

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **234861**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **422669**

(51) Int.Cl.  
**F28D 9/00 (2006.01)**  
**F28F 3/04 (2006.01)**  
**F28F 3/08 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **28.08.2017**

---

(54) **Cienkościenny płytowy wymiennik ciepła oraz zespół cienkościennych płyt wymiennikowych do takiego wymiennika**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**11.03.2019 BUP 06/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**30.04.2020 WUP 04/20**

(73) Uprawniony z patentu:  
**DUNCAN SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Radom, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**GRZEGORZ PAWLAK, Radom, PL**  
**MACIEJ ŁUKASZ SŁYK, Radom, PL**  
**JOANNA MAJ, Radom, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**recz. pat. Krzysztof Stolarski**

---

**PL 234861 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem niniejszego wynalazku jest cienkościenny płytowy wymiennik ciepła oraz zespół cienkościennych płyt wymiennikowych do takiego wymiennika.

W technice grzewczej spotykanych jest wiele rodzajów wymienników ciepła. Między innymi powszechnie stosowane są wymienniki płytowe, które zbudowane są z wielu cienkościennych płyt, które posiadają powierzchnie rowkowane w taki sposób, aby wprowadzić turbulencje w przepływie czynników cieplnych i zwiększyć czynną powierzchnię wymiany ciepła. Podstawowym oczekiwaniem jest uzyskanie wysokiej sprawności wymienników. Istotnym czynnikiem są koszty wytwarzania, a ponadto stosunek wydajności wymiennika do gabarytów wymiennika.

Cienkościenne płytowe wymienniki ciepła znane są ze stanu techniki, zwykle wykonane są one jako płyty tłoczone z blachy. Z patentu EP0164391B1 znany jest wymiennik wyposażony w cienkościenne płyty, przy czym prostoliniowe rowki usytuowane są w dwóch rzędach wzdłuż kierunku przepływu czynników cieplnych. Z patentu EP0311670B1 znane są płyty, w których rowki są usytuowane wzdłuż kierunku przepływu czynników, przy czym rowki są połączone przepływowo z sąsiadującymi rowkami, a w rowkach rozmieszczone są garbiki poprzecznie do kierunku przepływu, które mają za zadanie wprowadzać turbulencje w przepływie. W wymiennikach płytowych ujawnionych w powyższych patentach płyty wymiennikowe są zestawiane w stos, co zostało również pokazane w zgłoszeniu patentowym EP0732552A1.

Z publikacji WO2016101939 znany jest wymiennik entalpii, w którym zastosowano medium do transferowania ciepła przepływające w strumieniach skierowanych przeciwbieżnie. Para lameli tworzy kanały dla przepływu turbulentnego strumienia medium, przy czym para lameli w części końcowej jest wyposażona w proste występy i tworzy jeden kanał wejściowy lub wyjściowy.

W wymiennikach ciepła stosowane są różne czynniki cieplne, między innymi powietrze, para wodna, pary alkoholu, woda, alkohol, olej i inne.

Zadaniem stojącym przed niniejszym wynalazkiem jest opracowanie kompaktowego wymiennika ciepła wyposażonego w cienkościenne płyty wymiennikowe, w którym w przepływach czynników cieplnych występują przestrzenne turbulencje zapewniające wysoką sprawność wymiany ciepła.

Istotą wynalazku jest cienkościenny płytowy wymiennik ciepła wyposażony w zestawione w stos rowkowane cienkościenne płyty wymiennikowe, przez które następuje wymiana ciepła między dwoma czynnikami cieplnymi przepływającymi w ustalonym kierunku przepływu, przy czym przepływ czynnika cieplnego odbywa się w ustalonym kierunku w kanale uformowanym łącznie przez rowki ukształtowane w sąsiadujących płytach wymiennikowych w centralnej części płyty wymiennikowej.

Wymiennik ciepła charakteryzuje się tym, że rowek o przebiegu falistym w jednej płycie wymiennikowej jest usytuowany z przesunięciem względem rowka o przebiegu falistym w drugiej płycie wymiennikowej sąsiadującej z pierwszą płytą wymiennikową w taki sposób, że dla kolejnych przekrojów poprzecznych przez wspomniane rowki, w równoległych do siebie płaszczyznach przekroju poprzecznego do kierunku przepływu, odległość między polem przekroju jednego rowka a polem przekroju drugiego rowka zmienia się cyklicznie w kierunku poprzecznym do kierunku przepływu, przy czym płyta wymiennikowa posiada rowki o przebiegu falistym w części wymiennikowej oraz rowki o przebiegu falistym w części doprowadzająco-odprowadzającej, przy czym rowki sąsiadujących płyt wymiennikowych w części doprowadzająco-odprowadzającej przecinają się.

W wymienniku według wynalazku utworzona jest warstwa kanałów dla czynnika cieplnego, przy czym dzięki cyklicznemu łączeniu i rozdzielaniu części poszczególnych kanałów wytworzona jest struktura kanałowa, która wymusza powstawanie przestrzennych turbulencji i umożliwia bardzo skuteczne mieszanie czynnika cieplnego w warstwie kanałów.

Korzystnie w wymienniku ciepła według wynalazku składowa przesunięcia między rowkami prostopadła do kierunku przepływu jest zerowa, a druga składowa przesunięcia jest równoległa do kierunku przepływu.

W wariantcie wykonania wymiennika przesunięcie między rowkami może mieć składową prostopadłą do kierunku przepływu i składową równoległą do kierunku przepływu.

Dla płyt wymiennikowych posiadających zestawy rowków dla czynnika cieplnego możliwe jest przemieszczanie płyt wymiennikowych względem siebie, aby uzyskać jak najlepsze parametry wymiany ciepła, przesunięcie rowków daje możliwość zróżnicowanego ustawiania płyt wymiennikowych w stos.

W wymienniku ciepła według wynalazku rowek w jednej płycie wymiennikowej może mieć pierwszą amplitudę, a rowek w sąsiadującej płycie może mieć drugą amplitudę różną od pierwszej amplitudy.

W wymienniku ciepła według wynalazku, rowek w jednej płycie wymiennikowej może mieć jeden okres, a rowek w sąsiadującej płycie może mieć drugi okres różny od pierwszego okresu.

Przeprowadzone testy wykazały, że w wymienniku ciepła według wynalazku można uzyskiwać większe turbulencje przepływu, kiedy stosuje się różne amplitudy i okresy przebiegów rowków.

W wymienniku ciepła według wynalazku rowki w sąsiadujących płytach mogą mieć różną głębokość.

Różnicowanie głębokości rowków umożliwia dostosowanie przekroju kanałów do różnych natężeń przepływu czynników.

W wymienniku ciepła według wynalazku w przekroju poprzecznym rowek może mieć kształt typu sinusoidalnego lub kształt rowka może obejmować fragmenty wybrane z grupy obejmującej odcinek prostoliniowy, łuk, odcinek okręgu.

Przebieg rowka w wymienniku ciepła może mieć kształt typu sinusoidalnego, przebieg rowka może obejmować fragmenty wybrane z grupy obejmującej odcinek prostoliniowy, łuk, odcinek okręgu.

Przeprowadzone testy wykazały, że w wymienniku według wynalazku przebieg rowka, który obejmuje nieprostoliniowe fragmenty korzystnie typu sinusoidalnego lub zbudowanego z łuków gwarantuje najbardziej efektywną wymianę ciepła. Podobnie kształt rowka, który w przekroju obejmuje nieprostoliniowe fragmenty korzystnie typu sinusoidalnego lub zbudowanego z łuków gwarantuje uzyskanie najbardziej efektywnej wymiany cieplnej.

W wariacie wykonania wymiennika płyta wymiennikowa może być wyposażona w zagłębienia w części doprowadzająco-odprowadzającej, przy czym zagłębienia sąsiadujących płyt mogą tworzyć łącznie wlot lub wylot dla czynnika cieplnego dla kanałów w jednej warstwie między płytami.

Istotą wynalazku jest również zespół cienkościennych płyt wymiennikowych do cienkościennego płytowego wymiennika ciepła obejmujący dwie składane ze sobą rowkowane płyty wymiennikowe, przez które następuje wymiana ciepła między dwoma czynnikami cieplnymi, przy czym rowki ukształtowane w płytach wymiennikowych złożonych ze sobą formują łącznie kanał dla czynnika cieplnego w ustalonym kierunku w centralnej części płyty wymiennikowej.

Zespół płyt wymiennikowych charakteryzuje się tym, że po złożeniu płyt wymiennikowych wzdłuż linii równoległej do kierunku przepływu w rowkach, rowek o przebiegu falistym w jednej płycie wymiennikowej jest usytuowany z przesunięciem względem rowka o przebiegu falistym w drugiej płycie wymiennikowej sąsiadującej z pierwszą płytą wymiennikową w taki sposób, że dla kolejnych przekrojów poprzecznych przez wspomniane rowki, w równoległych do siebie płaszczyznach przekroju poprzecznego do kierunku przepływu, odległość między polem przekroju jednego rowka a polem przekroju drugiego rowka zmienia się cyklicznie w kierunku poprzecznym do kierunku przepływu, przy czym płyta wymiennikowa posiada rowki o przebiegu falistym w części wymiennikowej oraz rowki o przebiegu falistym w części doprowadzająco-odprowadzającej, przy czym rowki sąsiadujących płyt wymiennikowych w części doprowadzająco-odprowadzającej przecinają się.

Zespół cienkościennych płyt wymiennikowych stanowi podstawowy element do zbudowania stosu płyt do cienkościennego płytowego wymiennika ciepła.

Korzystnie w zespole płyt wymiennikowych według wynalazku składowa przesunięcia między rowkami prostopadła do kierunku przepływu jest zerowa, a druga składowa przesunięcia jest równoległa do kierunku przepływu.

W zespole płyt wymiennikowych według wynalazku przesunięcie między rowkami może mieć składową prostopadłą do kierunku przepływu i składową równoległą do kierunku przepływu.

W zespole płyt wymiennikowych według wynalazku rowki w jednej płycie wymiennikowej mogą mieć pierwszą amplitudę, a rowki w sąsiadującej płycie mogą mieć drugą amplitudę różną od pierwszej amplitudy.

W zespole płyt wymiennikowych według wynalazku przebieg rowka w jednej płycie wymiennikowej może mieć jeden okres, a rowek w sąsiadującej płycie może mieć drugi okres różny od pierwszego okresu.

W zespole płyt wymiennikowych według wynalazku rowki w sąsiadujących płytach mogą mieć różną głębokość.

W zespole płyt wymiennikowych według wynalazku w przekroju poprzecznym rowek może mieć kształt typu sinusoidalnego lub kształt rowka może obejmować fragmenty wybrane z grupy obejmującej odcinek prostoliniowy, łuk, odcinek okręgu.

W zespole płyt wymiennikowych według wynalazku przebieg rowka może mieć kształt typu sinusoidalnego lub przebieg rowka może obejmować fragmenty wybrane z grupy obejmującej odcinek prostoliniowy, łuk, odcinek okręgu.

Korzystnie w zespole płyt wymiennikowych według wynalazku płyty wymiennikowe są wykonane w postaci jednego elementu.

Korzystnie płyta wymiennikowa jest wyposażona w zagłębienia w części doprowadzająco-odprowadzającej, przy czym zagłębienia w płytach po złożeniu tych płyt tworzą łącznie wlot lub wylot dla czynnika cieplnego dla kanałów w warstwie między płytami.

Wykonanie zespołu płyt w postaci jednego elementu upraszcza montaż wymiennika ciepła, ponieważ rowki w płytach mają ustalone położenie względem siebie po złożeniu płyt.

Wymiennik ciepła według wynalazku umożliwia kompaktowe rozmieszczenie kanałów dla czynników ciepła. Wielopunktowe połączenie płyt wymiennikowych zapewnia wysoką wytrzymałość przestrzennej konstrukcji wymiennika ciepła, co pozwala, że można zastosować bardzo cienkie płyty, co podnosi efektywność wymiany ciepła. Cienkościenne płyty w połączeniu z uzyskanymi przestrzennymi turbulencjami zapewniają bardzo efektywne wykorzystanie przestrzeni, w której zachodzi wymiana ciepła. Wymiennik ciepła według wynalazku umożliwia zatem bardzo skuteczną wymianę ciepła na małej przestrzeni. Ponadto koszty wyprodukowania opracowanego wymiennika ciepła są bardzo niskie.

W zaproponowanym wymienniku ciepła czynniki ciepła na całej swojej drodze przepływu wykazują przepływ turbulentny, co w połączeniu z przeciwwąadowym przepływem czynników cieplnych gwarantuje stopniowe i równomierne ich podgrzewanie i chłodzenie.

Struktura przestrzenna opracowanego wymiennika ciepła, w której sąsiadujące płyty są połączone ze sobą wielopunktowo, zapewnia wysoką wytrzymałość wymiennika przy zachowaniu małej masy.

Struktura przestrzenna kanałów wymuszająca turbulentny przepływ i mieszanie czynnika cieplnego w całej warstwie umożliwia równomierne podgrzewanie lub chłodzenie czynnika cieplnego.

Przedmiot wynalazku został bliżej przedstawiony w przykładach wykonania na rysunku, na którym:

Fig. 1, 2 przedstawiają w widoku perspektywicznym wymiennik ciepła według wynalazku,

Fig. 3 przedstawia w widoku perspektywicznym wymiennik ciepła w obudowie,

Fig. 4 przedstawia fragment płyty wymiennikowej,

Fig. 5 przedstawia przekrój przez płytę z fig. 4,

Fig. 6 przedstawia płyty wymiennikowe z przykładowymi przebiegami rowków,

Fig. 7 przedstawia złożone płyty wymiennikowe z fig. 6,

Fig. 8 przedstawia przebieg rowków i garbików w pierwszym przykładzie wykonania,

Fig. 9 przedstawia przekroje przez rowki i garbiki z fig. 8,

Fig. 10 przedstawia przebieg rowków i garbików w drugim przykładzie wykonania,

Fig. 11 przedstawia przekroje przez rowki i garbiki z fig. 10,

Fig. 12 przedstawia przebieg rowków i garbików w trzecim przykładzie wykonania,

Fig. 13 przedstawia przekroje przez rowki i garbiki z fig. 12,

Fig. 14, 15, 16 przedstawiają przekroje przez kilka płyt wymiennikowych w czwartym przykładzie wykonania,

Fig. 17 do 23 przedstawiają przekroje przez kilka płyt wymiennikowych,

Fig. 24, 25, 26 przedstawiają przebieg rowków i garbików w kolejnych przykładach wykonania,

Fig. 27 przedstawia przekroje przez płytę z fig. 26,

Fig. 28 przedstawia komplet płyt wymiennikowych.

Cienkościenne płytowy wymiennik ciepła 1 pokazany na fig. 1 obejmuje wlot 2 i wylot 3 pierwszego czynnika cieplnego R, wlot 4 i wylot 5 drugiego czynnika cieplnego S, część wymiennikową 6 oraz części doprowadzająco-odprowadzające 7 i 8, które doprowadzają czynniki cieplne z wlotów 2 i 4 do części wymiennikowej 6 i odprowadzają czynniki cieplne z części wymiennikowej 6 do wylotów 3 i 5. Proces wymiany ciepła zachodzi głównie w części wymiennikowej 6, ale również w częściach doprowadzająco-odprowadzających 7 i 8. Część wymiennikowa 6 oraz części doprowadzająco-odprowadzające 7 i 8 są zbudowane z wielu płyt 10, między którymi przepływają czynniki cieplne R i S. W części wymiennikowej 6 czynniki cieplne przepływają w kierunku P, przy czym czynniki cieplne przepływają przeciwnie, tzn. mają przeciwne skierowane zwroty przepływów. Przykładowo czynnik cieplny R jest czynnikiem, który jest chłodzony w procesie wymiany cieplnej, a czynnik cieplny S jest czynnikiem, który

jest podgrzewany w procesie wymiany ciepłej w wymienniku. Płytowy wymiennik ciepła według wynalazku umożliwia również odwrotną konfigurację tzn. czynnik R jest podgrzewany, a czynnik S jest chłodzony.

Część wymiennikowa 6 oraz części doprowadzająco-odprowadzające 7 i 8 są zintegrowane ze sobą w postaci modułu płytowego 9, który powstaje przez zestawienie stosu cienkościennych płyt wymiennikowych 10, możliwe jest również wykonanie części 6, 7 i 8 w postaci oddzielnych elementów jak pokazano na fig. 2. Moduł płytowy 9 może być umieszczony w dowolnej przykładowo prostopadłościennych obudowie 11 (fig 3). Obudowa 11 została pokazana bez górnej ściany, w ścianach 12 i 15 wykonane są otwory 13, 14, 16, 17, przez które czynniki cieplne R i S są dostarczane do wlotów 2 i 4 oraz odbierane z wylotów 3 i 5. Między modułem płytowym 9 a obudową 11 przewidziane są uszczelnienia 18, 19, 20, 21.

Fig. 4 przedstawia fragment płyty wymiennikowej 10 części wymiennikowej 6 w widoku w kierunku prostopadłym do płaszczyzny płyty wymiennikowej 10, natomiast fig. 5 przedstawia przekrój płaszczyzną prostopadłą do kierunku P przepływu czynników wzdłuż płyty wymiennikowej 10 oznaczony na fig. 4 jako A-A. Rowki 22 i garbiki 23 przebiegają zasadniczo wzdłuż kierunku P, przy czym są ukształtowane faliście w płaszczyźnie płyty wymiennikowej 10. Zwroty przepływów czynników cieplnych po przeciwnych stronach jednej płyty wymiennikowej 10 są przeciwne. Rowki 22 i garbiki 23 sąsiadujących płyt wymiennikowych 10 służą do formowania kanałów, przez które płyną czynniki cieplne. Jak pokazano na fig. 5 rowek 22 stanowi wewnętrzną stronę garbika 23. Rowki 22 i garbiki 23 mogą mieć przebieg sinusoidalny (ogólnie typu sinusoidalnego), trapezowy, linii łamanej, mogą mieć kształt obejmujący łuki, odcinki okręgów i/lub odcinki proste. W przekroju A-A rowki 22 i garbiki 23 mogą mieć kształt sinusoidalny (ogólnie typu sinusoidalnego), trapezowy, prostokątny, mogą mieć kształt połączonych półokręgów, mogą mieć kształt obejmujący łuki, odcinki okręgów i/lub odcinki proste.

Fig. 6 przedstawia zarys cienkościennych płyt wymiennikowych 10' i 10'', które po złożeniu ze sobą mogą być wykorzystane jako zespół cienkościennych płyt wymiennikowych do budowy wymiennika ciepła według wynalazku tworząc jedną warstwę kanałów dla czynnika cieplnego. Na płycie 10'' pokazano w uproszczeniu linią sinusoidalną przebieg R22'' tylko jednego rowka 22'' (do dalszych rozważań w tym paragrafie pozostałe rowki 22 w płytach 10' i 10'' nie zostały pokazane). Na płycie 10' pokazano lustrzane odbicie przebiegu R22'' z płyty 10'' opisane jako przebieg RM22''. Złożenie płyt 10' i 10'' wyposażonych w rowki o przebiegach R22'' i RM22'' skutkowałoby powstaniem kanału o polu przekroju będącym sumą pól przekroju obydwu rowków. Przebieg RM22'' został skopiowany z wykonaniem przesunięcia T1, a kopia została opisana jako przebieg R22' rowka 22', który będzie wykonany w płycie 10', aby zrealizować zestawienie rowków 22' i 22'' w według wynalazku tzn. z przesunięciem rowków w sąsiadujących płytach. Analogicznie wyznacza się przebiegi dla pozostałych rowków w płytach 10' i 10'', uzyskuje się zatem przesunięcie całej grupy rowków w płycie. Fig. 7 przedstawia złożenie płyt 10' i 10'' należących do jednego zespołu cienkościennych płyt wymiennikowych tak jak te płyty są umieszczane w module płytowym 9, przy czym płyty 10' i 10'' są tak złożone jakby były połączone krawędziami X' i X'' i płyta 10' była położona na płycie 10''. Z zespołów cienkościennych płyt wymiennikowych 10' i 10'' można zbudować wymiennik ciepła według wynalazku. Należy zauważyć, że dla jasności opisu proporcje przebiegu rowków w stosunku do gabarytów płyty zostały zmienione w taki sposób, że przebieg rowków został powiększony.

Fig. 8 przedstawia fragmenty kilku rowków 22', 22'' i garbików 23', 23'' o przebiegu zbliżonym do sinusoidalnego w dwóch płytach wymiennikowych 10' i 10'' złożonych tak jak w module płytowym 9 w widoku w kierunku prostopadłym do płyt wymiennikowych 10' i 10''. Rowki 22' i garbiki 23' w płycie 10' (od strony patrzącego na rysunek) oznaczono linią ciągłą, natomiast rowki 22'' i garbiki 23'' w płycie 10'' (za płytą 10' od strony patrzącego na rysunek) oznaczono linią przerywaną, przy czym poszczególne przekroje przez płyty 10' i 10'' oznaczone na fig. 8 zostały pokazane na fig. 9. Rowki 22' i 22'', które razem mogą utworzyć kanał o określonym przekroju na całej długości kanału, zostały przesunięte względem siebie tak, aby obydwa rowki 22' i 22'' przecinały się i przepływy w obydwu rowkach cyklicznie łączyły i rozdzielały się. Przy tym w miejscu połączenia rowków 22' i 22'' uzyskuje się przekrój kanału dla przepływu czynnika cieplnego taki jak przed dokonaniem przesunięcia rowków na całej długości kanału. W tym przykładzie wykonania rowki 22' i 22'' mają taką samą głębokość. Rowki 22' i 22'' tworzące jeden kanał oraz odpowiednie garbiki 23' i 23'' są przesunięte względem siebie, co zostało opisane przesunięciem T1, przy czym przesunięcie T1 odnosi się do wszystkich pozostałych rowków 22 i garbików 23 w obydwu płytach 10' i 10'' jednego zespołu płyt. Jak pokazano na fig. 9 w przekroju B-B rowek 22' płyty 10' i rowek 22'' płyty 10'' tworzą kanał 25 dla czynnika cieplnego, przy czym pole przekroju

26' rowka 22' i pole przekroju 26" rowka 22" znajdują się jedno nad drugim. Garbiki 23' i 23" są ze sobą połączone. Jak widać na przekroju C-C pole przekroju 26' rowka 22' i pole przekroju 26" rowka 22" są oddalone się od siebie na odległość  $d_1$ . Dzięki takiemu przebiegowi rowków 22' i 22" możliwe jest mieszanie się przepływów czynnika cieplnego z rowków 22' i 22" również z przepływem z sąsiadującego rowka 22' w płycie 10', analogicznie mieszanie przepływów następuje i dla pozostałych rowków sąsiadujących płyt 10' i 10" leżących w jednej warstwie. W przekroju D-D pole przekroju 26' rowka 22' i pole przekroju 26" rowka 22" ponownie znajdują się jedno nad drugim. W przekroju E-E pole przekroju 26' rowka 22' i pole przekroju 26" rowka 22" są oddalone od siebie na odległość  $d_2$  w przeciwną stronę w stosunku do przesunięcia z przekroju C-C. Falisty przebieg rowków 22 i garbików 23 oraz cyklicznie zmienna odległość między polami przekroju 26' i 26" kanału 25 umożliwiają powstawanie przestrzennych turbulencji, wynikających między innymi z ciągłej wymiany czynnika cieplnego między rowkami 22' i 22" z obydwu płyt. Istotny jest fakt, że kanał 25 ma zmienną geometrię w trzech płaszczyznach, a rozdzielanie i łączenie rowków 22' i 22" formujących kanał 25 umożliwia wymianę i mieszanie czynnika cieplnego w cyklicznie zmiennym stopniu. Opisane zmiany w rozsuwaniu się pól przekroju rowków 22 odnoszą się do wszystkich kanałów 25 w jednej warstwie tzn. między parą płyt 10' i 10". Przebieg rowków 22' i 22" tworzących kanał 25 jest taki, że kanał 25 ma strukturę przestrzenną, cyklicznie zmienną w kierunku przepływu P a także w kierunku prostopadłym do kierunku P. Zestawienie kanałów 25 obok siebie w taki sposób, że rowki 22' i 22" sąsiadujących kanałów 25 łączą i rozdzielają się tworzy przestrzenną strukturę kanałów 25 dla przepływu czynnika cieplnego. Innymi słowy w każdej warstwie tworzy się sieć kanałów, co ułatwia efektywną wymianę ciepła.

Fig. 10 przedstawia fragmenty kilku rowków 32', 32" i garbików 33', 33" o przebiegu analogicznym jak na fig. 8, przy czym ich przebieg ma większą amplitudę. Rowki 32' oraz odpowiednie garbiki 33' są przesunięte względem rowków 32" oraz garbików 33", co zostało opisane przesunięciem T2. Przekroje pokazane na fig. 11 przedstawiają przemieszczanie się względem siebie pól przekroju 36' i 36" rowków 32' i 32". Na przekroju F-F pola przekroju 36' i 36" rowków 32' i 32" usytuowane są jedno nad drugim, na przekroju G-G i H-H pola przekroju 36' i 36" rowków 32' i 32" oddalają się od siebie, przy czym odległość  $e_2$  jest większa od odległości  $e_1$ . Zmiana odległości między polami przekrojów zmienia się dalej cyklicznie wraz z przesuwaniem płaszczyzny przekroju prostopadłej do kierunku P. Garbiki 33' i 33" na przekroju F-F są ze sobą połączone. Dzięki większej amplitudzie czynnika cieplny w jednym rowku może w większym stopniu mieszać się z czynnikiem w sąsiadującym rowku tej samej płyty, zwiększają się również turbulencje przepływu.

Fig. 12 przedstawia fragmenty kilku rowków 42', 42" i garbików 43', 43" o przebiegu analogicznym jak na fig. 8 i 10, przy czym ich przebieg ma jeszcze większą amplitudę, a rowki 42' oraz garbiki 43' są przesunięte względem rowków 42" oraz garbików 43" zgodnie z przesunięciem T3, które ma składową równoległą do kierunku przepływu P oraz składową prostopadłą do kierunku przepływu P. Przekroje pokazane na fig. 13 przedstawiają przemieszczanie się względem siebie pól przekroju 46' i 46" rowków 42' i 42". Jak widać pole przekroju 46' rowka 42' zmienia swoje położenie cyklicznie tak, że zostaje usytuowane naprzemiennie nad polem przekroju 46" sąsiadujących rowków 42" jak pokazano na przekrojach I-I i K-K. Przekrój J-J pokazuje pośrednie położenie pola przekroju 46' i 46". Garbiki 43' i 43" na przekroju I-I oraz K-K są ze sobą połączone.

Fig. 14 przedstawia w przekroju kilka płyt wymiennikowych 10 zestawionych w stos, przy czym przebieg rowków 42 i garbików 43 w płytach wymiennikowych 10 jest taki jak pokazano na fig. 12. Między płytą wymiennikową 10' a płytą wymiennikową 10" uformowane są kanały 25, wzdłuż których płynie jeden czynnika cieplny, przykładowo czynnika cieplny R. Kanał 25 jest uformowany przez rowek 42' w płycie 10' oraz rowek 42" w płycie 10". Między płytą wymiennikową 10" a płytą wymiennikową 10"' uformowane są kanały 27, przez które płynie czynnika cieplny S. Kanał 27 jest uformowany przez rowek 42" w płycie 10" oraz rowek 42"' w płycie 10"'. Między płytą wymiennikową 10"' a płytą wymiennikową 10"" uformowana jest kolejna warstwa kanałów 25 dla czynnika cieplnego R, kanał 25 jest uformowany w tej warstwie z rowków 42"" i 42""'. Fig. 15 przedstawia przekrój przez płyty wymiennikowe z fig. 14 płaszczyzną prostopadłą do kierunku P i równoległą do płaszczyzny, w której dokonano przekroju pokazanego na fig. 14. Analogicznie fig. 16 przedstawia przekrój przez te same płyty wymiennikowe płaszczyzną prostopadłą do kierunku P i równoległą do płaszczyzny, w której dokonano przekroju pokazanego na fig. 15. Przebieg rowków w sąsiadujących ze sobą płytach jest taki, że w kolejnych równoległych do siebie płaszczyznach odległość między polami przekroju rowków zmienia się w sposób cykliczny na długości płyt wymiennikowych.

Fig. 17 przedstawia przekrój przez płyty wymiennikowe 10 zestawione w stos, przy czym płyty 10' i 10'' mają rowki 52' i 52'' o szerokości  $w_1$ , natomiast płyty 10''' i 10'''' mają węższe rowki o szerokości  $w_2$ , w pokazanym przykładzie dwa razy węższe. Kanały 28 utworzone są przez rowki 52' i 52'' oraz przez rowki 52''' i 52'''' , natomiast kanały 29 utworzone są przez rowki 52'' i 52'''. Fig. 18 przedstawia przekrój przez płyty wymiennikowe z fig. 17 płaszczyzną prostopadłą do kierunku P i równoległą do płaszczyzny, w której dokonano przekroju pokazanego na fig. 17. Analogicznie fig. 19 przedstawia przekrój przez te same płyty wymiennikowe płaszczyzną prostopadłą do kierunku P i równoległą do płaszczyzny, w której dokonano przekroju pokazanego na fig. 18. Odległości między polami przekroju rowków zmieniają się cyklicznie, pola przekrojów rowków 52 w przekroju z fig. 19 mają takie samo położenie względem pól przekrojów rowków w sąsiadujących płytach jak na fig. 17. Zastosowanie rowków o różnych szerokościach zapewnia wytworzenie większych turbulencji, ponieważ czynnik cieplny przepływa poprzecznie do rowków o mniejszej szerokości.

Według wynalazku płyta wymiennikowa może mieć rowki o takim samym zarysie po obydwu stronach, ale możliwe jest również wykonanie, w którym kształty rowków w przekroju są różne po przeciwnych stronach płyty tak jak pokazano na fig. 20. Rowki 62' i 62'' w płycie 10' i 10'' mają większe pole przekroju niż rowki 63' i 63''. Dzięki temu kanał 30 utworzony z rowków 62' i 62'' ma większe pole przekroju od kanału 31 utworzonego z rowków 63' i 63''. Takie wykonanie umożliwi zróżnicowanie natężenia przepływu czynników cieplnych.

Według wynalazku możliwe jest również zastosowanie płyt o różnych grubościach tzn. o różnych głębokościach rowków. Fig. 21 przedstawia wykonanie płyt wymiennikowych 10, w którym płyty wymiennikowe zestawione w stosie mają naprzemiennie różne głębokości rowków  $h_1$  i  $h_2$ , przy czym kanał 34 i kanał 35 mają takie same pola przekroju. Zastosowanie różnych krzywizn dla uformowania każdego z rowków formujących kanał również przyczynia się do zwiększenia turbulencji przepływu.

Do płyt wymiennikowych można zastosować dowolny zarys rowków. Fig. 22 przedstawia przekrój przez płyty wymiennikowe 10, które mają rowki o przekroju trapezowym, przy czym kanały 37 i 38 są tak samo ukształtowane, a cykliczne przemieszczanie pól przekroju rowków można zrealizować w taki sam sposób jak dla wcześniej omówionych rowków. Możliwe są wykonania rowków o przekroju kwadratowym, prostokątnym, ogólnie o przekroju, który jest ukształtowany z prostych odcinków. Możliwe są wykonania, w których kształt rowków w przekroju jest zbudowany zarówno z odcinków prostych i łukowych, kołowych, przykładowo możliwy jest kształt trapezowy z zaokrąglonymi narożami. Fig. 23 przedstawia przekrój przez stos płyt wymiennikowych 10 o trapezowym przekroju rowków, przy czym rowki w płycie mają różne szerokości, dzięki czemu kanały 37' i 38' mają różne pola przekroju. Takie wykonanie umożliwi zróżnicowanie natężenia przepływu czynników cieplnych.

Według wynalazku możliwe jest stosowanie dowolnych przebiegów rowków w cienkościennych płytach wymiennikowych 10. Oprócz wcześniej omówionego przesunięcia rowków o takich samych przebiegach, można stosować zróżnicowane przebiegi rowków w sąsiadujących płytach wymiennikowych. Możliwe jest zarówno różnicowanie amplitudy przebiegu jak i okresu przebiegu, zarówno do przebiegu typu sinusoidalnego jak i do innych przebiegów. Na fig. 24 przebiegi rowków i garbików w płycie 10' oznaczone linią ciągłą i przebiegi rowków i garbików w płycie 10'' oznaczone linią przerywaną mają różne amplitudy. Amplituda  $a'$  przebiegu rowków w płycie 10' jest większa od amplitudy  $a''$  przebiegu rowków w płycie 10'', dzięki czemu możliwe jest mieszanie czynnika cieplnego z rowka jednej płyty 10' z czynnikiem cieplnym z kilku rowków z sąsiadującej płyty 10''. Na fig. 25 analogicznie przedstawiono przebiegi rowków i garbików w płycie 10' linią ciągłą a przebiegi rowków i garbików w płycie 10'' linią przerywaną przy czym przebiegi w obydwu płytach mają różne okresy. Okres  $b'$  przebiegu rowków w płycie 10' jest większy od okresu  $b''$  przebiegu rowków w płycie 10'', w pokazanym przykładzie jest dwukrotnie większy.

Przebieg rowków w płytach może być opisany zarówno kształtem sinusoidalnym lub zbliżonym do sinusoidy ale również innymi kształtami składającymi się z zarówno z odcinków prostych jak i łukowych lub kołowych. Fig. 26 przedstawia fragmenty kilku rowków 52', 52'' i garbików 53', 53'' o przebiegu opisanym linią łamaną, przy czym rowki 52' oraz garbiki 53' są przesunięte względem rowków 52'' oraz garbików 53'' zgodnie z przesunięciem T4, które ma składową wzdłuż kierunku przepływu P oraz składową prostopadłą do kierunku przepływu P. Przekroje pokazane na fig. 27 przedstawiają przemieszczanie się względem siebie pól przekrojów 56' i 56'' rowków 52' i 52''. W przekroju L-L pola przekroju 56' i 56'' rowków 52' i 52'' znajdują się jedno nad drugim. Przekrój M-M pokazuje przekroje 46' i 46'' oddalone od siebie w położeniu pośrednim na odległość  $f_1$ , natomiast przekrój N-N pokazuje maksymalne rozsuniecie  $f_2$  pól przekrojów 56' i 56''.

Fig. 28 przedstawia przykładowy zespół dwóch cienkościennych płyt wymiennikowych 10' i 10", które mogą być złożone ze sobą jako płyty sąsiadujące w stosie płyt w wymienniku ciepła. Płyty wymiennikowe zespołu płyt mogą być wykonane jako dwie oddzielne płyty lub mogą być wykonane jako jeden element, kiedy płyty 10' i 10" są połączone krawędziami X' i X". W pierwszym przypadku w celu utworzenia kanałów według wynalazku płyty 10' i 10" należy złożyć krawędziami X' i X", w drugim przypadku części 10' i 10" należy złożyć wzdłuż linii X będącej połączeniem krawędzi X' i X". Zagłębienia 39' i 39" po złożeniu płyt 10' i 10" stworzą łącznie wlot 30 dla czynnika cieplnego do kanałów w jednej warstwie między płytami 10' i 10". Zagłębienia 40' i 40" stworzą łącznie wylot dla czynnika cieplnego, kierunek przepływu może być odwrotny. Należy zauważyć, że wymiana ciepła w wymienniku ciepła zbudowanym z takich płyt będzie odbywała się nie tylko we fragmencie wymiennikowym 106, który znajdzie się w części wymiennikowej 6 wymiennika 1, ale również we fragmentach doprowadzająco-odprowadzających 107 i 108, które znajdują się w częściach doprowadzająco-odprowadzających 7 i 8 wymiennika 1 tak jak oznaczono na fig. 1. Po złożeniu płyt wymiennikowych 10' i 10" rowki 47' i 47" będą się przecinały w części 107, a rowki 48' i 48" będą się przecinały w części 108, dzięki czemu w przepływającym czynnikiem cieplnym mogą być wytworzone turbulencje przestrzenne.

Płyty wymiennika ciepła mogą być metalowe, przykładowo wykonane z aluminium, stali, miedzi lub stopów metali odpowiednich do formowania cienkościennych płyt. Płyty wymiennika mogą być również wykonane z tworzywa sztucznego, przykładowo z polietylenu, polipropylenu i innych odpowiednich do formowania takich płyt.

#### Lista oznaczeń

- 1 – cienkościenny płytowy wymiennik ciepła
- 2 – wlot pierwszego czynnika cieplnego
- 3 – wylot pierwszego czynnika cieplnego
- 4 – wlot drugiego czynnika cieplnego
- 5 – wylot drugiego czynnika cieplnego
- 6 – część wymiennikowa
- 7, 8 – części doprowadzająco-odprowadzające
- 9 – moduł płytowy
- 10 – cienkościenna płyta wymiennikowa
- 11 – obudowa
- 12, 15 – ściany obudowy
- 13, 14, 16, 17 – otwory w ścianach obudowy
- 18, 19, 20, 21 – uszczelnienia
- 22, 32, 42, 52, 62 – rowek
- 23, 33, 43, 53, 63 – garbik
- 25, 27, 28, 29, 30, 31, 37, 38 – kanał
- 26, 36, 46, 56 – pole przekroju rowka
- 39, 40 – zagłębienie w płycie wymiennikowej
- 47, 48 – rowki
- 106 – fragment wymiennikowy
- 107, 108 – fragmenty doprowadzająco-odprowadzające
- d1, d2, e2, e2, f1, f2 – odległości między polami przekroju rowków
- h1, h2 – głębokości rowków
- a – amplituda przebiegu
- b – okres przebiegu
- R, S – czynniki cieplne
- P – kierunek przepływu czynników ciepła w wymienniku ciepła
- X – krawędź płyty wymiennikowej
- T1, T2, T3, T4 – przesunięcia przebiegów rowków i garbików

## Zastrzeżenia patentowe

1. Cienkościenny płytowy wymiennik ciepła wyposażony w zestawione w stos rowkowane cienkościenne płyty wymiennikowe, przez które następuje wymiana ciepła między dwoma czynnikami cieplnymi przepływającymi w ustalonym kierunku przepływu, przy czym przepływ czynnika cieplnego odbywa się w ustalonym kierunku w kanale uformowanym łącznie przez rowki ukształtowane w sąsiadujących płytach wymiennikowych w centralnej części płyty wymiennikowej, **znamienny tym**, że rowek (22', 32', 42', 52') o przebiegu falistym w jednej płycie wymiennikowej (10') jest usytuowany z przesunięciem względem rowka (22", 32", 42", 52") o przebiegu falistym w drugiej płycie wymiennikowej (10") sąsiadującej z pierwszą płytą wymiennikową (10') w taki sposób, że dla kolejnych przekrojów poprzecznych przez wspomniane rowki (22', 32', 42', 52', 22", 32", 42", 52"), w równoległych do siebie płaszczyznach przekroju poprzecznego do kierunku przepływu (P), odległość między polem przekroju (26', 36', 46', 56') jednego rowka (22', 32', 42', 52') a polem przekroju (26", 36", 46", 56") drugiego rowka (22", 32", 42", 52") zmienia się cyklicznie w kierunku poprzecznym do kierunku przepływu (P), przy czym płyta wymiennikowa (10', 10") posiada rowki (22', 32', 42', 52', 22", 32", 42", 52") o przebiegu falistym w części wymiennikowej (6, 106) oraz rowki (47', 47"; 48', 48") o przebiegu falistym w części doprowadzająco- odprowadzającej (107; 108), przy czym rowki (47', 47"; 48', 48") sąsiadujących płyt wymiennikowych (10', 10") w części doprowadzająco-odprowadzającej (107; 108) przecinają się.
2. Wymiennik ciepła według zastrz. 1, **znamienny tym**, że składowa przesunięcia między rowkami prostopadła do kierunku przepływu jest zerowa, a druga składowa przesunięcia jest równoległa do kierunku przepływu.
3. Wymiennik ciepła według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przesunięcie między rowkami ma składową prostopadłą do kierunku przepływu i składową równoległą do kierunku przepływu.
4. Wymiennik ciepła według jednego z zastrzeżeń od 1 do 3, **znamienny tym**, że rowek w jednej płycie wymiennikowej ma pierwszą amplitudę, a rowek w sąsiadującej płycie ma drugą amplitudę różną od pierwszej amplitudy.
5. Wymiennik ciepła według jednego z zastrzeżeń od 1 do 4, **znamienny tym**, że rowek w jednej płycie wymiennikowej ma jeden okres, a rowek w sąsiadującej płycie ma drugi okres różny od pierwszego okresu.
6. Wymiennik według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 1 do 5, **znamienny tym**, że rowki w sąsiadujących płytach mają różną głębokość.
7. Wymiennik według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 1 do 6, **znamienny tym**, że w przekroju poprzecznym rowek ma kształt typu sinusoidalnego.
8. Wymiennik według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 1 do 6, **znamienny tym**, że w przekroju poprzecznym kształt rowka obejmuje fragmenty wybrane z grupy obejmującej odcinek prostoliniowy, łuk, odcinek okręgu.
9. Wymiennik według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 1 do 8, **znamienny tym**, że w przebieg rowka ma kształt typu sinusoidalnego.
10. Wymiennik według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 1 do 8, **znamienny tym**, że w przebieg rowka obejmuje fragmenty wybrane z grupy obejmującej odcinek prostoliniowy, łuk, odcinek okręgu.
11. Wymiennik według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 1 do 10, **znamienny tym**, że płyta wymiennikowa (10', 10") jest wyposażona w zagłębienia (39', 39"; 40', 40") w części doprowadzająco-odprowadzającej (107; 108), przy czym zagłębienia (39', 39"; 40', 40") sąsiadujących płyt (10', 10") tworzą łącznie wlot lub wylot dla czynnika cieplnego dla kanałów w jednej warstwie między płytami (10', 10").
12. Zespół cienkościennych płyt wymiennikowych do cienkościennego płytowego wymiennika ciepła obejmujący dwie składane ze sobą rowkowane płyty wymiennikowe, przez które następuje wymiana ciepła między dwoma czynnikami cieplnymi, przy czym rowki ukształtowane w płytach wymiennikowych złożonych ze sobą formują łącznie kanał dla czynnika cieplnego w ustalonym kierunku w centralnej części płyty wymiennikowej, **znamienny tym**, że

po złożeniu płyt wymiennikowych wzdłuż linii równoległej do kierunku przepływu w rowkach, rowek (22', 32', 42', 52') o przebiegu falistym w jednej płycie wymiennikowej (10') jest usytuowany z przesunięciem względem rowka (22", 32", 42", 52") o przebiegu falistym w drugiej płycie wymiennikowej (10") sąsiadującej z pierwszą płytą wymiennikową w taki sposób, że dla kolejnych przekrojów poprzecznych przez wspomniane rowki (22', 32', 42', 52', 22", 32", 42", 52"), w równoległych do siebie płaszczyznach przekroju poprzecznych do kierunku przepływu (P), odległość między polem przekroju (26', 36', 46' 56') jednego rowka (22', 32', 42', 52') a polem przekroju (26", 36", 46" 56") drugiego rowka (22", 32", 42", 52") zmienia się cyklicznie w kierunku poprzecznym do kierunku przepływu (P),

przy czym płyta wymiennikowa posiada rowki (22', 32', 42', 52', 22", 32", 42", 52") o przebiegu falistym w części wymiennikowej (6, 106) oraz rowki (47', 47"; 48', 48") o przebiegu falistym w części doprowadzająco-odprowadzającej (107; 108),

przy czym rowki (47', 47"; 48', 48") złożonych ze sobą płyt wymiennikowych (10', 10") w części doprowadzająco-odprowadzającej (107; 108) przecinają się.

13. Zespół płyt według zastrz. 12, **znamienny tym**, że składowa przesunięcia między rowkami prostopadła do kierunku przepływu jest zerowa, a druga składowa przesunięcia jest równoległa do kierunku przepływu.
14. Zespół płyt według zastrz. 12, **znamienny tym**, że przesunięcie między rowkami ma składową prostopadłą do kierunku przepływu i składową równoległą do kierunku przepływu.
15. Zespół płyt według jednego z zastrzeżeń od 12 do 14, **znamienny tym**, że rowki w jednej płycie wymiennikowej mają pierwszą amplitudę, a rowki w sąsiadującej płycie mają drugą amplitudę różną od pierwszej amplitudy.
16. Zespół płyt według jednego z zastrzeżeń od 12 do 15, **znamienny tym**, że przebieg rowka w jednej płycie wymiennikowej ma jeden okres, a przebieg rowka w sąsiadującej płycie ma drugi okres różny od pierwszego okresu.
17. Zespół płyt według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 12 do 16, **znamienny tym**, że rowki w sąsiadujących płytach mają różną głębokość.
18. Zespół płyt według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 12 do 17, **znamienny tym**, że w przekroju poprzecznym rowek ma kształt typu sinusoidalnego.
19. Zespół płyt według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 12 do 17, **znamienny tym**, że w przekroju poprzecznym kształt rowka obejmuje fragmenty wybrane z grupy obejmującej odcinek prostoliniowy, łuk, odcinek okręgu.
20. Zespół płyt według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 12 do 19, **znamienny tym**, że przebieg rowka ma kształt typu sinusoidalnego.
21. Zespół płyt według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 12 do 19, **znamienny tym**, że przebieg rowka obejmuje fragmenty wybrane z grupy obejmującej odcinek prostoliniowy, łuk, odcinek okręgu.
22. Zespół płyt według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 12 do 21, **znamienny tym**, że płyty wymiennikowe są wykonane w postaci jednego elementu.
23. Zespół płyt według któregośkolwiek z zastrzeżeń od 12 do 22, **znamienny tym**, że płyta wymiennikowa (10', 10") jest wyposażona w zagłębienia (39', 39"; 40', 40") w części doprowadzająco-odprowadzającej (107; 108), przy czym zagłębienia (39', 39"; 40', 40") w płytach (10', 10") po złożeniu tych płyt tworzą łącznie wlot lub wylot dla czynnika cieplnego dla kanałów w warstwie między płytami (10', 10").



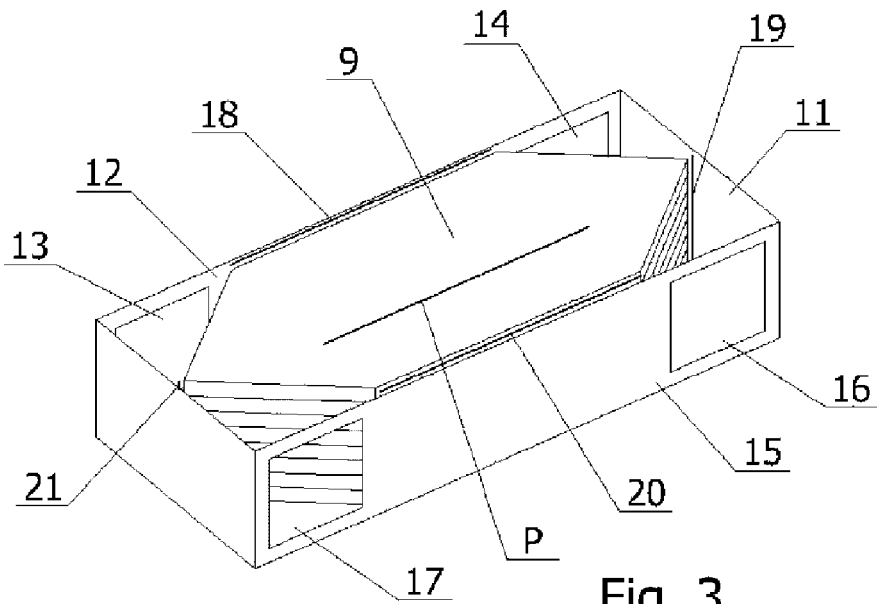


Fig. 3

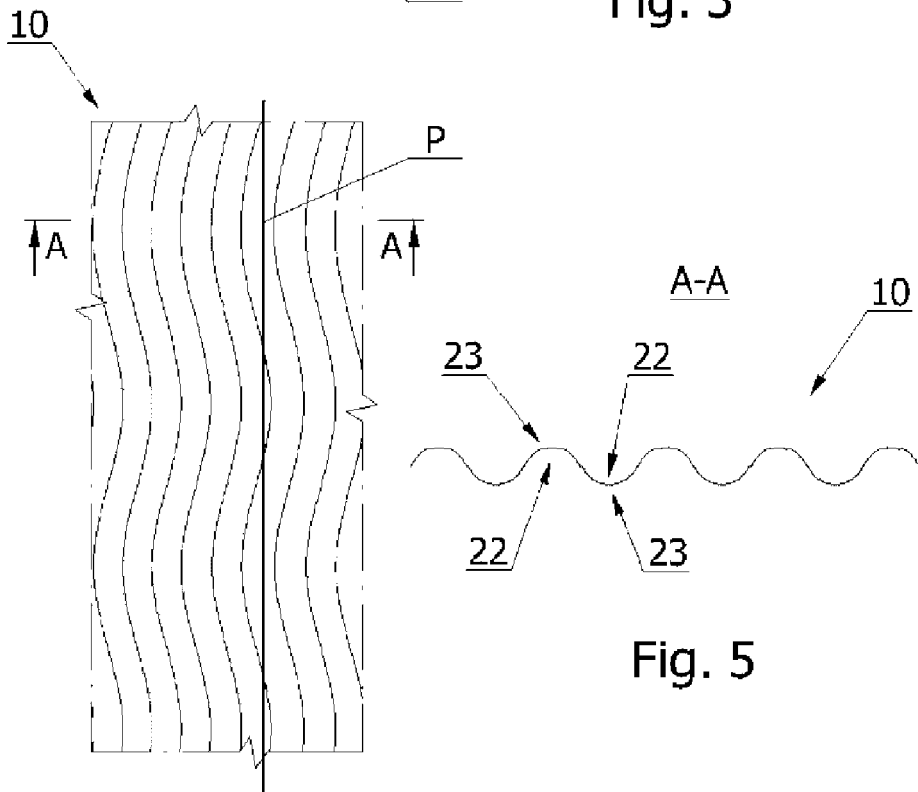


Fig. 4

Fig. 5

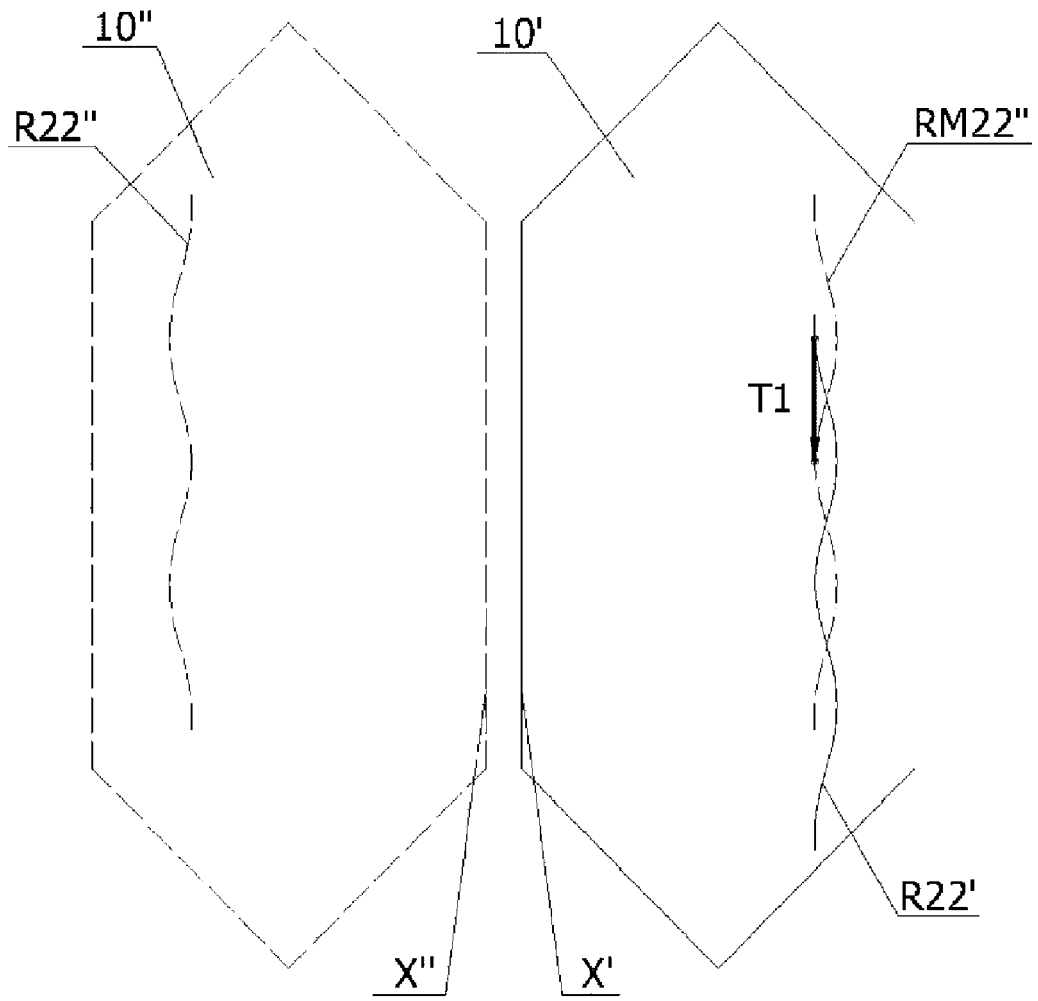


Fig. 6

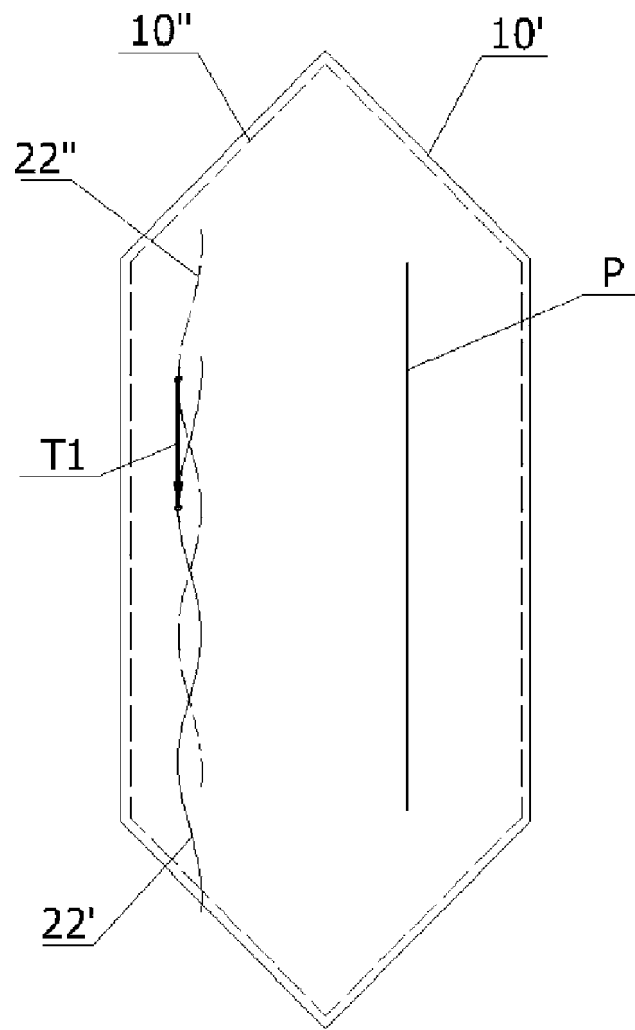


Fig. 7

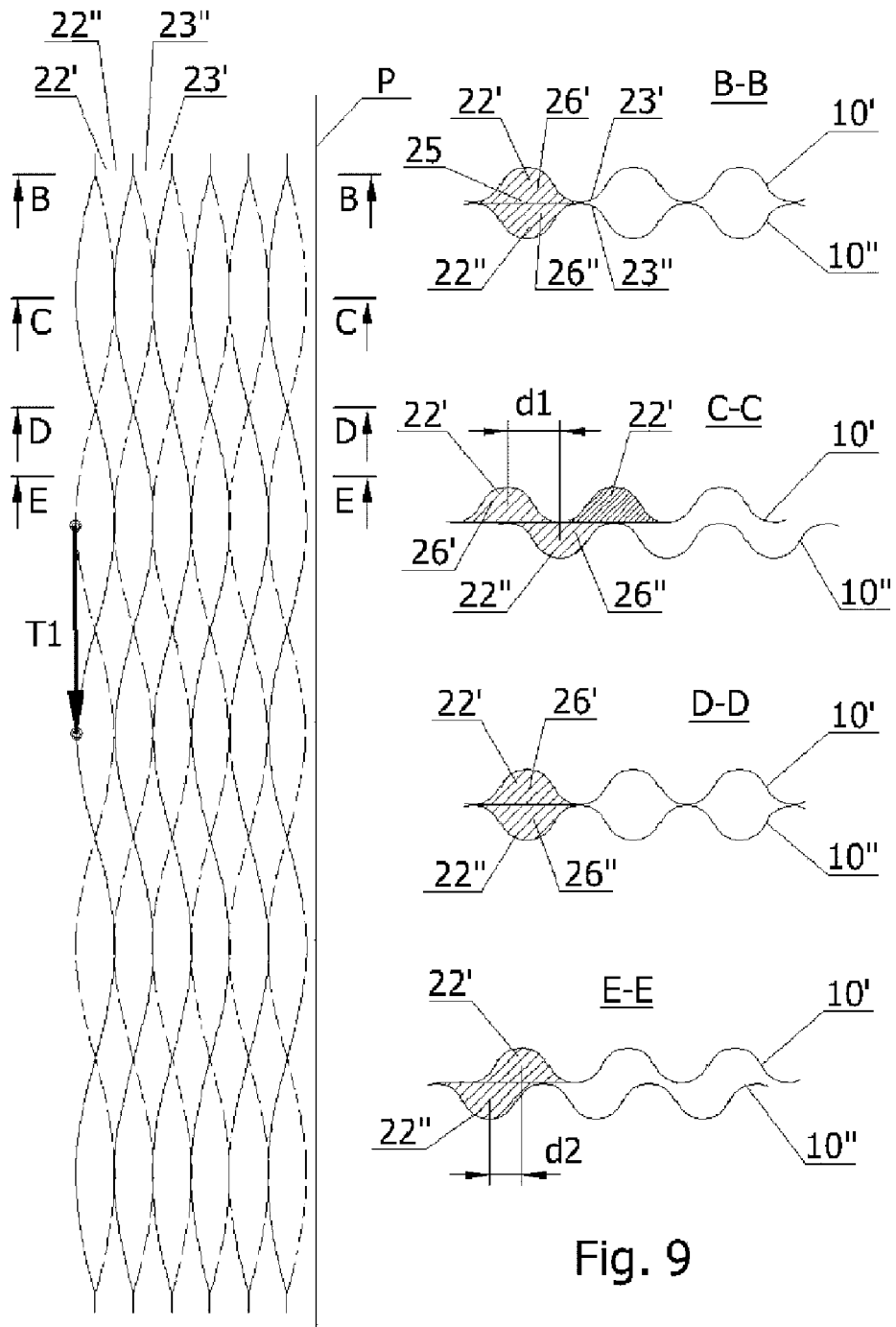


Fig. 8

Fig. 9

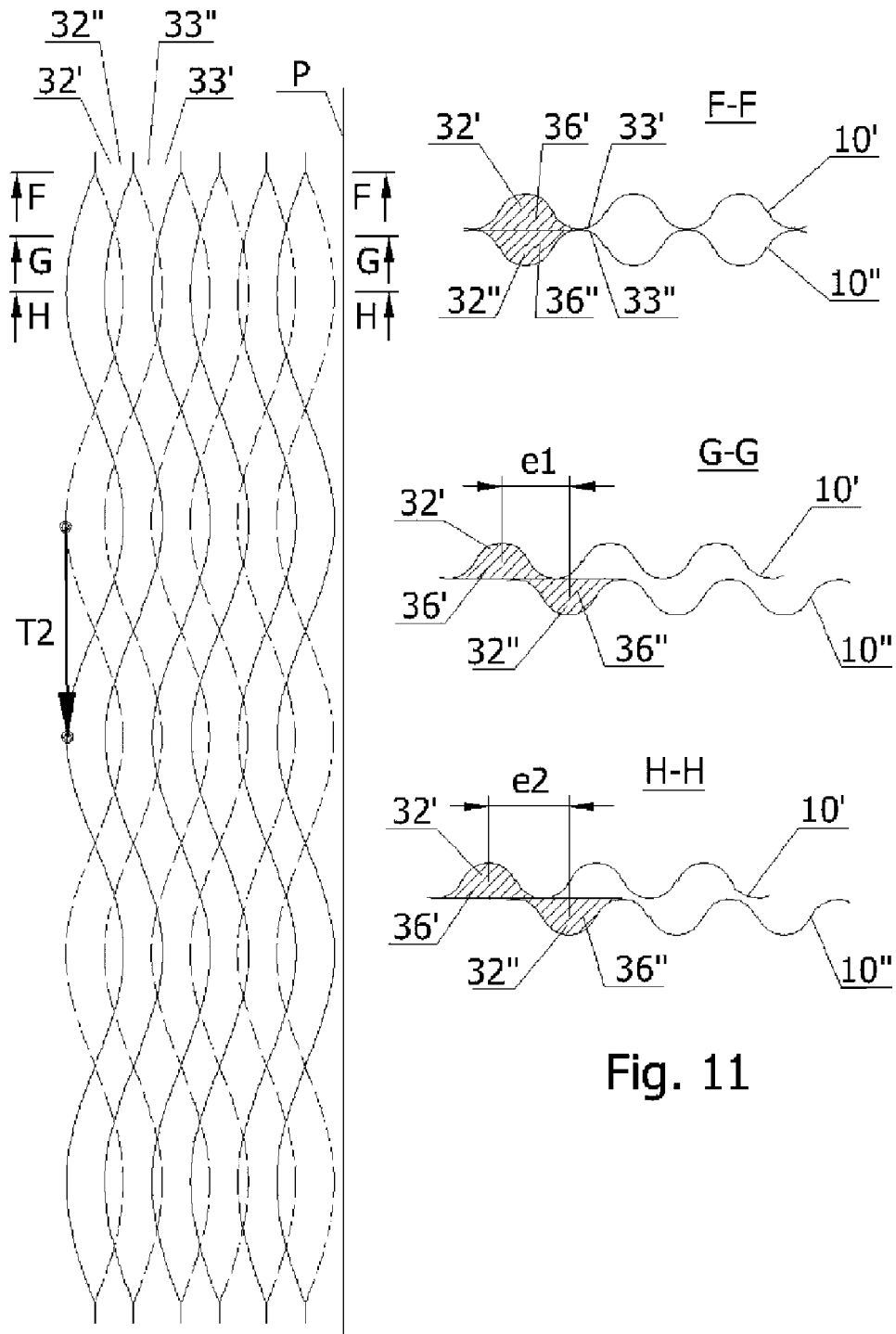


Fig. 10

Fig. 11

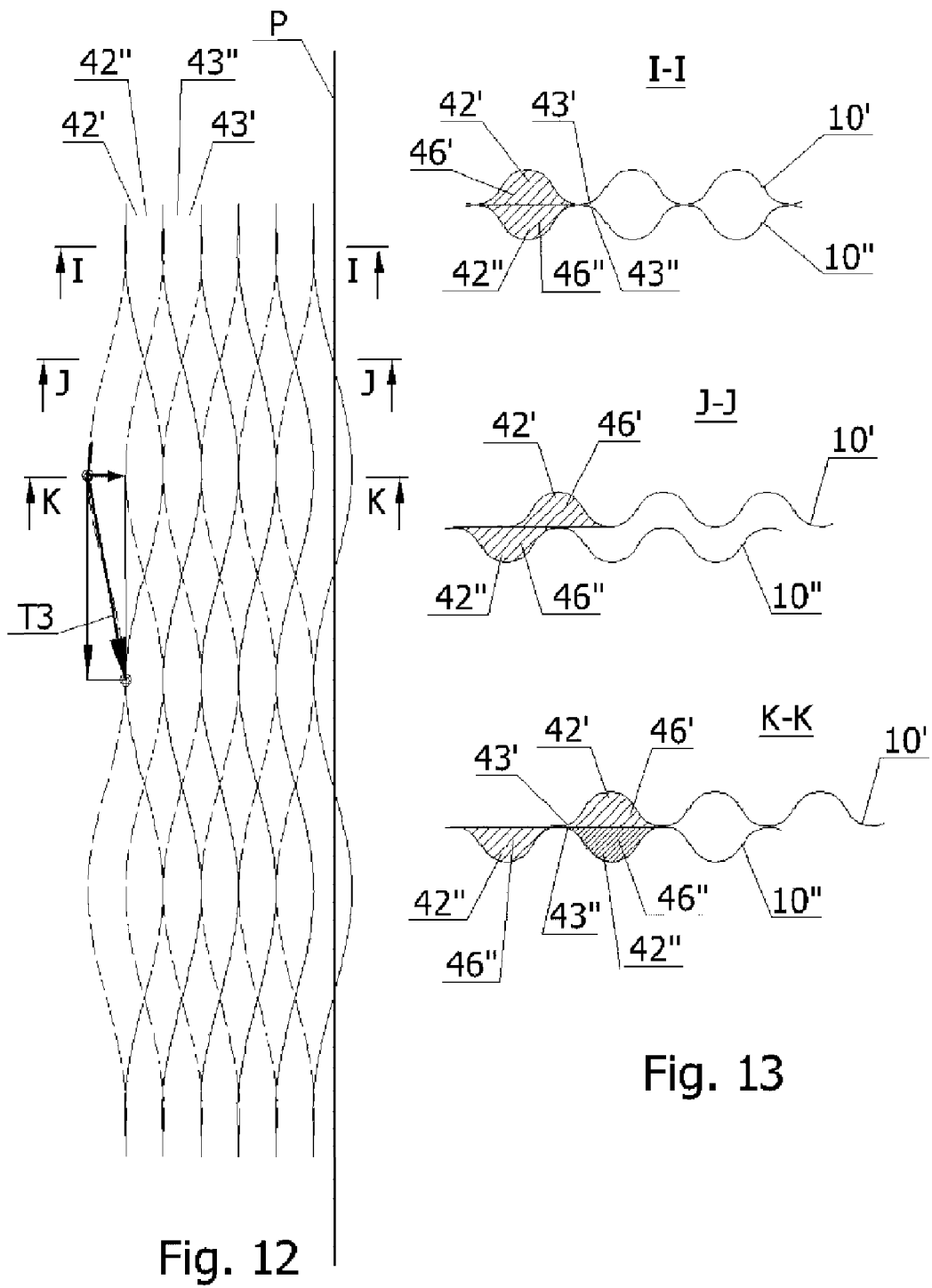


Fig. 13

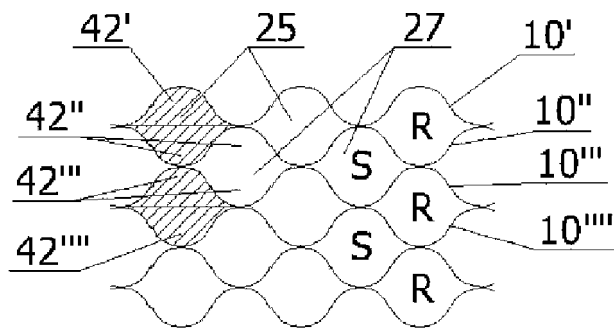


Fig. 14

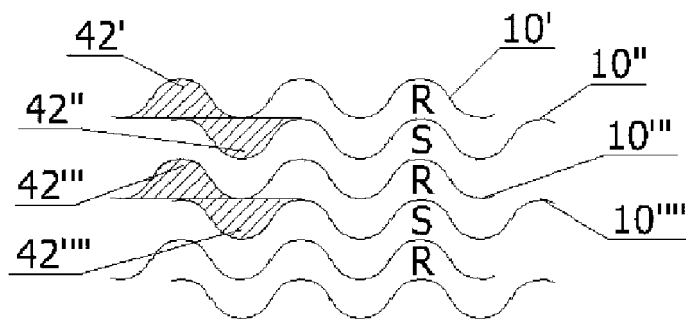


Fig. 15

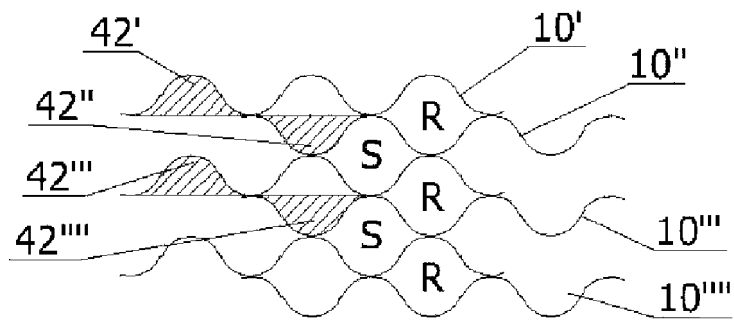


Fig. 16

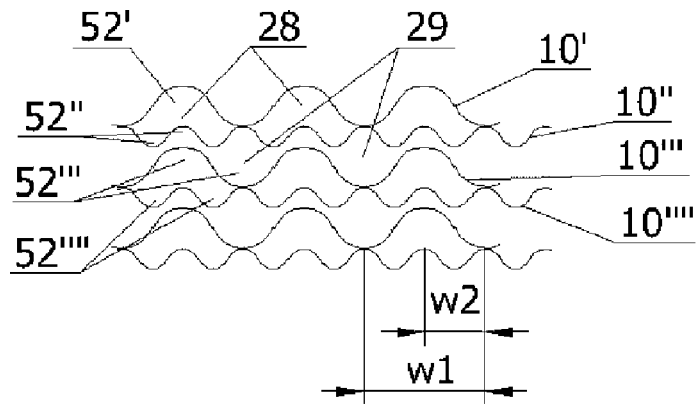


Fig. 17

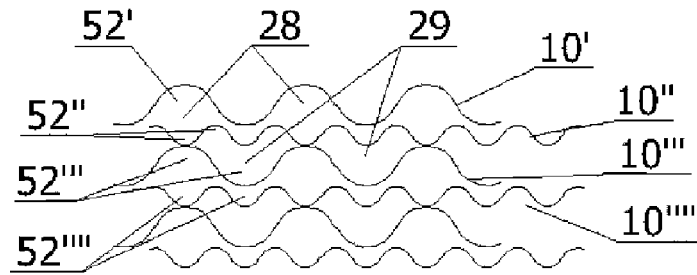


Fig. 18

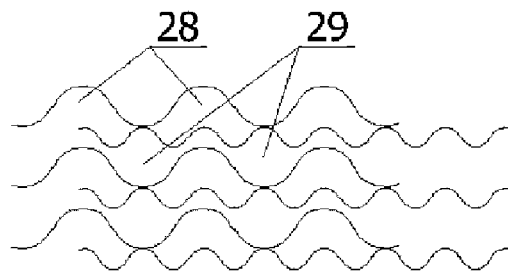


Fig. 19

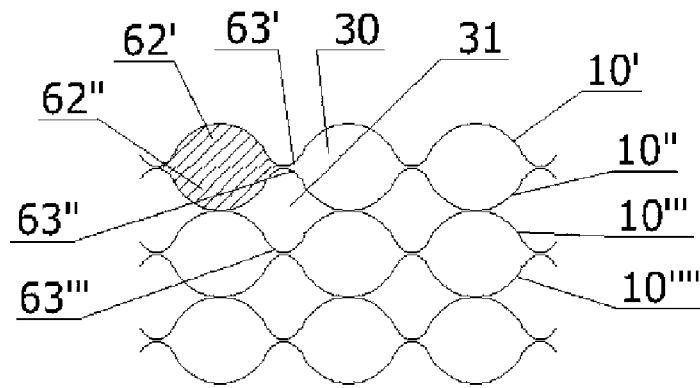


Fig. 20

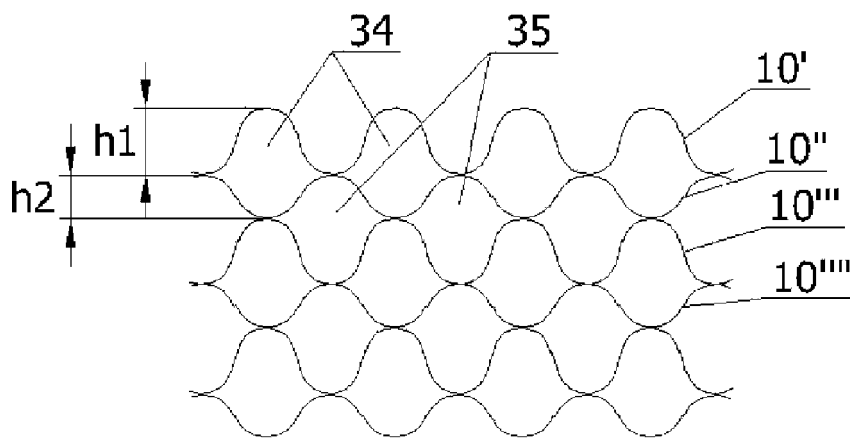


Fig. 21

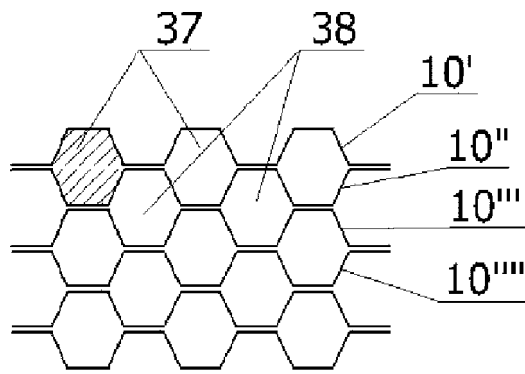


Fig. 22

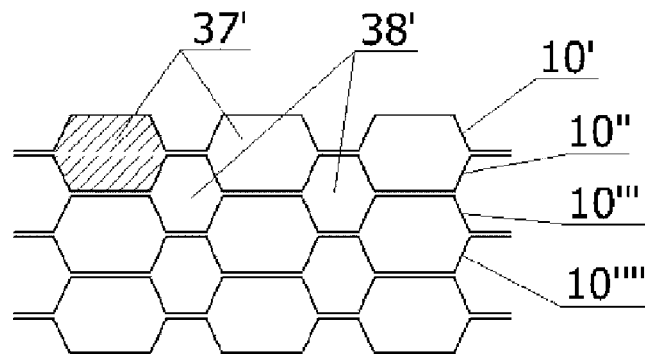


Fig. 23

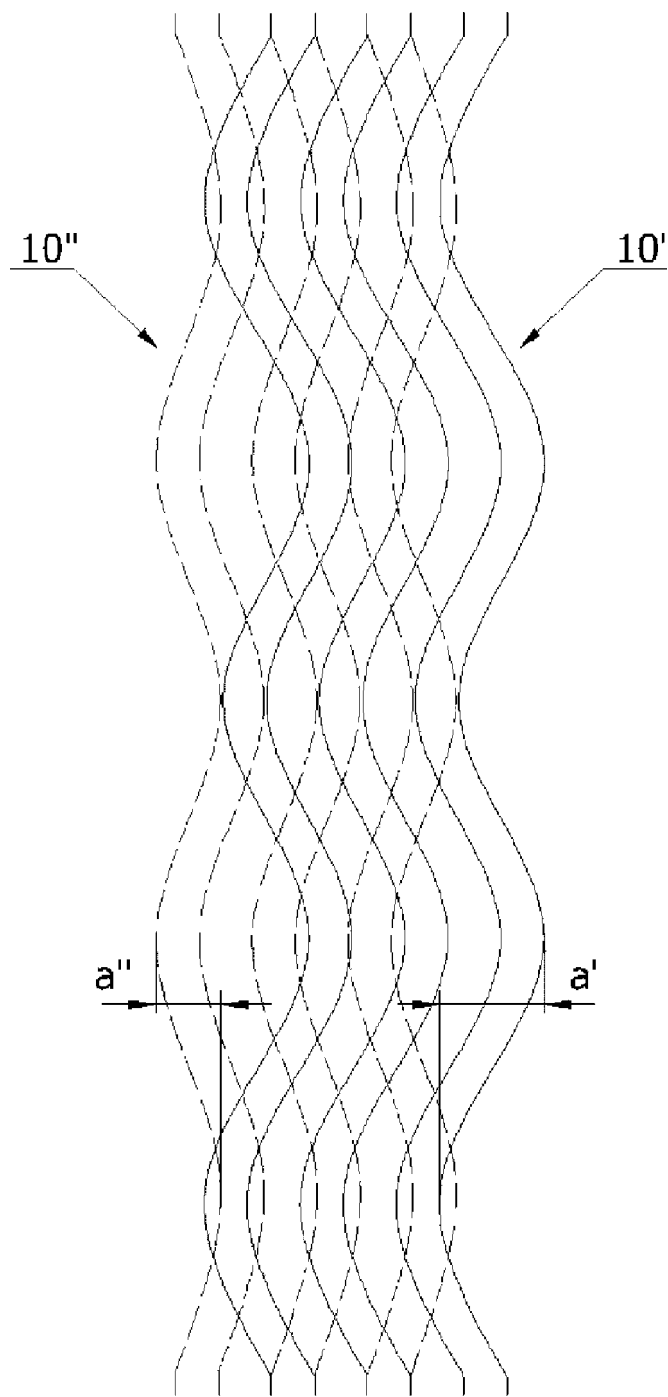


Fig. 24

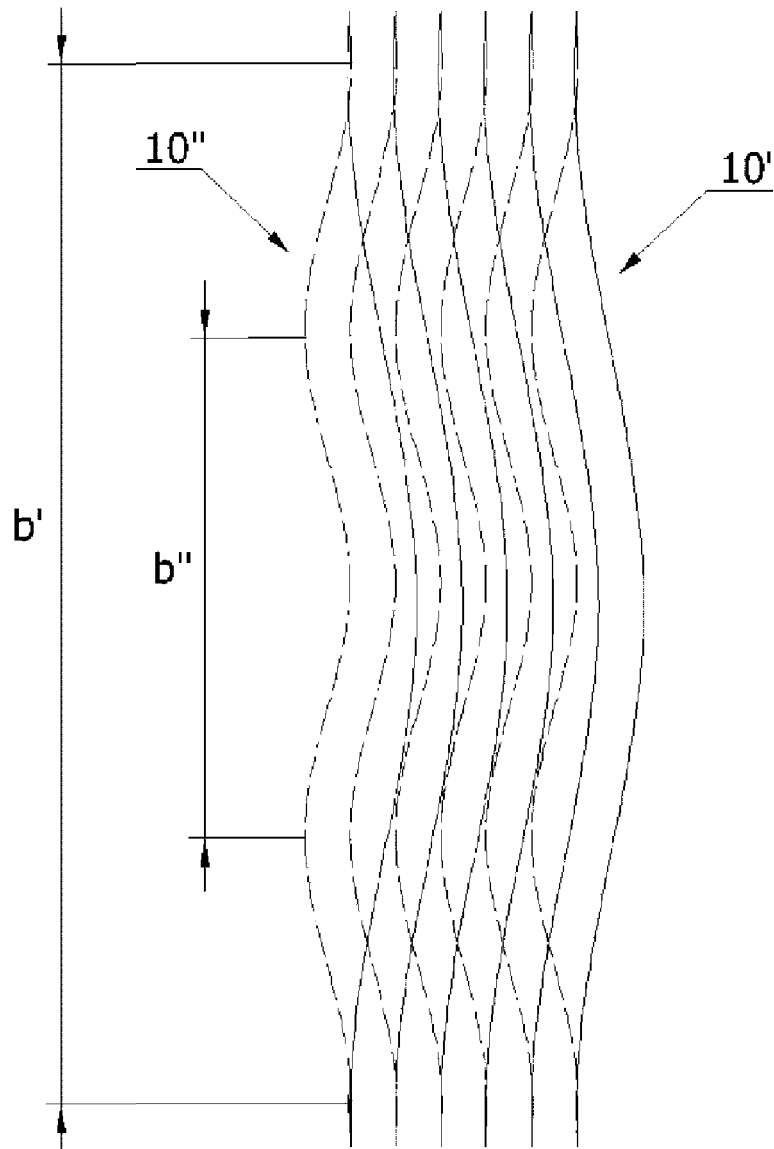


Fig. 25

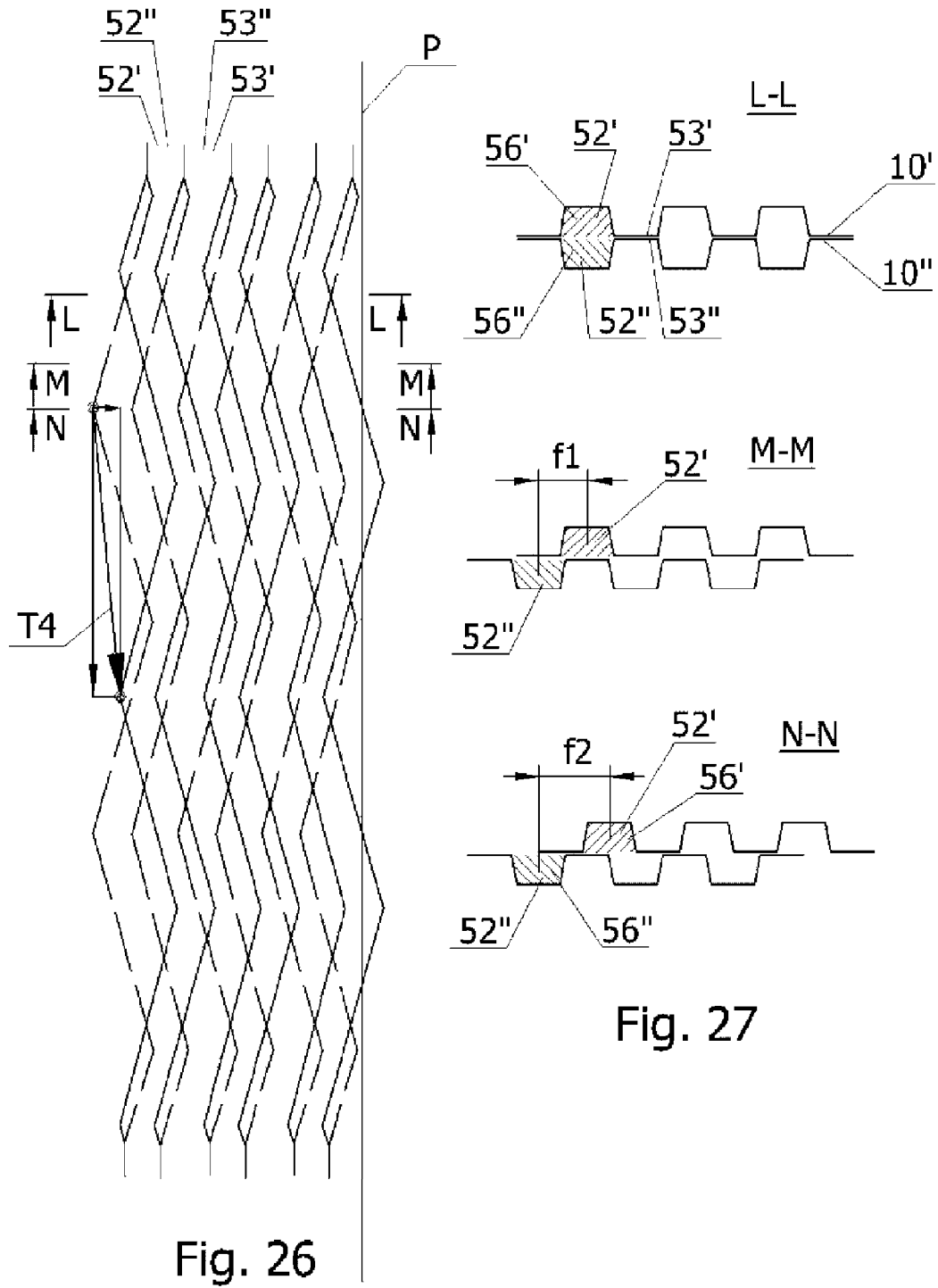


Fig. 27

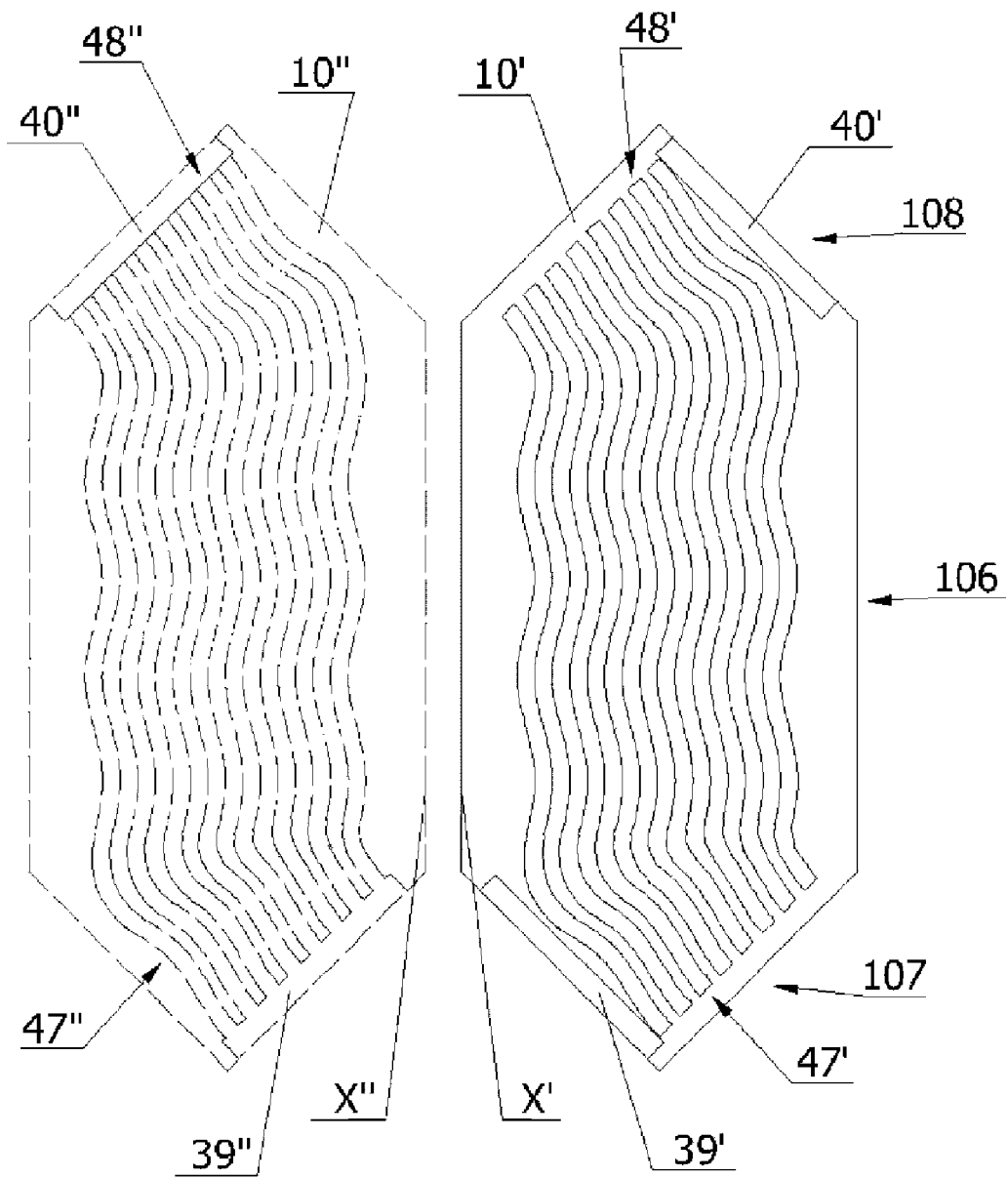


Fig. 28