spowodowała odkształcenia ścian belki, w widoku perspektywicznym; fig. 1B - znaną belkę poddaną działaniu siły F , która spowodowała odkształcenia ścian belki; fig. 2 - cienkościnną belkę, według wynalazku, poddaną działaniu siły F , w widoku perspektywicznym; fig. 3A - belkę przymocowaną do podłoża przed napełnieniem jej gazem, w przekroju; fig. 3B - belkę z fig. 3A po napełnieniu jej gazem, w przekroju; fig. 4 - schemat układu sterowania sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii cienkościennej belki wielomodułowej, według wynalazku; fig. 5 - schemat układu sterowania jednego modułu belki; fig. 6 - drugi przykład realizacji belki, przed napełnieniem jej gazem, w przekroju wzdłuż linii X-X z fig. 4, zaś fig. 7 przedstawia belkę z fig. 6, po napełnieniu jej gazem.

Na fig. 1A jest przedstawiona belka poddana zginaniu pod wpływem działania siły F , w stanie gdy ściany belki nie uległy wyboczeniu. W tym przypadku wielkość siły F działającej na belkę była na tyle mała, że naprężenia, które powstały w ścianach belki w wyniku działania tej siły F , nie przekroczyły granicy stateczności materiału, z którego belka została wykonana.

Stan przedstawiony na fig. 1B, dotyczy sytuacji gdy, pod wpływem działania siły F , ściskane ściany (górną i część bocznych) belki uległy wyboczeniu w miejscach, gdzie naprężenia przekroczyły granicę stateczności i energia uderzenia została rozproszona. Wystąpiło gwałtowne zmniejszenie momentu bezwładności przekroju belki, w miejscu gdzie moment gnący był największy, i nastąpiło lawinowe „złamanie” belki. Jak widać, tylko niewielka część materiału belki uległa odkształceniu, biorąc udział w rozpraszaniu energii uderzenia.

Na fig. 2 jest przedstawiony przykład realizacji belki, według wynalazku, z uwidocznionym półprzekrojem „a” belki, przed napełnieniem jej gazem, i półprzekrojem „b”, po napełnieniu gazem, kiedy to ściany belki są wybrzuszone. Belka jest złożona z trzech modułów oddzielonych przegrodami. Wewnątrz każdego modułu znajduje się komora 1. Ilość modułów/komór jest zależna od długości belki i wymaganej precyzji sterowania wytrzymałością belki.

Zwykle belka jest połączona mechanicznie z obiektem, którego fragment ma chronić. Na fig. 3A jest przedstawiony przekrój przez komorę belki, przymocowanej do podłoża, przed napełnieniem jej gazem, zaś na fig. 3B ta sama komora belki, po napełnieniu jej gazem.

W przypadku gdy jest mało miejsca do wbudowania belki o odpowiedniej wytrzymałości, to można zastosować belkę (fig. 6) z wklęsłymi ścianami bocznymi, której przekrój poprzeczny, w stanie przed napełnieniem jej gazem, ma zarys zbliżony do litery X. Ta sama belka po wybuchu jest pokazana na fig. 7. Wysokość h_1 belki przed napełnieniem jej gazem jest mniejsza niż wysokość h_2 belki po wybuchu.

Układ sterowania sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii cienkościennej belki, przedstawiony schematycznie na fig. 4, zawiera centralny sterownik mikroprocesorowy 6 połączony z elementami przyporządkowanymi do trzech komór 1 belki. Na fig. 5 przedstawione są, w powiększeniu, elementy układu sterowania, związane z jedną komorą 1 belki. Elementami tymi są: czujnik ciśnienia 4, generator gazu 3 i zawór regulacji ciśnienia 5. Są one dołączone do centralnego sterownika mikroprocesorowego 6 poprzez szynę sterującą. W alternatywnym przykładzie realizacji układu sterowania, czujniki ciśnienia 4 poszczególnych komór 1 belki mogą być dołączone do kolejnych wejść 1, 2, 3, ..., n (nie pokazano) centralnego sterownika mikroprocesorowego 6, zaś odpowiadające im generatory

gazu 3 i zawory regulacji ciśnienia 5 są wtedy dołączone do wyjść 1, 2, 3, ..., n centralnego sterownika mikroprocesorowego 6.

Wyprowadzenia do czujnika ciśnienia 4, generatora gazu 3 i zaworu regulacji ciśnienia 5 znajdują się w ścianie bocznej każdego modułu belki, w której także jest osadzony zawór bezpieczeństwa 2, chroniący komorę 1 przed rozerwaniem, gdyby zawiodło sterowanie zaworem regulacji ciśnienia 5, a ciśnienie wewnątrz komory 1 byłoby nadmierne.

W przypadku gdy belka zostanie uderzona w obrębie k-tej komory zwiększa się ciśnienie w tej komorze i co najmniej w komorach sąsiednich k-1 i k+1. Czujniki ciśnienia 4 tych komór wysyłają sygnały o wzroście ciśnienia do centralnego sterownika mikroprocesorowego 6, który rejestruje te sygnały i określa, na ich podstawie, kierunek i wartość energii uderzenia. Analiza sygnałów z czujników ciśnienia 4 poszczególnych komór 1 pozwala centralnemu sterownikowi mikroprocesorowemu 6 określić miejsce uderzenia w belkę. Na podstawie wyliczonych wartości energii centralny sterownik mikroprocesorowy 6 wysyła sygnały uruchamiające, w pierwszej kolejności do generatorów gazu 3 komór 1 znajdujących się w strefie uderzenia, a później do generatorów gazu 3 komór 1 sąsiednich.

Sygnał uruchamiający generator gazu 3 powoduje wybuch materiału pirotechnicznego, np. azydku sodu. Gaz powstający podczas wybuchu dostaje się do komory 1. Każdy z generatorów gazu 3 może być wyzwany stopniowo. Ilość wprowadzonego do konkretnej komory 1 gazu określa centralny sterownik mikroprocesorowy 6, na podstawie pomiaru wielkości przyspieszeń lub opóźnień chronionego obiektu (dokonanych przez sam sterownik) oraz na podstawie wielkości ciśnienia panującego w danej chwili w komorze 1, zmierzonego przez czujnik ciśnienia 4 przyporządkowany do tej komory 1.

W zależności od potrzeb może nastąpić napełnianie komór sąsiednich w stosunku do uderzonej i dalszych.

Ciśnienie w komorach 1 wzrasta nie tylko dlatego, że zostały napełnione gazem, ale także z powodu zgniecenia ścian komór 1 podczas uderzenia. Stały monitoring wielkości tego ciśnienia pozwala centralnemu sterownikowi mikroprocesorowemu 6 wyznaczać w sposób ciągły funkcje sterowania generatorów gazu 3 i zaworów regulacji ciśnienia 5. Gdy ciśnienie w danej komorze 1 jest zbyt małe wyzwala się generator gazu 3 i uzupełnia się ilość gazu w komorze 1, gdy ciśnienie jest zbyt duże upuszcza się pewną ilość gazu przez otwarcie zaworu regulacji ciśnienia 5.

Centralny sterownik mikroprocesorowy 6 kontroluje działanie całego układu sterowania, w oparciu o dane zapisane w jego pamięci i dane otrzymane na jego wejściu podczas uderzenia. Dzięki temu poziom ciśnienia w poszczególnych komorach 1 jest utrzymywany między wartością odpowiadającą maksymalnej zdolności do dyssypacji energii uderzenia, a wartością odpowiadającą maksymalnej sztywności modułu belki.

W ten sposób uzyskuje się optymalną ochronę uderzonego miejsca przed nadmiernymi odkształceniami oraz pochłonięcie energii uderzenia.

Po zakończeniu całego procesu zawór regulacji ciśnienia 5 zostaje całkowicie otwarty, gaz zostaje wypuszczony, aby można było bezpiecznie wymienić, czy też usunąć uszkodzone części konstrukcji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób sterowania sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii cienkościennej belki wielomodułowej, przymocowanej do obiektu lub stanowiącej jego element składowy, poddanej obciążeniu w wyniku przypadkowego uderzenia, **znamienny tym**, że w odpowiedzi na obciążenie zwiększa się ciśnienie w komorze uderzonego modułu belki oraz przynajmniej w komorach sąsiednich modułów.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ciśnienie w komorach monitoruje się w sposób ciągły i reguluje się je od uprzednio zadanej wartości granicznej odpowiadającej maksymalnej zdolności do dyssypacji energii gromadzącej się w modułach belki do uprzednio zadanej wartości granicznej odpowiadającej optymalnej sztywności tych modułów belki.

3. Sposób według zastrz. 2, **znamienny tym**, że ciśnienie w komorach zwiększa się przez dodatkowe doprowadzanie gazu do komór, a zmniejsza się przez kontrolowane upuszczanie gazu z komór.

4. Sposób według zastrz. 3, **znamienny tym**, że dodatkowe doprowadzanie gazu do komór odbywa się przez stopniowe wyzwalać generatorów gazu, a kontrolowane upuszczanie gazu z komór odbywa się przez otwieranie zaworów regulacji ciśnienia w komorach.

5. Układ sterowania sztywnością i zdolnością do dyssypacji energii cienkościennej belki wielomodułowej, przymocowanej do obiektu lub stanowiącej jego element składowy, poddanej obciążeniu w wyniku przypadkowego uderzenia, **znamienny tym**, że zawiera centralny sterownik mikroprocesorowy

rowy (6), do którego są dołączone generatory gazu (3), czujniki ciśnienia (4) i zawory regulacji ciśnienia (5), przyporządkowane komórkom (1) poszczególnych modułów 1, 2, 3, ..., n belki.

6. Układ według zastrz. 5, **znamienny tym**, że czujniki ciśnienia (4) poszczególnych komór (1) są dołączone do kolejnych wejść 1, 2, 3, ..., n centralnego sterownika mikroprocesorowego (6), zaś odpowiadające im generatory gazu (3) i zawory regulacji ciśnienia (5) są dołączone do wyjść 1, 2, 3, ..., n centralnego sterownika mikroprocesorowego (6).

7. Układ według zastrz. 5, **znamienny tym**, że wszystkie generatory gazu (3), czujniki ciśnienia (4) i zawory regulacji ciśnienia (5) są połączone z centralnym sterownikiem mikroprocesorowym (6) poprzez szynę sterującą.

8. Układ według zastrz. 5, **znamienny tym**, że generatorami gazu (3) są ładunki pirotechniczne o wielostopniowym wyzwaniu.

9. Układ według zastrz. 5, **znamienny tym**, że w komorze (1) każdego modułu belki znajduje się zawór bezpieczeństwa (2).

10. Cienkościenne belka wielomodułowa, o regulowanej sztywności i zdolności do dyssypacji energii, **znamienna tym**, że zawiera oddzielone od siebie przegrodami komory (1), a w ścianie każdej komory (1) jest zamocowany zawór bezpieczeństwa (2) oraz wyprowadzenia do generatora gazu (3), do czujnika ciśnienia (4) i do zaworu regulacji ciśnienia (5).

11. Belka według zastrz. 10, **znamienna tym**, że przekrój poprzeczny każdej komory (1) belki ma zarys zbliżony do prostokąta.

12. Belka według zastrz. 10, **znamienna tym**, że przekrój poprzeczny każdej komory (1) belki ma zarys zbliżony do litery X.

Rysunki

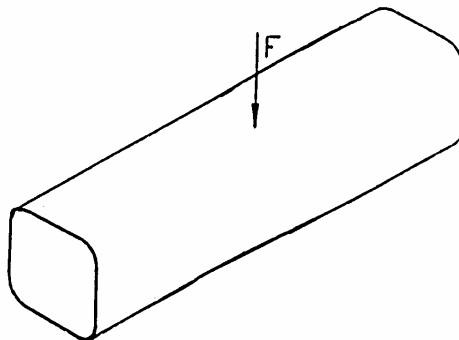


Fig. 1A

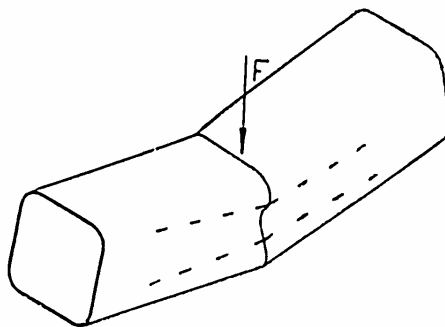


Fig. 1B

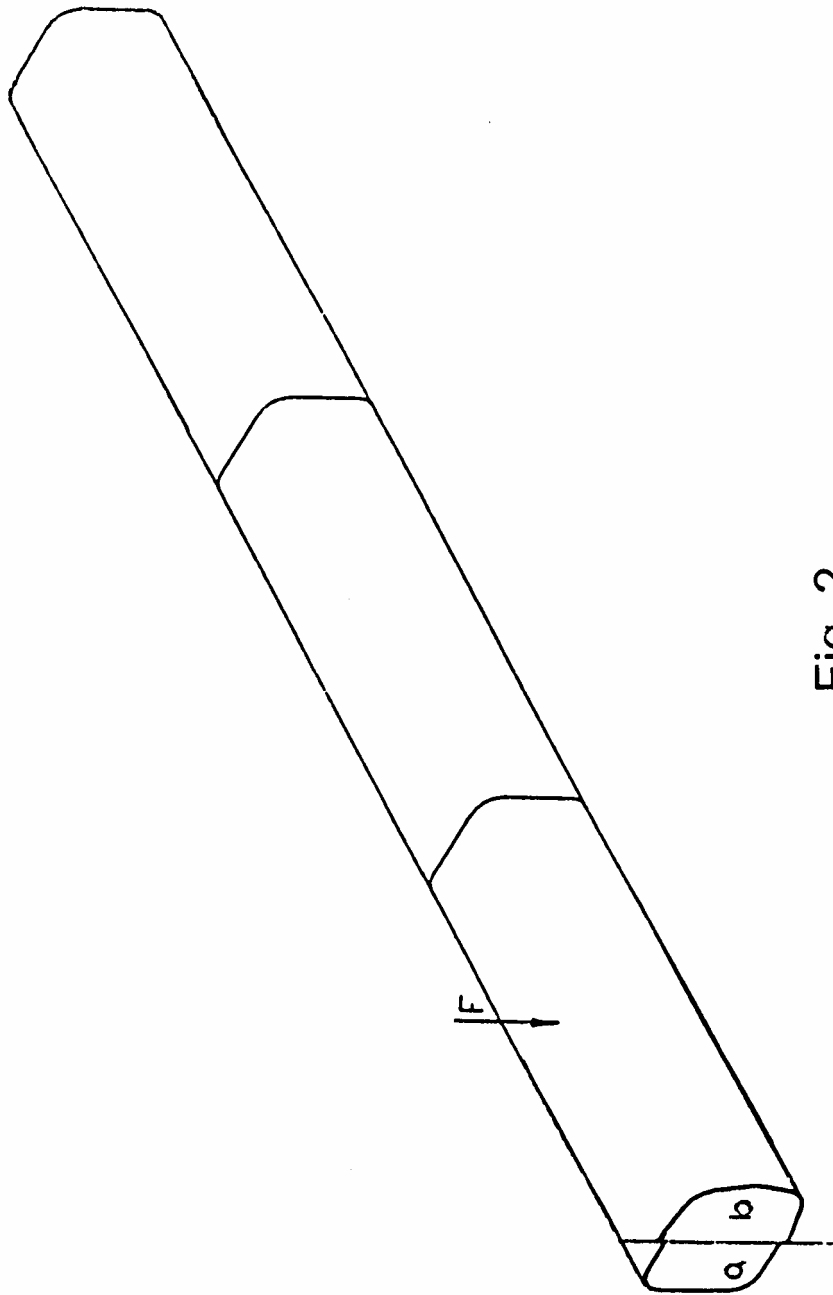


Fig. 2

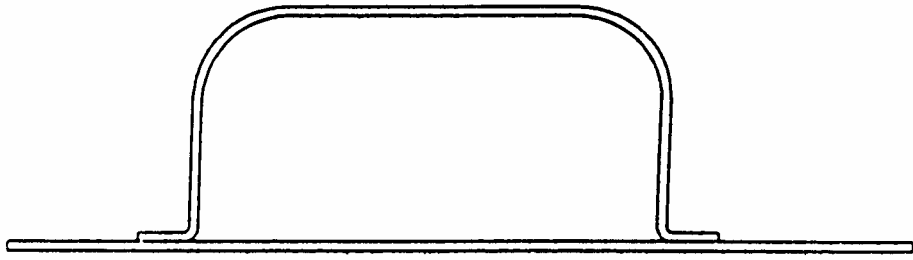


Fig. 3A

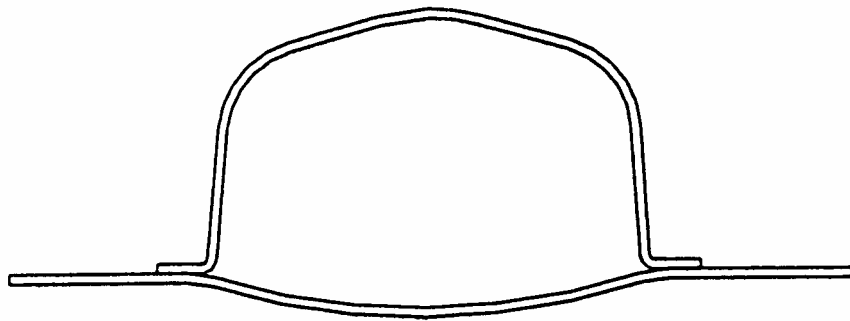


Fig. 3B

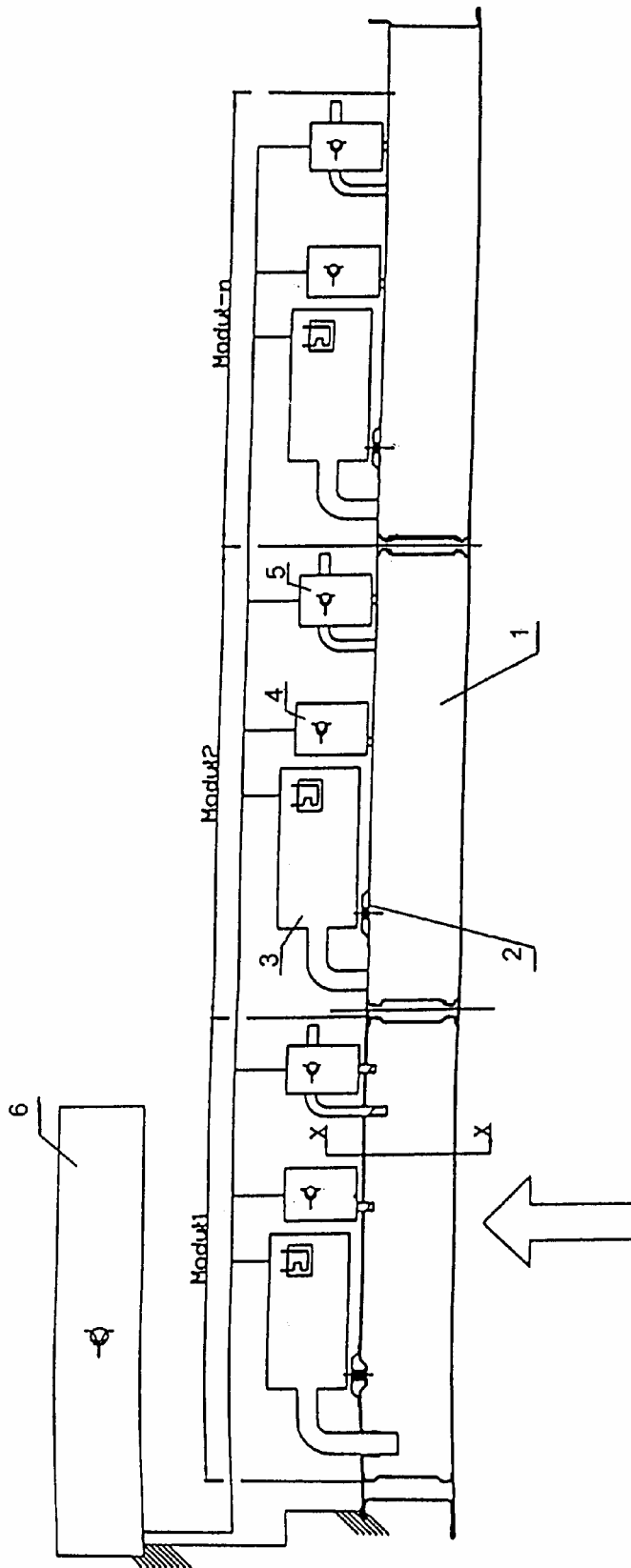


Fig. 4

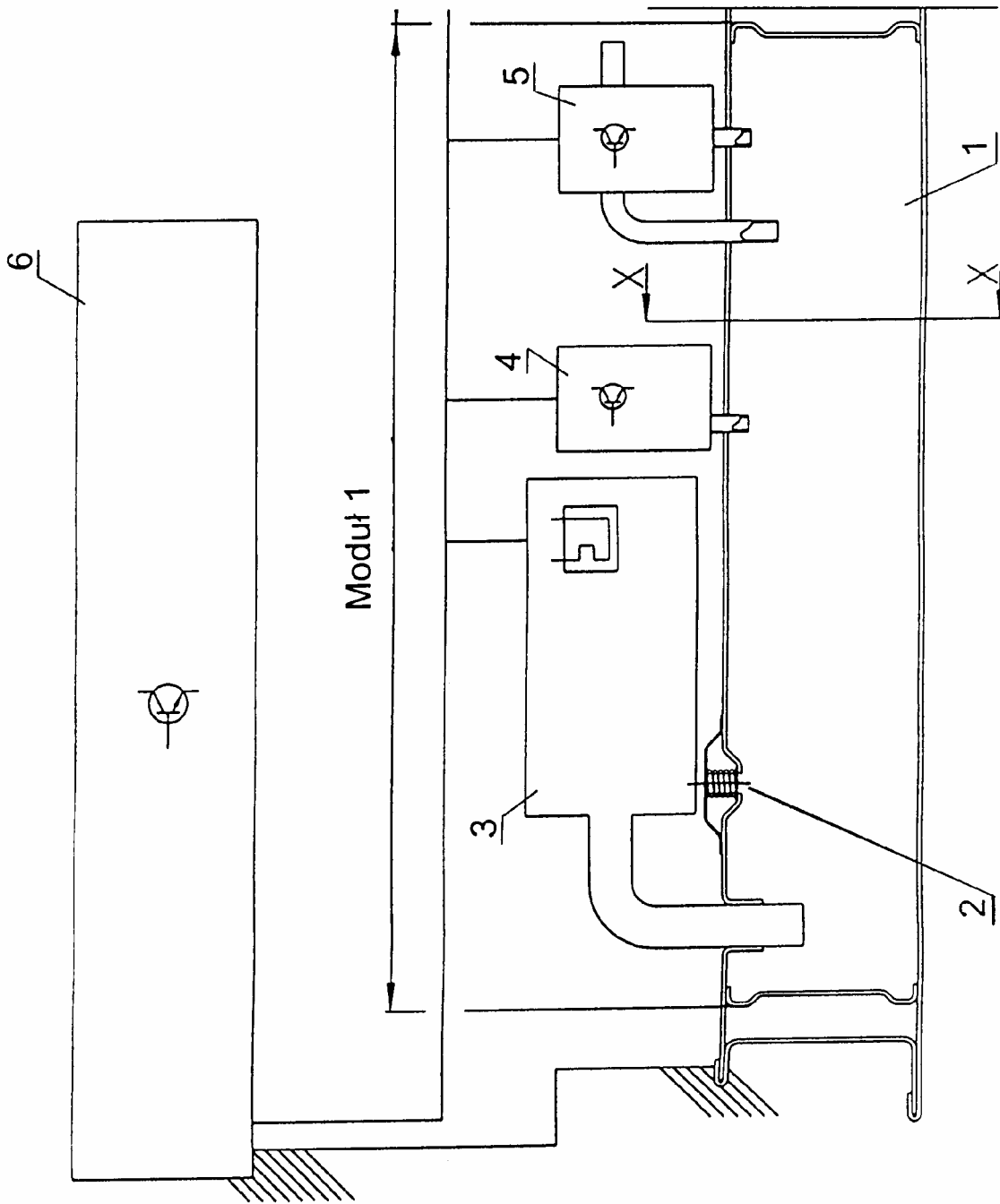


Fig. 5

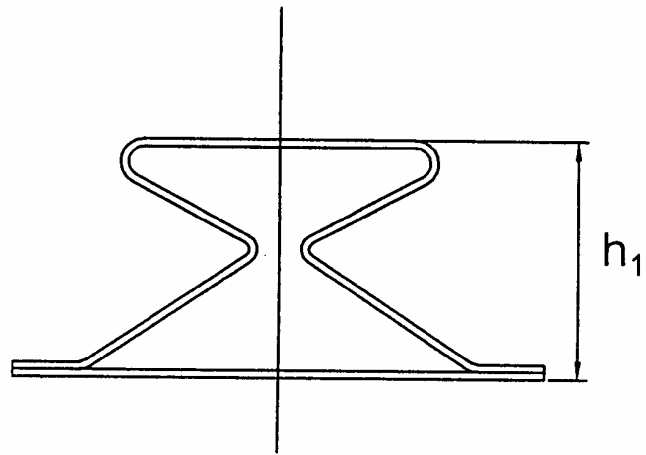


Fig. 6

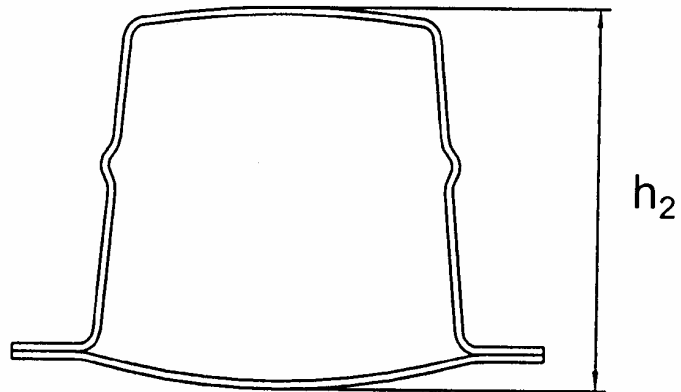


Fig. 7