

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **241741**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **436450**

(51) Int.Cl.
B23K 37/00 (2006.01)
B23K 31/00 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **22.12.2020**

(54)

Zestaw spawalniczy i sposób spawania

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

27.06.2022 BUP 26/22

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.11.2022 WUP 48/22

(73) Uprawniony z patentu:

**LEANN STAŃCZYK SPÓŁKA AKCYJNA,
Słupsk, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

ŁUKASZ STAŃCZYK, Kobylnica, PL
ARKADIUSZ JAROSIEWICZ, Łosino, PL
REMIGIUSZ KWIATKOWSKI, Słupsk, PL

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Piotr Rytlewski

PL 241741 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest zestaw spawalniczy i sposób spawania konstrukcji wykonanych z elementów o dużym współczynniku kształtu (stosunku długości elementu do wielkości jego średnicy – dalej w niniejszym opisie skrótowo zwaną „konstrukcją”), np. z prętów, spawanych z różnego typu elementami przyłączeniowymi, zwłaszcza z ramami.

Znane są różne zestawy urządzeń i sposoby spawania z wykorzystaniem wstępnego lub poprocesowego ogrzewania, w tym ogrzewania indukcyjnego (np.: WO2009129143A1, US10166635B2). Obecne tendencje rozwojowe technik spawania są głównie skoncentrowane na: (i) skróceniu czasu trwania procesu, np. zwiększenie szybkości spawania w pojedynczym przejściu, (ii) kontroli właściwości termomechanicznych uzyskiwanych złączy, lub (iii) uzyskiwaniu jak najwyższych zawartości ferrytu drobnoziarnistego w złączu spawalniczym, poprzez ograniczenie ciepła pochodzącego z łuku spawalniczego. Znane metody spawalnicze typu: MIG, MAG, TIG oraz ich modyfikacje, typu: technologia K-TIG (ok. 100x szybsza od klasycznej technologii TIG), czy też technologia A-TIG (stosowana przez Instytut Spawalnictwa w Gliwicach), a także technologia spawania łukiem krytym nie umożliwiają precyzyjnego, selektywnego i lokalnego chłodzenia, a przez to uzyskiwania spoin o bardzo dużej zawartości ferrytu drobnoziarnistego, przy równoczesnej redukcji naprężeń spawalniczych. Redukcja naprężeń ma szczególnie istotne znaczenie w przypadku konstrukcji wykonanych z elementów o dużym współczynniku kształtu. Ulegają one silnym zmianom wymiarów liniowych doprowadzając w efekcie do odkształcania się elementów spawanych. Jedną z możliwych technik eliminujących te naprężenia jest wstępne wygrzewanie konstrukcji spawanej. Jednak w przypadku ogrzewania konstrukcji nielitych, zwłaszcza prętowych, tradycyjne ogrzewanie jest nieefektywne, ponieważ trudno jest efektywnie i szybko przekazać ciepło na obszar takiej konstrukcji spawanej. Z wyżej wymienionych względów stwierdza się uzasadnioną potrzebę opracowania takiego zestawu spawalniczego i sposobu spawania, które pozwolą uzyskać elastyczne złącza spawalnicze poprzez znaczny udział ferrytu drobnoziarnistego w ich strukturze, i zminimalizować naprężenia odkształcające spawane elementy poprzez odpowiednie środki techniczne (ogrzewanie indukcyjne).

Celem wynalazku było opracowanie zestawu spawalniczego i sposobu spawania, które umożliwiłyby zmniejszenie wartości naprężeń spawalniczych konstrukcji prętowych oraz zwiększenie elastyczności tworzonych spoin poprzez specjalny układ i sposób ich chłodzenia.

Istotą wynalazku jest zestaw spawalniczy do spawania konstrukcji wykonanych z elementów o dużym współczynniku kształtu, z co najmniej jednym elementem przyłączeniowym, który to zestaw zawiera przyrząd montażowy z elementami podtrzymującymi, nastawnymi, dociskowymi, czujniki temperaturowe oraz co najmniej jednego robota o ramieniu wielo-osiowym wyposażonego w układ spawalniczy. Zestaw ten charakteryzuje się tym, że przyrząd montażowy wyposażony jest w co najmniej jedną cewkę indukcyjną, a ramię robota spawalniczego ma dodatkowo co najmniej jedną mikrodyszę rozprężanego gazu.

Korzystne jest, gdy elementami dociskowymi są siłowniki pneumatyczne. Dobrze jest również, jeżeli elementy podtrzymujące zawierają czujniki temperaturowe w postaci termopar, które połączone są z mikroprocesorowym układem kontrolno-sterującym. Cewka indukcyjna może być przesuwana poprzez napęd liniowy i sterowana wraz z tym napędem układem kontrolno-sterującym.

Zestaw zawiera korzystnie cztery cewki indukcyjne, każda wyposażona w niezależny napęd liniowy i niezależnie sterowana układem kontrolno-sterującym. Wskazane jest, aby ramię sześć-osiowe robota było wyposażone w spawarkę układu spawalniczego i dwie mikrodysze rozprężanego gazu, przy czym spawarka i mikrodysze sterowane są wspólnym układem kontrolno-sterującym. Korzystne jest, jeżeli zestaw ten zawiera dwa roboty o ramionach 6-osiowych, każdy wyposażony w spawarkę i po dwie mikrodysze typu "Cold Air Guns" rozprężanego gazu, sterowane układem kontrolno-sterującym.

Przedmiotem wynalazku jest również sposób spawania konstrukcji wykonanych z elementów o dużym współczynniku kształtu z elementem przyłączeniowym, polegający na ich zestawieniu, ogrzewaniu konstrukcji, ustabilizowaniu jej temperatury, a następnie na spawaniu w lokalnie wyznaczonych miejscach styku tej konstrukcji z co najmniej jednym elementem przyłączeniowym. Sposób ten charakteryzuje się tym, że konstrukcja jest ogrzewana indukcyjnie, następnie spawana z elementem przyłączeniowym, przy czym bezpośrednio po każdym wykonaniu złącza spawalniczego następuje nadmuchiwanie silnie rozprężanego gazu obojętnego o temperaturze mniejszej od temperatury 20°C. Korzystne jest, jeżeli złącze spawalnicze znajduje się w strumieniu rozprężanego gazu obojętnego o temperaturze ujemnej. W warunkach normalnych dobrze jest, gdy złącze spawalnicze o rozmiarach około 12 mm,

znajduje się w strumieniu rozprężanego gazu obojętnego o temperaturze około od -3°C do 0°C w czasie około 5 sekund. Wskazane jest, aby konstrukcja ogrzewana była płaskimi cewkami indukcyjnymi skanującymi obszar tej konstrukcji. Korzystne jest, gdy przed rozpoczęciem spawania, konstrukcja nagrzewana jest indukcyjnie do temperatury co najmniej 100°C , a szczególnie korzystnie do około 160°C . Wskazaniem jest spawanie konstrukcji z użyciem nieciąglej elektrody topliwiej w osłonie gazów aktywnych (tzw. techniką MAG). Opcjonalnie konstrukcję stanowi konstrukcja prętowa (siatka z prętów), natomiast elementami przyłączeniowymi są obwodowa rama oraz elementy blaszane. Dobrze jest, jeżeli spawanie zachodzi jednocześnie w dwóch symetrycznie przeciwnych miejscach spawania konstrukcji z elementem przyłączeniowym.

Przykład realizacji wynalazku został przedstawiony na rysunku, na którym poszczególne figury przedstawiają:

fig. 1 – konstrukcję prętową zespawaną z elementami przyłączeniowymi (ramą i elementami blaszanymi);

fig. 2 – konstrukcję prętową i element przyłączeniowy (rama) w przyrządzie montażowym;

fig. 3 – schemat zestawu spawalniczego;

fig. 4 – układ spawarki z dwoma mikrodyszami chłodzącymi;

fig. 5 – obszary spawania konstrukcji prętowej z elementami przyłączeniowymi (ramą i elementami blaszanymi) – wskazanie kolejności spawania poszczególnych par symetrycznie przeciwnych obszarów.

Przykład realizacji

Zestaw spawalniczy do zespawania konstrukcji 1a prętowej z elementami przyłączeniowymi 1b, 1c w postaci obwodowej stalowej ramy 1b oraz w postaci lokalnych elementów blaszanych 1c zawierał przyrząd montażowy 2. Przyrząd montażowy 2 zawierał stalową ramę bazową 3, do której zamocowane były metalowe elementy podtrzymujące 4. W elementach podtrzymujących 4 zamontowane były termopary typu NiCr-Ni. Termopary te połączone były przewodami elektrycznymi 5a z mikroprocesorowym układem 6 kontrolno-pomiarowym pracujący w oparciu o sterownik PLC typu Millenium 3 SMART. Do ramy 3 przyrządu montażowego 2 zamocowane były również elementy dociskowe 7 w postaci siłowników pneumatycznych typu RAIS-TOOLS 1581.32.0060.02.01. Elementy dociskowe 7 połączone były przewodami 8 na sprężone powietrze z wielozaworowym agregatem 9 podwyższonego ciśnienia, sterowanym mikroprocesorowym układem 6. Wraz z przewodami 8 na sprężone powietrze siłowniki te 7 były połączone przewodami elektrycznymi 5b z mikroprocesorowym układem 6 kontrolno-pomiarowym. Wzdłuż ramy bazowej 3 zamontowano cztery układy z cewkami indukcyjnymi 10 typu 4VI525FTB4SC, o średnicy 220 mm i maksymalnej mocy 2 kW. Każda cewka była napędzana niezależnym napędem śrubowym o skoku 1000 mm, maksymalnej sile 200 N i o maksymalnej prędkości 5 m/s. Napędy te były sterowane układem 6 kontrolno-pomiarowym.

Urządzenie spawalnicze wyposażone było również w dwa roboty 11a, 11b 6-osiowe typu NB6L1-CEFC. Każde z ramion 12a, 12b tych robotów 11a, 11b trzymało spawarki 13 typu MAG firmy Daihen varstroj (model WB-P500L,) oraz po dwie symetrycznie usytuowane względem nich mikrodysze 14 typu *Cold Air Guns* (model MTXCAW-4041PS). Spawarki 13 połączone były wspólnym zestawem spawalniczym 15 zasilanym w mieszankę gazową ($\text{Ar} + \text{CO}_2$) i sterowane poprzez przewody 5c układem 6 kontrolno-pomiarowym. Mikrodysze 14 połączone były elastycznymi przewodami 5c z układem 16 stanowiącym butlę ze sprężonym argonem wyposażoną w reduktor i elektrozawór, który połączony był przewodami 5d i sterowany układem 6 kontrolno-pomiarowym.

W przykładzie realizacji, na elementy podtrzymujące 4 kładziono element przyłączeniowe 1b w postaci stalowej obwodowej ramy, a następnie na podpórki 4 kładziono konstrukcję 1a prętową i lokalnie usytuowane blaszane elementy montażowe 1c. Następnie przy użyciu elementów pozycjonujących 17 ustalano pozycję ramy 1b i konstrukcji 1a prętowej. Tak ustaloną konstrukcję 1a dociskano jednostronnie do podpórek 18 przy użyciu listwy mocującej 19 tak, aby znajdowała się nad jezdnyimi cewkami indukcyjnymi 10. Następnie realizowano spawanie sposobem według wynalazku.

Sposób spawania, w przykładzie realizacji dotyczył spawania nieciąglą elektrodą topliwą techniką MAG konstrukcji 1a prętowej z elementem przyłączeniowym 1b, 1c w postaci obwodowej ramy stalowej 1b i elementami przyłączeniowymi w postaci lokalnych elementów blaszanych 1c. Rama 1b miała długość około 1900 i szerokość około 700 mm, natomiast konstrukcja 1a prętowa wykonana była z prętów o średnicy 3 mm. Konstrukcja prętowa 1a oraz elementy przyłączeniowe 1b, 1c wykonane były ze stali niskostopowej St3S. Najpierw ogrzewano indukcyjnie konstrukcję 1a prętową do ustabilizowania się temperatury co najmniej 100°C , a szczególnie korzystnie około 160°C . Ogrzewanie to było realizowane

z użyciem czterech cewek indukcyjnych 10 skanujących obszar konstrukcji 1 prętowej. Cewki przesuwają się na platformach napędzanych napędami liniowymi, każda sterowana była niezależnie układem 6 kontrolno-sterującym. W kolejnym etapie spawano lokalnie wyznaczone miejsca styku prętów konstrukcji 1 z elementami przyłączeniowymi 1b, 1c. Spawanie realizowano techniką MAG. Konstrukcję 1 prętową łączono złączem spawalniczym o wymiarach około 12 mm. Szczegółowe parametry spawania, ogrzewania indukcyjnego oraz chłodzenia mikrodyszami zestawiono w tab. 1.

Tabela 1. Parametry spawania stosowane w przykładzie realizacji

Napięcie [□]	Natężenie [□]	Prędkość podawania drutu [□]	Przepływ gazu ochronnego [□]	Gaz ochronny [□]	Typ i średnica drutu [□]
10 [V] [□]	80 [A] [□]	35 [cm/min] [□]	10 [l/min] [□]	Mieszanka 9%Ar+CO ₂	SG2/SG3 fi 0,8 [mm] [□]
Wypełnienie krateru [□]	Czas układania [□]	Czas szepiania [□]	Czas cyklu [□]	Czas spawania [□]	Czas przerw technologicznych [□]
0,2 [s] [□]	40 [s] [□]	— [□]	190 [s] [□]	81 [s] [□]	30 [s] [□]
Temperatura podgrzania wstępnego [□]	Moc grzania wstępnego [□]	Gazu do chłodzenia mikrodysz [□]	Cisnienie mikro-strugi [□]	Średnica ϕ mikro-strugi [□]	Ilość strug chłodzących [□]
160[°C] [□]	1x2000 [W] [□]	Ar [□]	0,5 [MPa] [□]	50 [μ m] [□]	2

Bezpośrednio po każdym wykonaniu złącza spawalniczego następował nadmuch silnie rozprężanego argonu o temperaturze strumienia około -3°C w czasie około 5 sekund (temperaturę tą uzyskiwano dla strumienia odległego od złącza spawalniczego około 5 cm od dyszy i ciśnieniu mikrostrugi argonu około 0,5 MPa). W przykładzie realizacji złącza wykonywano parami przy użyciu dwóch robotów 11a, 11b z ramieniami 12a, 12b 6-osiowymi. Spawanie zachodziło jednocześnie w dwóch symetrycznie przeciwnych miejscach A-A'; B-B'; C-C'; D-D'; E-E'; F-F') konstrukcji 1a i elementów przyłączeniowych 1b, 1c. Sygnały z termopar, z układu spawalniczego 15, cewek indukcyjnych 10 wraz z ich napędami były mierzone, sterowane i kontrolowane układem 6 kontrolno-sterującym. Sposób realizowano z użyciem zestawu spawalniczego z przykładu jego realizacji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Zestaw spawalniczy do spawania konstrukcji (1a) wykonanych z elementów o dużym współczynniku kształtu z co najmniej jednym elementem przyłączeniowym (1b, 1c), który zawiera przyrząd montażowy (2) z elementami podtrzymującymi (4), nastawnymi (17), dociskowymi (7), czujniki temperaturowe i co najmniej jednego robota (11a, 11b) o ramieniu (12a, 12b) wielo-osiowym wyposażonego w układ spawalniczy (15), **znamienny tym**, że przyrząd montażowy (2) wyposażony jest w co najmniej jedną cewkę indukcyjną (10), a ramię (12a, 12b) robota spawalniczego (11a/11b) ma dodatkowo co najmniej jedną mikrodyszę (14) rozprężanego gazu.
2. Zestaw spawalniczy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że elementami dociskowymi (7) są siłowniki pneumatyczne.
3. Zestaw spawalniczy według zastrz. od 1 do 2, **znamienny tym**, że elementy podtrzymujące (4) zawierają czujniki temperaturowe w postaci termopar, które połączone są z mikroprocesorowym układem (6) kontrolno-sterującym.
4. Zestaw spawalniczy według zastrz. od 1 do 3, **znamienny tym**, że cewka indukcyjna (10) przesuwana jest poprzez napęd liniowy i sterowana wraz z tym napędem układem (6) kontrolno-sterującym.
5. Zestaw spawalniczy według zastrz. od 1 do 4, **znamienny tym**, że zawiera cztery cewki indukcyjne (10), każda wyposażona w niezależny napęd liniowy i niezależnie sterowane układem kontrolno-sterującym (6).
6. Zestaw spawalniczy według zastrz. od 1 do 5, **znamienny tym**, że ramię sześć-osiowe (12a, 12b) robota (11a/11b) wyposażone jest w spawarkę (13) układu spawalniczego (15) i dwie mikrodysze (14) rozprężanego gazu, przy czym sterowane są one wspólnym układem (6) kontrolno-sterującym.

7. Zestaw spawalniczy według zastrz. od 1 do 6, **znamienny tym**, że zawiera dwa roboty (11a, 11b) o ramionach (12a, 12b) 6-osiowych, każdy wyposażony w spawarki (13) i dwie mikrodysze (14) typu "Cold Air Guns" rozprężanego gazu, sterowane układem (6) kontrolno-sterującym.
8. Sposób spawania konstrukcji (1a) wykonanych z elementów o dużym współczynniku kształtu z co najmniej jednym elementem przyłączeniowym (1b, 1c) polegający na ich zestawieniu, ogrzewaniu konstrukcji (1a), ustabilizowaniu jej temperatury, a następnie na spawaniu w lokalnie wyznaczonych miejscach styku tej konstrukcji (1a) z co najmniej jednym elementem przyłączeniowym (1b, 1c), **znamienny tym**, że konstrukcja (1a) jest ogrzewana indukcyjnie, następnie spawana z elementem przyłączeniowym (1b, 1c), przy czym bezpośrednio po każdym wykonaniu złącza spawalniczego następuje nadmuch silnie rozprężanego gazu obojętnego o temperaturze mniejszej od temperatury 20°C.
9. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że złącze spawalnicze znajduje się w strumieniu rozprężanego gazu obojętnego o temperaturze ujemnej.
10. Sposób według zastrz. od 8 do 9, **znamienny tym**, że złącze spawalnicze, spawane w warunkach normalnych, o rozmiarach około 12 mm znajduje się w strumieniu rozprężanego gazu obojętnego o temperaturze od około -3°C do 0°C w czasie około 5 sekund.
11. Sposób według zastrz. od 8 do 10, **znamienny tym**, że konstrukcja (1a) ogrzewana jest płaskimi cewkami indukcyjnymi (10) skanującymi obszar tej konstrukcji (1a).
12. Sposób według zastrz. od 8 do 11, **znamienny tym**, że tuż przed rozpoczęciem spawania, konstrukcja (1a) nagrzewana jest indukcyjnie do temperatury co najmniej 100°C, szczególnie korzystnie około 160°C.
13. Sposób według zastrz. od 8 do 12, **znamienny tym**, że konstrukcję (1a) spawa się z użyciem nieciąglej elektrody topliwej w osłonie gazów aktywnych (tzw. techniką MAG).
14. Sposób według zastrz. od 8 do 13, **znamienny tym**, że konstrukcję (1a) stanowi konstrukcja prętowa.
15. Sposób według zastrz. od 8 do 14, **znamienny tym**, że elementami przyłączeniowymi (1b, 1c) są obwodowa rama (1b) oraz elementy blaszane (1c).
16. Sposób według zastrz. od 8 do 15, **znamienny tym**, że spawanie zachodzi jednocześnie w dwóch symetrycznie przeciwnych obszarach spawania konstrukcji (1a) z elementem przyłączeniowym (1b, 1c).

Rysunki

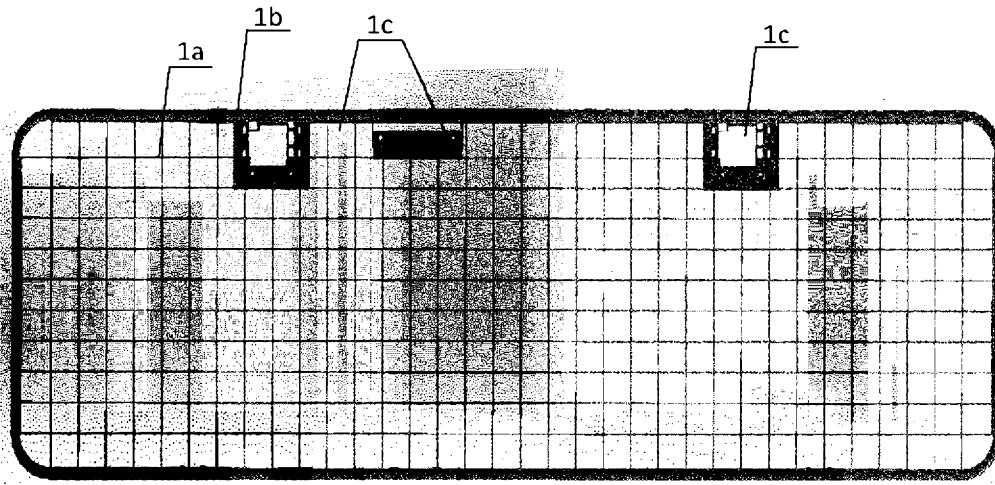


Fig. 1.

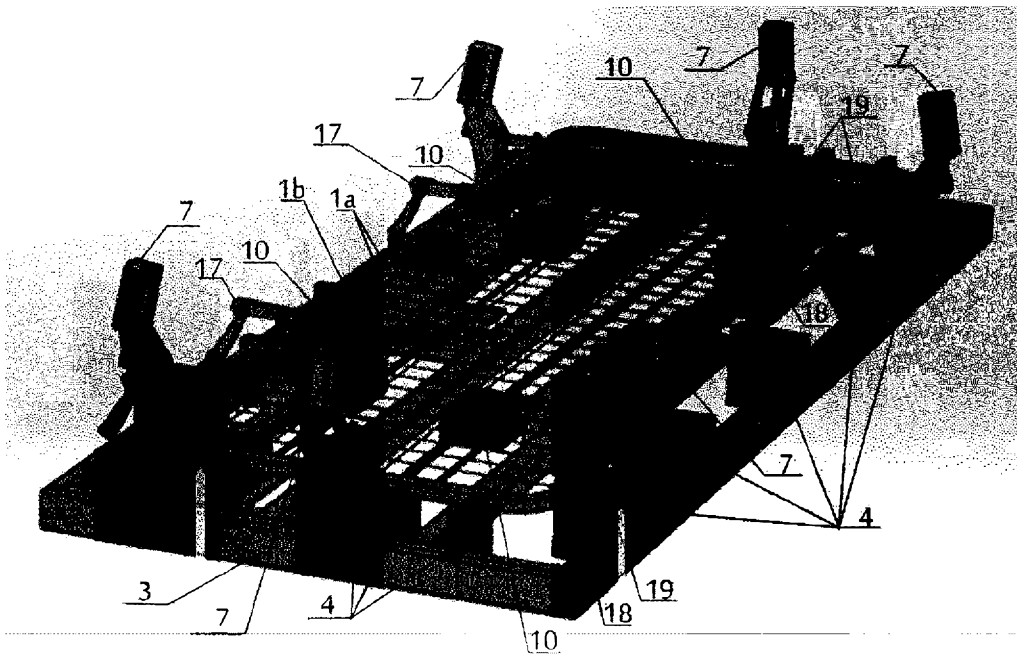


Fig. 2.

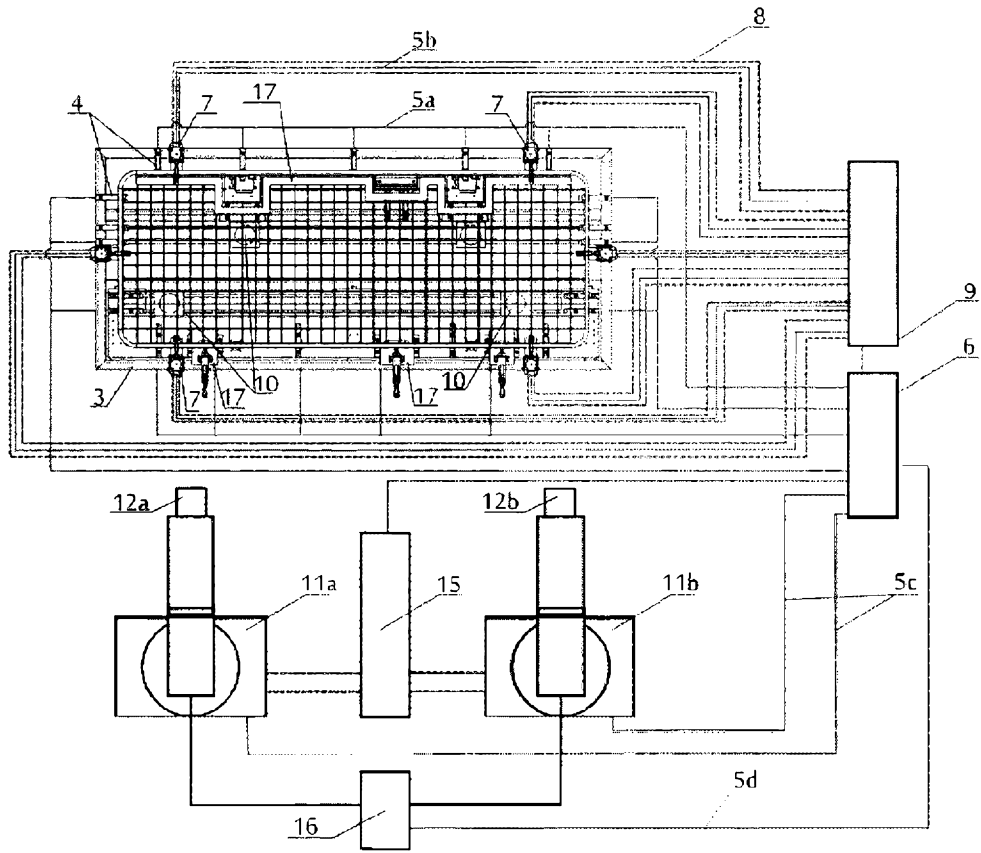


Fig. 3

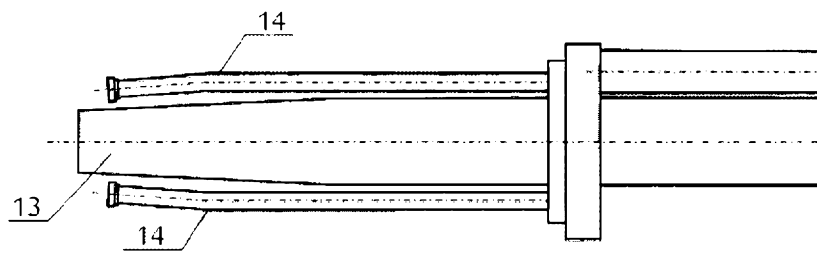


Fig. 4

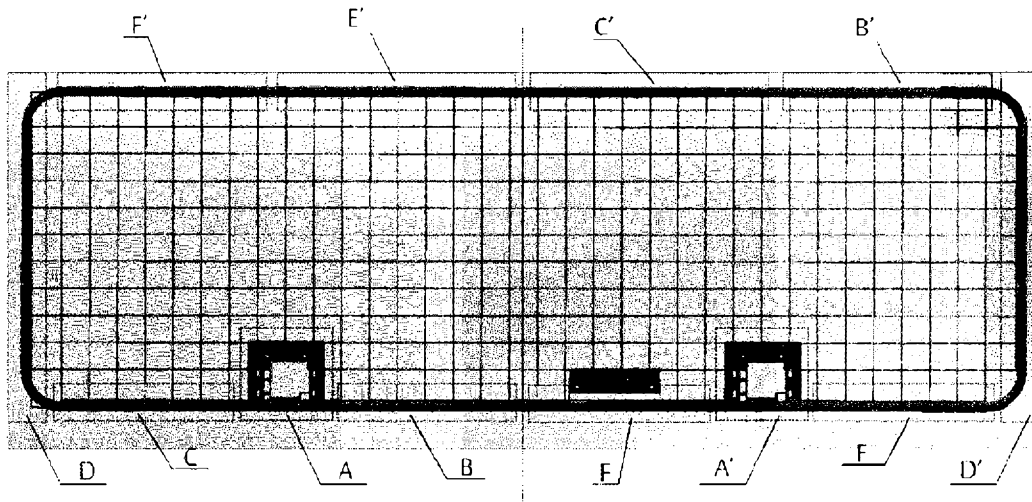


Fig. 5