

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **237424**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **427153**

(51) Int. Cl.
B23Q 3/08 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **21.09.2018**

(54) **Sposób tłumienia drgań samowzbudnych elementów cienkościennych
podczas obróbki skrawaniem**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
25.03.2019 BUP 07/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
19.04.2021 WUP 08/21

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL
ULTRATECH SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Rzeszów, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

JERZY JĘDRZEJEWSKI, Wrocław, PL
WOJCIECH KWAŚNY, Wrocław, PL
ANDRZEJ BŁAŻEJEWSKI, Wrocław, PL
MIROSŁAW GROCHOWSKI, Wrocław, PL
MARCIN KASPRZAK, Kielczów, PL
PAWEŁ MACIOŁKA, Wrocław, PL
MAREK BUJNY, Sędziszów Małopolski, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Piotr Otręba

PL 237424 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób tłumienia drgań samowzbudnych obrabianych elementów cienkościennych o małej sztywności podczas obróbki skrawaniem, na przykład przy frezowaniu.

W obróbce skrawaniem występują drgania samowzbudne powodujące nadmierną chropowatość i zniekształcenia warstwy wierzchniej gotowego wytworu, które w wielu przypadkach są niedopuszczalne, z uwagi, iż przy eksploatacji tych elementów mogą prowadzić do powstawania ich pęknięć i zniszczenia, a w konsekwencji do groźnego – w skutkach uszkodzenia zespołu, w którym znajdują zastosowanie. Drgania samowzbudne ograniczają możliwą do zastosowania prędkość skrawania i wydajność procesu, obróbki. Wciąż więc podejmowane są nowe działania, aby przeciwdziałać powstawaniu tych drgań w możliwie jak największym zakresie wartości parametrów skrawania (w tym frezowania), zwłaszcza prędkości skrawania przekładającej się na możliwą do zastosowania prędkość obrotową wrzeciona frezarki, na której prowadzi się obróbkę.

Tłumienie drgań samowzbudnych w obrabianych elementach cienkościennych można eliminować poprzez stosowanie woreczków z piaskiem (śrutem ołowianym lub stalowym), które wrzucone między przyrząd a obrabiany przedmiot służą jako masa tłumiąca drgania. Wadą tego rozwiązania jest duża przypadkowość i brak powtarzalności, co przy produkcji jednostkowej przyczynia się do wzrostu prawdopodobieństwa powstawania wybrakowanych elementów cienkościennych.

Kolejnym znanym rozwiązaniem zmiany częstotliwości drgań własnych jest zmiana parametrów obróbki. Takie rozwiązanie znane jest z polskiego opisu patentowego. PL 194203 B1, w którym przedstawiono nadzorowanie drgań narzędzie-przedmiot obrabiany w procesie, frezowania czołowego rowków. Wadą tego rozwiązania jest zmniejszanie prędkości, a w konsekwencji nie pełne wykorzystanie mocy maszyny i wydłużenie czasu obróbki, co przekłada się na wzrost kosztów.

Kolejno, w polskim dokumencie patentowym PL 175742 B1 wykorzystano pomiar, obliczenia i analizę drgań w sposób ciągły, tak że aktywnie zmienia się prędkość kątową ruchu głównego, aż do momentu ustąpienia drgań całej maszyny razem z przedmiotem. Wadą tego rozwiązania jest konieczność przerywania procesu obróbki na analizy, lub w celu, zmiany parametrów obróbki oraz powtórzenie od początku tego samego programu obróbki z nowymi parametrami. Takie rozwiązanie również wydłuża czas obróbki i nie gwarantuje stałego czasu na wykonanie takich prób, aby drgania ustały.

Z polskiego opisu patentowego PL 204567 B1 znane jest wykorzystanie podciśnienia do podtrzymywania przedmiotów obrabianych, w których powierzchnia przylegania może być porowata lub płaska. Uchwyty oraz podpory z przyssawkami mają za zadanie usztywnić cały obrabiany przedmiot lub wybrane powierzchnie obrabianego przedmiotu za pomocą sztywnego połączenia przedmiotu do przyrządu. Wadą takich rozwiązań jest możliwość pozostawienia śladu na przedmiocie w miejscu podtrzymania.

Celem wynalazku jest, podczas procesu obróbki skrawaniem, dla poprawy jakości obrabianego produktu, zwiększenie sztywności obrabianego cienkościennego elementu, który stanowi albo obrabiany wytwór w całości albo element większego wytworu.

Sposób tłumienia drgań samowzbudnych elementów cienkościennych podczas obróbki skrawaniem według wynalazku charakteryzuje się tym, iż obrabianą powierzchnię elementu cienkościennego usztywnia się modułem masowym, zespalać przylegle, zasadniczo w całości przy życiu podciśnienia, jego sztywną przyssawną powierzchnię z powierzchnią obrabianego elementu, przeciwną względem powierzchni obrabianej narzędziem skrawającym.

Korzystnie jako moduł masowy stosuje się jednoelementową masę tłumiąco-usztywniającą.

Korzystnie jako moduł masowy stosuje się kilka mocowanych do cienkościennego elementu mas tłumiąco-usztywniających.

Korzystnie podczas obróbki skrawaniem elementu cienkościennego, stale przy użyciu czujnika podciśnienia, monitoruje się poziom podciśnienia, a gdy jego wartość obniży się do poziomu stwarzającego możliwość odłączenia się modułu masowego od obrabianego cienkościennego elementu, do obrabianego cienkościennego elementu moduł masowy dociska się popychaczem.

Korzystnie gdy jako moduł masowy stosuje się kilka mocowanych do cienkościennego elementu mas tłumiąco-usztywniających, indywidualnie każdej z nich przydziela się popychać z i czujnik podciśnienia.

Korzystnie stanowiące moduł masowy masy tłumiąco-usztywniające umieszcza się w związującym je swobodnie panelu prowadzącym.

Korzystnie panel prowadzący swobodnie związuje się z konstrukcją przyrządu obróbkowego.

Korzystnie panel prowadzący na sztywno łączy się z konstrukcją przyrządu obróbkowego.

Korzystnie jako panel prowadzący stosuje się płytę, w której utworzone są przelotowe gniazda dla mas tłumiąco-usztywniających.

W rozwiązaniu według wynalazku jako moduł masowy stosuje się masę/masy tłumiąco-usztywniające, mające postać sztywnych płytowych kształtek, pokrywających powierzchnię cienkościennego przedmiotu tak, aby cała cienka ścianka obrabianego przedmiotu została usztywniona. Każdorazowo liczbę, wielkość i kształt mas tłumiąco-usztywniających dobiera się do geometrii przedmiotu obrabianego. Zaletą rozwiązania jest skuteczne i pewne usztywnienie obrabianego elementu. W rozwiązaniu według wynalazku usztywnia się powierzchnie obrabianego przedmiotu poprzez zwiększenie jego masy a nie przez dodatkowy punkt podparcia lub mocowania jak to jest rozwiązane w opisie patentowym PL 204567.

Korzystnie (opcjonalnie) działaniem układu tłumiącego, tworzonego na potrzeby realizacji sposobu według wynalazku, zarządza układ sterowania (monitorowania), który odczytuje stan podciśnienia z czujników podciśnienia i odpowiednio reaguje poprzez załączenie popychacza modułu masowego. Tym samym zapewniony jest stały kontakt z przedmiotem obrabianym i z modułem masowym tłumiącym drgania.

Przedmiot wynalazku został pokazany na rysunku na którym fig. 1 przedstawia schemat realizacji rozwiązania według wynalazku w pierwszym przykładzie wykonania, fig. 2 – schemat realizacji rozwiązania według wynalazku w drugim przykładzie wykonania, fig. 3 – moduł masowy w widoku aksonometrycznym z przekrojem, fig. 4 – panel prowadzący oraz osadzona w nim jedna masa modułu masowego a fig. 5 panel prowadzący oraz osadzona w nim jedna masa modułu masowego w widoku aksonometrycznym i w rzucie od dołu.

Sposób tłumienia drgań samowzbudnych elementów cienkościennych podczas obróbki skrawaniem w pierwszym przykładzie realizacji według wynalazku polega na tym, iż na czas obróbki skrawaniem do powierzchni, obrabianego cienkościennego elementu 1, przy wykorzystaniu podciśnienia, przymocowuje się, usztywniający tą powierzchnię moduł masowy 2 w postaci jednoelementowej sztywnej masy tłumiąco-usztywniającej. Moduł masowy 2 przymocowuje się do powierzchni obrabianego cienkościennego elementu 1, z przeciwnej strony względem powierzchni obrabianej narzędziem skrawającym 3. Moduł masowy 2 do obrabianego cienkościennego elementu 1 przytwierdza się zespalać przyлегle, zasadniczo w całości, jego sztywną przysawną powierzchnię z płaską powierzchnią obrabianego elementu 1 poprzez jego przyłożenie, a następnie przyssanie do obrabianego cienkościennego elementu 1 poprzez wytworzenie próżni, przy użyciu, przyłączanej do modułu masowego 2, pompy próżniowej 4 (Fig. 1). Przeznaczona do stosowania w rozwiązaniu według wynalazku jako moduł masowy 2, masa tłumiąco-usztywniająca ma postać sztywnej płytkowej kształtki, w której utworzona jest ograniczona uszczelką pierścieniową komora przylgowa, poprzez przyłącznie (zawór), łączona przewodem ze źródłem podciśnienia – pompą próżniową 4. Jako uszczelnienie stosuje się uszczelkę 11 typu o-ring lub z wargą skierowaną na zewnątrz (Fig. 3).

Sposób tłumienia drgań samowzbudnych elementów cienkościennych podczas obróbki skrawaniem w przykładzie realizacji drugim według wynalazku realizuje się identycznie jak w przykładzie realizacji pierwszym, z tym że dodatkowo podczas obróbki skrawaniem cienkościennego elementu 1, usztywnionego w celu eliminacji drgań samowzbudnych, sztywnym modułem masowym 2, przy użyciu zamocowanego do modułu masowego 2 czujnika podciśnienia 5, korzystnie czujnika bezprzewodowego, monitoruje się poziom podciśnienia. Gdy wartość podciśnienia obniży się do poziomu stwarzającego zagrożenie odczepienie się modułu masowego 2 od obrabianego cienkościennego elementu 1, wówczas moduł masowy 2 dociska się do obrabianego cienkościennego elementu 1 popychaczem 6 zasilanym z układu nadciśnienia 7. Jako popychacz 6 stosuje się popychacz pneumatyczny. I tak, zbyt małe podciśnienie, nieosiągające wartości gwarantującej skuteczne przyssanie modułu masowego 2, sygnalizowane przez czujnik podciśnienia 5, rozpoznawane jest przez układ sterowania 8, który powoduje zadziałanie popychacza 6, który dociska moduł masowy 2 do wiotkiej powierzchni przedmiotu obrabianego. Towarzyszy temu uruchomienie przez układ sterowania 8, zaworu doprowadzającego sprężone powietrze do popychacza 6. Popychacz 6, do modułu masowego 2 dociska z taką siłą, aby uzyskać początkową, wytwarzaną podciśnieniem trwałość połączenia. Sygnał z czujnika; podciśnienia 5 do układu sterowania 8 wysyłany jest bezprzewodowo. Popychacz 6 mocuje się na wsporniku 9, który przymocowany jest do obrabiarki lub przyrządu ustalającego i mocującego przedmiot na obrabiarce (Fig. 2). W rozwiązaniu według wynalazku stosuje się popychacz 6, który składa się z elastycznego mieszka wykonanego na przykład

z kauczuku, NBR lub gumy, przyłącza doprowadzającego ciśnienie, tulei osłaniającej mieszek przed zniszczeniem, oraz zacisku mocującego przyłączy z mieszkami. Popychacz 6 powinien charakteryzować się małą wagą i elastyczną końcówką, która nie odkształca się trwale oraz nie powoduje trwałych, miejscowych odkształceń powierzchni cienkościennego elementu 1.

Sposób tłumienia drgań samowzbudnych elementów cienkościennech podczas obróbki skrawaniem w trzecim przykładzie realizacji według wynalazku różni się od przykładu pierwszego tym, że stosuje się moduł masowy 2, który składa się z wielu, mocowanych do obrabianego cienkościennego elementu 1, mas tłumiąco-usztywniających. Na czas obróbki masy tłumiąco-usztywniające umieszcza się w związującym je swobodnie (podatnie) panelu prowadzącym 10, który swobodnie (podatnie) lub sztywno, na przykład śrubami, związuje się z konstrukcją przyrządu obróbkowego. Jako panel prowadzący 10 stosuje się płytę, w której utworzone są przelotowe gniazda 10a dla mas tłumiąco-usztywniających (Fig. 4, 5). W niniejszym przykładzie realizacji podobnie jak w przykładzie realizacji drugim można, przy użyciu zamocowanych do poszczególnych mas tłumiąco-usztywniających czujników podciśnienia 5, monitorować poziom podciśnienia, a gdy na danej masie tłumiąco-usztywniającej wartość podciśnienia obniży się do poziomu stwarzającego zagrożenie odłączenia się jej od obrabianego cienkościennego elementu 1, wówczas daną masę tłumiąco-usztywniającą dociska się do obrabianego cienkościennego elementu 1 przynależnym mu popychaczem 6. Ciśnienie styku każdej z mas i cienkiej ścianki, są niezależnie, monitorowane podczas obróbki. W rozwiązaniu według tego przykładu realizacji, każdorazowo w sposób niezależny dla danej masy tłumiąco-usztywniającej wchodzącej w skład modułu masowego 2, poprzez uruchomienie przynależnego do danej masy tłumiąco-usztywniającej popychacza 6, przywraca się wymaganą sztywność połączenia w przypadku zmniejszenia się w nim podciśnienia.

W rozwiązaniu według wynalazku, dla wszystkich przykładów wykonania stosuje się masę/masy tłumiąco-usztywniające, z których każda zbudowana jest z materiału o sztywności i gęstości bliskiej sztywności i gęstości materiału obrabianego. Kształt całościowy modułu masowego 2 dobiera się tak, by nie wprowadzał nadmiernych deformacji w przedmiocie obrabianym w wyniku przyssania. Korzystnie jest, kiedy kształt powierzchni kontaktowej modułu masowego 2, w miejscu jego montażu, jest bardzo zbliżony lub identyczny z kształtem powierzchni obrabianego cienkościennego elementu 1. W przypadku zastosowania wielu mas tłumiąco-usztywniających korzystne jest związanie ich swobodnie (podatnie) z konstrukcją przyrządu obróbkowego, na przykład za pomocą dodatkowego elementu wsporczego lub panelu prowadzącego 10. Związanie mas tłumiąco-usztywniających z elementem wsporczym ma na celu ustalenie położenia poszczególnych mas względem obrabianego cienkościennego elementu 1. W rozwiązaniu czujniki podciśnienia 5 komunikują się bezprzewodowo z systemem nadrzędnym wykorzystując protokół oparty na modułach Zigbee. Każdy czujnik podciśnienia 5 wykorzystuje system ładowania bezprzewodowego. Dzięki temu, jedynym wyjściem z jego obudowy jest miejsce pomiaru podciśnienia, co znacznie ułatwia uzyskanie dużej odporności na czynniki zewnętrzne, jak na przykład płyny obróbkowe. Usprawnia to również proces ładowania oraz umożliwia stałe zamocowanie czujników 5. Każdy czujnik podciśnienia 5 ma indywidualny adres, co umożliwia identyfikację miejsca spadku podciśnienia i wymuszenie odpowiedniej reakcji we właściwym module masowym 2. Przez odpowiednią reakcję rozumie się zadziałanie popychacza 6. Sposób realizuje się w pętli sprzężenia zwrotnego. Stan podciśnienia w każdej masie tłumiąco-usztywniającej przedstawiony jest na ekranie w celu wizualizacji pracy urządzenia. Popychacze 6 można wykorzystać również w sytuacji, gdy chcemy automatycznie dopchnąć wszystkie masy tłumiąco-usztywniające do konstrukcji zaraz po założeniu całego przyrządu na obrabianą konstrukcję. Zastosowanie w rozwiązaniu popychaczy 6 eliminuje potrzebę zatrzymania procesu obróbki w celu poprawy, przyssania masy tłumiąco-usztywniającej przy użyciu podciśnienia. Takie zatrzymanie znacznie wydłuża czas procesu oraz pogorsza szybkość zareagowania. Panel prowadzący 10 pozycjonuje poszczególne masy tłumiąco-usztywniające oraz pełni funkcję zabezpieczenia przed całkowitym ich odpadnięciem. Masy tłumiąco-usztywniające w panelu prowadzącym 10 w przynależnych im gniazdach 10a umieszcza się z luzem około 0,5 mm.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób tłumienia drgań samowzbudnych elementów cienkościennych podczas obróbki skrawaniem **znamienny tym**, że obrabianą powierzchnię cienkościennego elementu (1) usztywnia się modułem masowym (2), zespalać przylegle, zasadniczo w całości przy życiu podciśnienia, jego sztywną przyssawną powierzchnię z powierzchnią obrabianego cienkościennego elementu (1) przeciwną względem powierzchni obrabianej narzędziem skrawającym (3).
2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że jako moduł masowy (2) stosuje się jednoelementową masę tłumiąco-usztywniającą.
3. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że jako moduł masowy (2) stosuje się kilka mocowanych do cienkościennego elementu (1) mas tłumiąco-usztywniających.
4. Sposób według zastrz. 1 albo 2 albo 3 **znamienny tym**, że podczas obróbki skrawaniem cienkościennego elementu (1), stale, przy użyciu czujnika podciśnienia (5), monitoruje się poziom podciśnienia, a gdy jego wartość obniży się do poziomu stwarzającego możliwość odłączenia się modułu masowego (2) od obrabianego cienkościennego elementu (1), do obrabianego cienkościennego elementu (1) moduł masowy (2) dociska się popychaczem (6).
5. Sposób według zastrz. 4 **znamienny tym**, że jako moduł masowy (2) stosuje się kilka mocowanych do cienkościennego elementu (1) mas tłumiąco-usztywniających, z których każdej indywidualnie przypisuje się, popychacz (6) i czujnik podciśnienia (5).
6. Sposób według zastrz. 3 albo 5 **znamienny tym**, że stanowiące moduł masowy (2) masy tłumiąco-usztywniające umieszcza się w związującym je swobodnie panelu prowadzącym (10).
7. Sposób według zastrz. 6 **znamienny tym**, że panel prowadzący (10) swobodnie zwiazuje się z konstrukcją przyrządu obróbkowego.
8. Sposób według zastrz. 6 **znamienny tym**, że panel prowadzący (10) na sztywno zwiazuje się z konstrukcją przyrządu obróbkowego.
9. Sposób według zastrz. 6 **znamienny tym**, że jako panel prowadzący (10) stosuje się płytę, w której utworzone są przelotowe gniazda (10a) dla mas tłumiąco-usztywniających.

Rysunki

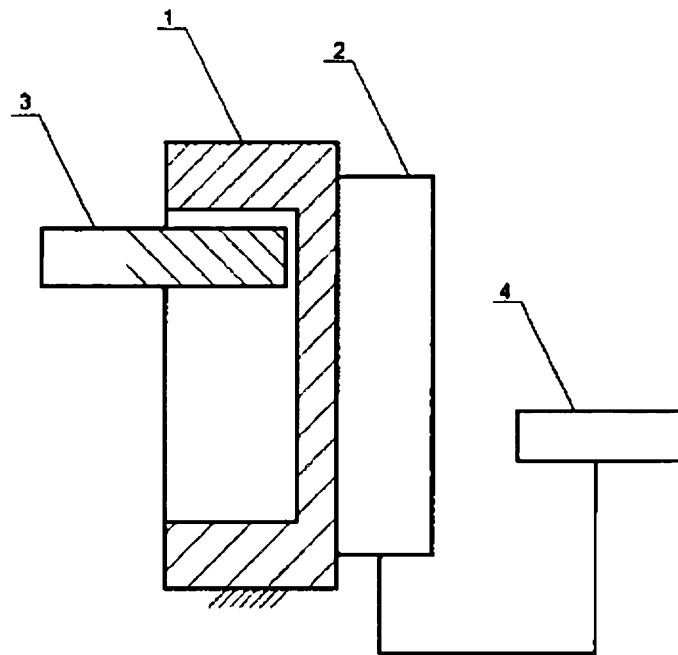


Fig. 1

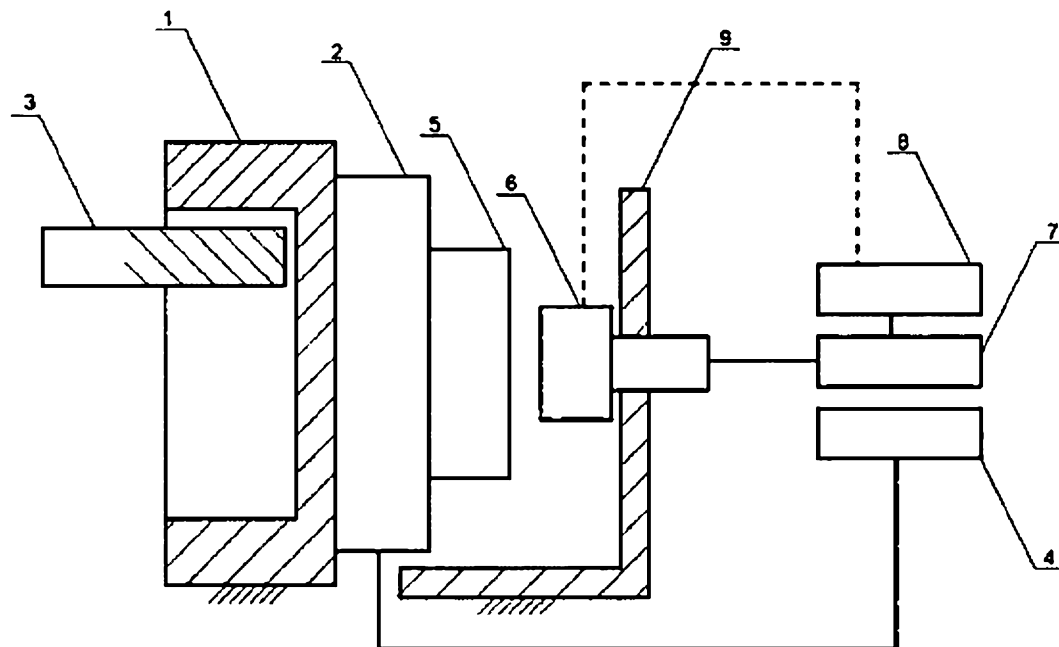
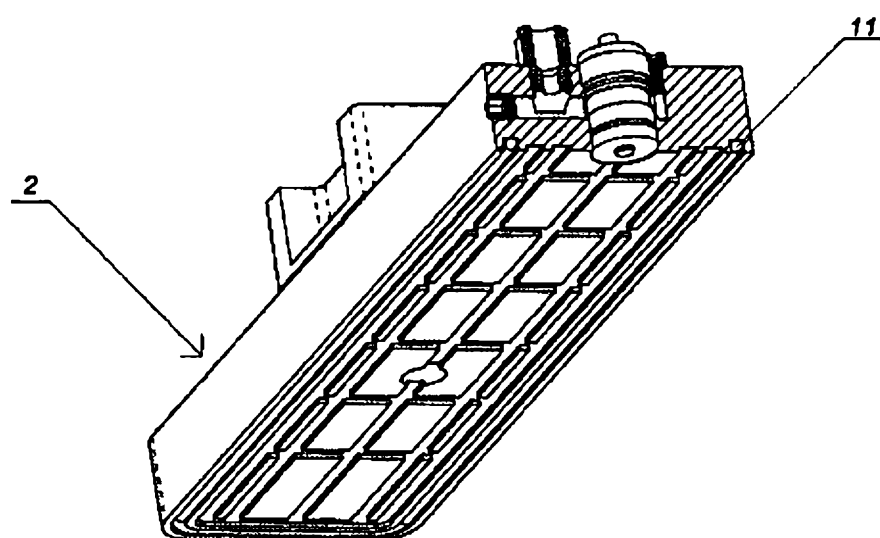
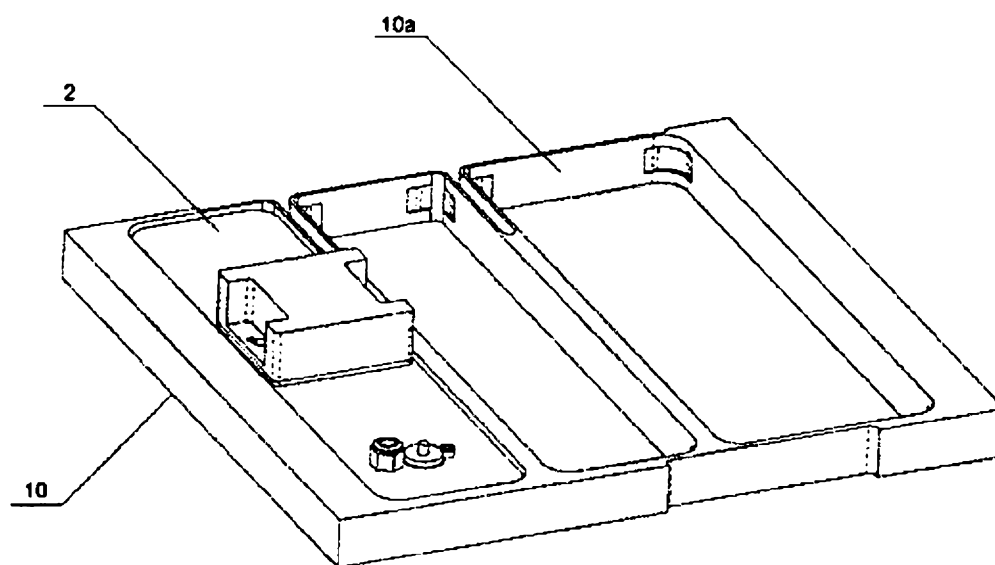
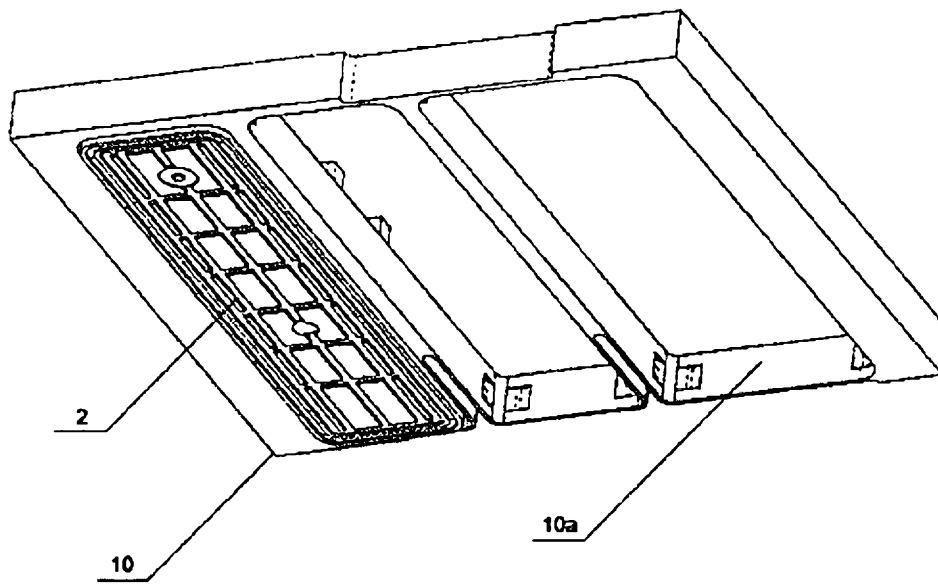


Fig. 2

*Fig. 3**Fig. 4*

*Fig. 5*