



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00435**

(22) Data de depozit: **15/06/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/12/2019** BOPI nr. **12/2019**

(41) Data publicării cererii:
28/10/2016 BOPI nr. **10/2016**

(73) Titular:
• **QSI HEAT PIPE S.R.L., STR.ZIZINULUI
NR.113A, BRAȘOV, BV, RO**

(72) Inventatori:
• **FETCU DUMITRU,
STR. BISERICII ROMÂNE NR. 27, BRAȘOV,
BV, RO**

(74) Mandatar:
**WEIZMANN ARIANA & PARTNERS
AGENȚIE DE PROPRIETATE
INTELLECTUALĂ S.R.L., STR.11 IUNIE
NR.51, SC.A, ET.1, AP.4, SECTOR 4,
BUCUREȘTI**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**RO 131418 A0; WO 2011/135334 A2;
US 4280554**

(54) **SCHIMBĂTOR DE CĂLDURĂ**



RO 131461 B1

1 Invenția se referă la un schimbător de căldură destinat, în principal, dar nu exclusiv,
vaporizării azotului lichid la presiuni de 1000 bar, folosind ca sursă de căldură gaze de
3 ardere de temperaturi ridicate sau chiar flacăra directă.

5 Se cunoaște un schimbător de căldură pentru încălzirea gazelor tehnologice de tem-
peraturi și presiuni ridicate, folosind ca agent încălzitor gaze de ardere aflate la temperaturi
7 mari, conform documentului **RO 131418 A0**, care cuprinde o conductă prin care circulă gaze
de ardere și în interiorul căreia, transversal pe axa longitudinală a conductei, este prevăzut
9 cel puțin un pachet de tuburi termice, format din țevi cu aripioare, la partea superioară a con-
ductei fiind montat un recipient de presiune având racorduri de intrare și racorduri de ieșire
11 a gazelor tehnologice, tuburile termice menționate fiind dispuse la interiorul unor țevi cu
aripioare sub formă de teci etanșe care sunt fixate la capătul inferior într-o placă ce separă
conducta de recipientul de presiune, iar la capătul superior având fixate niște capace.

13 Se cunoaște un schimbător de căldură destinat condensării vaporilor, conform docu-
mentului **WO 2011/135334 A2**, care cuprinde o primă cameră pentru schimbul de căldură
15 aflată în legătură cu o a doua cameră pentru schimbul de căldură și un fascicul de tuburi ter-
mice aranjate astfel încât să se extindă din prima către a doua cameră. Prima cameră de
17 schimb de căldură cuprinde un orificiu de intrare pentru primirea unui agent de răcire în
cameră și un orificiu de evacuare, prin care lichidul de răcire poate ieși din prima cameră,
19 lichidul fiind dispus să treacă peste porțiunea conductelor de căldură care se extind în inte-
riorul primei camere. A doua cameră de schimb de căldură cuprinde un orificiu de intrare
21 pentru primirea vaporilor în cameră și un orificiu de evacuare prin care condensul poate ieși
din a doua cameră, vaporii trecând peste porțiunea din conductele de căldură care se extind
23 în a doua cameră. Schimbătorul de căldură mai cuprinde o aripioară dispusă în contact cu
porțiunea unui tub termic în interiorul primei camere de schimb de căldură, având rolul să
25 mărească transferul de căldură între respectiva porțiune a conductei de încălzire și lichidul
de răcire.

27 Se cunoaște un schimbător de căldură cu tuburi termice, conform documentului
US 4280554, în care căldura este transferată de la un fluid fierbinte ce străbate o conductă,
29 la un fluid rece ce străbate altă conductă, printr-un ciclu continuu de evaporare și conden-
sare a unui lichid, ce are loc cu ajutorul unor tuburi termice.

31 Se cunosc schimbătoare de căldură de tipul fascicul de țevi în manta, prin intermediul
cărora căldura conținută în gaze de ardere este transferată către azotul lichid în scopul vapo-
33 rizării acestuia. Un astfel de schimbător de căldură este prezentat în fig. 1. Acest schimbător
de căldură se compune dintr-o manta prin care circulă gazele de ardere de temperatură ridi-
35 cată care intră printr-un racord, parcurg fasciculul de țevi și ies prin alt racord. Azotul la pre-
siune ridicată intră sub formă lichidă printr-un racord și iese sub formă gazoasă prin alt
37 racord. Gazele de ardere de temperatură ridicată sau chiar flacăra directă cedează căldură
către azotul care circulă prin interiorul fasciculului de țevi, trecând din stare lichidă în stare
39 gazoasă pe seama căldurii absorbite.

Aceste tipuri de schimbătoare de căldură au dezavantajele prezentate în continuare.

41 Este cunoscut faptul că azotul are, în ambele stări de agregare, lichidă sau gazoasă,
o căldură latentă de vaporizare mică, de circa opt ori mai mică decât în cazul amoniacului
43 anhidru și de douăzeci și patru de ori mai mică decât în cazul apei bidistilate. În fasciculul
de țevi, căldura este absorbită de către azotul lichid prin vaporizarea acestuia. Deoarece
45 căldura latentă de vaporizare este mică, rezultă o capacitate mică de absorbție a căldurii de
la gazele de ardere sau de la flacăra directă și în consecință unele zone din peretele țevilor
47 se pot supraîncălzi apărând pericolul de explozie prin scăderea rezistenței mecanice cu creș-
terea temperaturii. Din acest motiv, sunt necesare sisteme complexe de supraveghere a tem-
49 peraturii pereților țevilor din fascicul, precum și sisteme de prevenție a extinderii flăcării
directe spre contact cu țevile fasciculului.

RO 131461 B1

Gazele de ardere de temperatură ridicată sunt în contact direct cu țevile din fascicul prin care circulă azotul lichid la presiune foarte mare.	1
Fasciculul de țevi care reprezintă de fapt suprafața de schimb de căldură dintre gazele de ardere și azotul lichid este limitat numai la spațiul aflat în conducta prin care curg gazele de ardere. Se pot prevedea conducte cu secțiuni mai mari, dar, în acest caz, este necesar un debit mai mare de gaze de ardere pentru a menține viteze de circulație convenabile prin fasciculul de țevi. De asemenea, la o anumită secțiune considerată convenabilă, se pot prevedea mai multe rânduri de țevi în fascicul, dar, în acest caz, crește căderea de presiune la trecerea gazelor de ardere. O soluție pentru rezolvarea acestui dezavantaj ar fi extinderea suprafeței de contact cu azotul lichid în afara spațiului considerat optim al conductei prin care circulă gazele de ardere.	3 5 7 9 11
Se mai cunosc schimbătoare de căldură așa cum se poate observa și din documentul GB 2479867 A , formate dintr-un fascicul de tuburi termice cu aripioare amplasate cu o parte în agentul primar care cedează căldură circulând șicanat printr-o manta și cu cealaltă parte în agentul secundar, care primește căldură, circulând de asemenea șicanat prin manta, cele două părți fiind separate etanș prin placa despărțitoare. Acest tip de schimbător de căldură are dezavantaje majore atunci când este folosit într-o aplicație ca cea care face obiectul prezentei invenții.	13 15 17
Agentul care preia căldura nu poate să circule printr-o manta în care se află fasciculul de tuburi termice deoarece presiunea lui foarte mare face imposibilă dimensionarea rezonabilă a mantalei. Datorită presiunii foarte mari a agentului care preia căldura, placa despărțitoare ar trebui dimensionată cu o grosime ce nu poate fi realizată tehnic. Datorită presiunii foarte mari a agentului care preia căldură, etanșarea tuburilor termice în placa despărțitoare cu procedee cunoscute este imposibilă.	19 21 23
Se mai cunosc schimbătoare de căldură, așa cum se poate observa și din documentul US 4488344 , care sunt formate dintr-un fascicul de tuburi termice amplasate cu o parte într-o carcasă aflată în agentul gazos care cedează căldură și cu cealaltă parte în agentul lichid care primește căldură circulând printr-o manta. Acest tip de schimbător de căldură are dezavantaje majore atunci când este folosit într-o aplicație ca cea care face obiectul prezentei invenții.	25 27 29
Agentul care preia căldura nu poate să circule printr-o manta în care se află fasciculul de tuburi termice deoarece presiunea lui foarte mare face imposibilă dimensionarea rezonabilă a mantalei. Datorită presiunii foarte mari a agentului care preia căldura, placa despărțitoare ar trebui dimensionată cu o grosime ce nu poate fi realizată tehnic. Datorită presiunii foarte mari a agentului care preia căldura, etanșarea tuburilor termice în placa despărțitoare cu procedee cunoscute este imposibilă.	31 33 35
Se cunosc schimbătoare de căldură, așa cum se poate observa spre exemplu din documentul WO 2013104885 A1 , care sunt formate dintr-un fascicul de țevi conectate la partea inferioară într-un distribuitor, iar la partea superioară într-un alt distribuitor, în interiorul acestui ansamblu aflându-se un fluid de lucru care dezvoltă în mod continuu un ciclu de vaporizare-condensare pe seama căldurii preluate de la un mediu gazos care intră printr-un racord și iese prin altul, și a căldurii cedate către un alt mediu care circulă printr-o țeavă aflată concentric în interiorul distribuitorului superior, intrând printr-un racord și ieșind prin altul. Acest tip de schimbător de căldură are dezavantaje majore atunci când este folosit într-o aplicație ca cea care face obiectul prezentei invenții.	37 39 41 43 45
Schimbul de căldură între cele două fluide este limitat de suprafața țevii concentrice, care nu poate depăși lungimea creată de fasciculul de țevi aflat în mediul care cedează căldură. În cazul unei neetanșeități apărute în oricare din țevi, întreg ansamblul iese din funcțiune, ciclul de vaporizare-condensare fiind stopat prin pierderea vidului existent la interiorul lui.	47 49

RO 131461 B1

1 Se cunosc schimbătoare de căldură așa cum se poate observa, spre exemplu, din
documentul **WO 2013104927 A1** formate dintr-o serpentină prin care curge un agent termic
3 care primește căldură și amplasată într-o manta prin care circulă agentul care cedează
căldură prin condensare. Acest tip de schimbător de căldură are dezavantaje majore atunci
5 când este folosit într-o aplicație ca cea care face obiectul prezentei invenții.

În cazul în care agentul care primește căldură trebuie să treacă în stare de vapori,
7 folosirea acestui concept este imposibilă deoarece spirele multiple împiedică separarea
vaporilor de lichid și curgerea acestora.

În cazul unei neetanșeități apărute în țevă, întreg ansamblul iese din funcțiune, ciclul
de vaporizare-condensare fiind stopat prin pierderea vidului existent la interior.

În cazul prezentei invenții, ciclul de vaporizare-condensare se petrece în spațiul inelar
11 aferent fiecărei bucăți de serpentină. Dacă apare o neetanșeitățe, numai bucata respectivă
este scoasă din funcțiune.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în încălzirea unui lichid în
15 vederea vaporizării acestuia.

Schimbătorul de căldură, conform invenției, rezolvă problema tehnică menționată și
17 elimină dezavantajele enumerate anterior, prin aceea că țevile cu aripioare se extind în afara
conductei de gaze, în interiorul fiecărei țevi cu aripioare fiind dispusă concentric o altă țevă,
19 în care se află lichidul destinat să fie vaporizat, țevile concentrice formând astfel niște spații
inelare delimitate cu ajutorul unor capace sudate atât la partea inferioară, cât și la cea
21 superioară a fiecărei țevi cu aripioare.

Mai precis, invenția asigură un schimbător de căldură pentru încălzirea azotului lichid
23 în vederea vaporizării acestuia, folosind ca agent încălzitor gaze de ardere aflate la tem-
peraturi mari corespunzătoare sau chiar flacăra directă, schimbătorul cuprinzând o conductă
25 prin care circulă gaze de ardere și în interiorul căreia, transversal pe axa longitudinală a con-
ductei, este prevăzut cel puțin un pachet de țevi cu aripioare extinzându-se în afara con-
27 ductei de gaze prin intermediul unei plăci de separație în care sunt sudate, în interiorul țevilor
cu aripioare existând alte țevi concentrice, care formează spații inelare cu ajutorul capacelor
29 sudate la partea inferioară și superioară, în spațiul inelar astfel format aflându-se o cantitate
anumită de lichid corespunzător, cum ar fi apa bidistilată sau amoniacul anhidru.

Astfel, cu ajutorul schimbătorului conform invenției, căldura preluată de la gazele de
ardere prin convecție forțată spre partea aripată a țevilor este transferată către lichidul aflat
33 în spațiul inelar, care, printr-un ciclu continuu de vaporizare-condensare dezvoltat în acest
spațiu inelar, o transferă în continuare către azotul lichid care circulă prin țeava concentrică
35 interioară intrând sub formă de lichid printr-un racord și ieșind prin altul sub formă de vapori.

În mod avantajos, spațiul inelar creat de cele două țevi concentrice, împreună cu
37 capacele superior și inferior, este vidat corespunzător.

În mod avantajos, fiecare țevă concentrică exterioară cu aripioare din pachet este
39 sudată pe o placă despărțitoare prin intermediul unui manșon de protecție, sudat, la rândul
său, de țevă.

În mod avantajos, fiecare țevă concentrică exterioară este prevăzută cu un
41 compensator de dilatare corespunzător.

În mod avantajos, agentul termic care preia căldura circulă la interiorul unor țevi astfel
43 încât poate avea o presiune oricât de mare.

De preferință, țevile concentrice interioare din pachet sunt conectate sub formă de
45 serpentină.

De preferință, în țevile concentrice interioare prin care circulă azotul lichid sunt
47 montați promotori de turbulență corespunzători.

RO 131461 B1

În mod avantajos, la partea inferioară a conductei prin care circulă gazele de ardere sunt montate șicane din ceramică de temperatură înaltă pentru a forța gazele de ardere să circule numai printre țevile cu aripioare din pachet.	1 3
În mod avantajos, pereții interiori ai conductei prin care circulă gazele de ardere sunt izolați cu ceramică de temperatură înaltă.	5
În mod avantajos, conducta concentrică ce se extinde în afara canalului prin care circulă gazele de ardere este izolată termic în mod corespunzător.	7
În mod avantajos, modulele sunt dispuse pe unul sau mai multe rânduri, câte patru sau mai multe țevi concentrice pe un rând.	9
Schimbătorul de căldură, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:	
- prin soluția tehnică propusă, țevile prin care circulă azotul lichid (la presiune de 1000 bar) nu mai sunt expuse direct acțiunii gazelor de ardere de temperaturi ridicate sau flăcării directe, acestea fiind ecranate de fluidul care circulă în spațiul inelar sub forma unui ciclu continuu de vaporizare-condensare prin care căldura este preluată de la gazele de ardere prin vaporizarea fluidului și cedată către azotul lichid prin condensare. Astfel, se elimină posibilitatea supraîncălzirii acestor țevi datorită căldurii latente de vaporizare mici a azotului lichid. Cu alte cuvinte, în loc ca gazele de ardere de temperatură ridicată sau flacăra directă să transmită căldura către un lichid cu capacitate mică de preluare (cum este azotul lichid) și, în consecință, cu risc maxim de supraîncălzire a peretelui țevii, această căldură se transmite către un fluid intermediar (fluidul care evoluează în spațiul inelar) cu capacitate mare de preluare, deci cu risc minim de supraîncălzire și de distrugere a peretelui țevii expus la temperaturi și presiuni mari;	11 13 15 17 19 21
- prin ciclul de vaporizare-condensare al lichidului din spațiul inelar, căldura preluată de la gazele de ardere sau de la flacăra directă este transmisă către azotul lichid și în afara conductei prin care circulă gazele de ardere, deoarece ansamblul format din cele două țevi concentrice poate fi extins oricât în afara acesteia. Astfel se elimină dezavantajul limitării suprafeței de schimb de căldură numai în spațiul canalului prin care circulă gazele de ardere sau flacăra directă.	23 25 27
Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1...7, care reprezintă:	29
- fig. 1, care ilustrează schematic o variantă de schimbător de căldură cu azot, cunoscut din stadiul tehnicii;	31
- fig. 2, o decupare verticală printr-un modul al schimbătorului de căldură conform prezentei invenții;	33
- fig. 3, o secțiune orizontală A-A printr-un modul al schimbătorului de căldură conform prezentei invenții;	35
- fig. 4, o secțiune orizontală B-B printr-un modul al schimbătorului de căldură conform prezentei invenții;	37
- fig. 5, o decupare verticală prin schimbătorul de căldură conform unui alt exemplu de realizare a prezentei invenții;	39
- fig. 6, o secțiune orizontală A-A prin schimbătorul de căldură conform fig. 5;	41
- fig. 7, o secțiune orizontală B-B prin schimbătorul de căldură conform fig. 5 sau 6.	
Schimbătorul de căldură, conform invenției, se compune dintr-o conductă 1 prin care circulă gaze de ardere și în interiorul căreia, transversal pe axa longitudinală a conductei, este prevăzut cel puțin un pachet de țevi 2 cu aripioare 3 care se extind în afara conductei de gaze prin intermediul unei plăci de separație 4 în care sunt sudate. În interiorul țevilor cu aripioare sunt prevăzute niște țevi concentrice 5 care formează niște spații inelare 6 cu	43 45 47

RO 131461 B1

1 ajutorul unor capace **7** și **8** sudate la partea inferioară și la partea superioară, în spațiul inelar
3 **6** astfel format aflându-se o cantitate anumită de lichid **9** corespunzător, cum ar fi apă bidis-
tilată sau amoniac anhidru. Spațiile inelare **6** sunt vidate în mod corespunzător.

5 Astfel, cu ajutorul schimbătorului conform invenției, căldura de la gazele de ardere
care intră printr-un racord **10** și ies printr-un racord **11** este preluată prin convecție forțată
7 spre partea aripată **3** a țevilor **2** și este transferată către lichidul **9** aflat în spațiul inelar **6**
vidat. Pe seama acestei călduri absorbite, lichidul se vaporizează, cedând apoi prin conden-
9 sare căldura către azotul lichid care curge la interiorul țevilor concentrice **5**. Acest proces de
vaporizare-condensare a lichidului din spațiul inelar vidat **6** este permanent, astfel încât țevile
11 prin care circulă azotul, care intră sub formă lichidă prin racordul **12** și iese sub formă
gazoasă prin racordul **13**, nu mai primesc căldură direct de la gazele de ardere. Chiar dacă
13 flacăra directă atinge aripioarele **3** ale țevilor **2**, pericolul de explozie prin supraîncălzire este
exclus, deoarece țevile concentrice interioare prin care circulă azotul lichid sunt ecranate de
15 ciclul de vaporizare-condensare al fluidului **9** din spațiul inelar vidat **6**.

15 Ansamblul de țevi concentrice **14** care ies în afara conductei **1** prin care circulă
gazele de ardere mărind astfel suprafața de schimb de căldură în contact cu azotul lichid
17 este separat etanș de conducta **1** prin intermediul unei plăci **4**, în care sunt sudate colierele
15 care, la rândul lor, sunt sudate pe conducta **2**.

19 Fiecare țevă concentrică exterioară **2** este prevăzută cu un compensator de dilatare
16 corespunzător.

21 Țevile concentrice interioare **5** prin care circulă azotul lichid sunt conectate sub formă
de serpentină cu ajutorul unor coturi **17** corespunzătoare.

23 Pentru a mări coeficientul de transfer de căldură pe partea azotului lichid, în țevile
concentrice interioare **5** sunt montați niște promotori de turbulență **18**.

25 La partea inferioară a conductei **1**, prin care circula gazele de ardere, sunt montate
șicane **19** din ceramică de temperatură înaltă pentru a forța gazele de ardere să circule
27 numai printre țevile cu aripioare din pachet.

29 Pereții interiori ai conductei **1** prin care circulă gazele de ardere sunt izolați cu
ceramică de temperatura înaltă **20**.

31 Cu referire la fig. 5, 6 și 7, este prezentat în continuare un vaporizator de azot lichid
format din mai multe module **21**, dispuse pe unul sau mai multe rânduri **22**, câte două sau
mai multe module pe un rând. Modulele **21** sunt fixate corespunzător prin intermediul plăcii
33 despărțitoare **4**, aferente fiecărui modul, pe conducta **1** prin care circulă gazele de ardere,
intrând printr-un racord **10** și ieșind printr-un racord **11** după ce au cedat căldură părții aripate
35 **3** a pachetului de țevi **2** din modulul respectiv. Pereții conductei **1** prin care circulă gazele de
ardere sunt prevăzuți, la interior, cu izolație termică de temperatură înaltă **20**.

37 Conducta concentrică **2** ce se extinde în afara canalului **1** prin care circulă gazele de
ardere este prevăzută cu izolație termică **23** corespunzătoare.

RO 131461 B1

Revendicări

1. Schimbător de căldură alcătuit dintr-o conductă (1) prin care circulă gaze de ardere prevăzută cu un racord de intrare (10) și un racord de ieșire (11) a gazelor și în interiorul căreia, transversal pe axa longitudinală a conductei (1), este prevăzut cel puțin un pachet de țevi (2) cu aripioare (3) care sunt sudate de o placă de separație (4), **caracterizat prin aceea** țevile (2) cu aripioare (3) se extind în afara conductei de gaze, în interiorul fiecărei țevi (2) cu aripioare (3) fiind dispusă concentric o altă țeavă (5) în care se află lichidul destinat a fi vaporizat, țevile concentrice (2, 5) formând astfel niște spații inelare (6) delimitate cu ajutorul unor capace (7, 8), sudate atât la partea inferioară, cât și la cea superioară a fiecărei țevi (2) cu aripioare (3). 11
2. Schimbător de căldură conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** lichidul supus vaporizării este azot, iar lichidul (9) dispus în spații inelare (5) este selectat dintre apă bidistilată sau amoniac anhidru. 13
3. Schimbător de căldură conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** spațiul inelar (6) creat între cele două țevi concentrice (2, 5), împreună cu capacele superior (8) și inferior (7), este vidat. 17
4. Schimbător de căldură conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** fiecare țeavă (2) cu aripioare (3) din pachet este sudată pe o placă de separație (4) prin intermediul unui colier (15) de protecție, sudat, la rândul său, de țeavă. 19
5. Schimbător de căldură conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** fiecare țeavă (2) cu aripioare (3) este prevăzută cu un compensator de dilatare (16) corespunzător. 21
6. Schimbător de căldură conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** țevile interioare (5) din pachet sunt conectate sub formă de serpentină cu ajutorul unor coturi (17). 23
7. Schimbător de căldură conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** în țevile interioare (5) din pachet, prin care circulă azotul lichid, sunt montați promotori de turbulență (18). 27
8. Schimbător de căldură conform uneia dintre revendicările 1 la 7, **caracterizat prin aceea că**, la partea inferioară a conductei (1), prin care circulă gazele de ardere, sunt montate șicane (19) din ceramică de temperatură înaltă pentru a forța gazele de ardere să circule numai printre țevile (2) cu aripioare (3) din pachet. 31
9. Schimbător de căldură conform oricăreia dintre revendicările 1 la 8, **caracterizat prin aceea că** pereții interiori ai conductei (1) prin care circulă gazele de ardere sunt izolați cu o izolație de ceramică (20) de temperatură înaltă. 33
10. Schimbător de căldură conform uneia dintre revendicările 1 la 9, **caracterizat prin aceea că** porțiunea de țeavă (2) ce se extinde în afara conductei (1) prin care circulă gazele de ardere este prevăzută cu o izolație termică (23). 37
11. Schimbător de căldură conform uneia dintre revendicările 1 la 10, **caracterizat prin aceea că** acesta cuprinde o multitudine de pachete de țevi concentrice (2, 5) care formează module (21) independente de schimb de căldură. 39
12. Schimbător de căldură conform revendicării 11, **caracterizat prin aceea că** modulele (21) menționate sunt dispuse pe unul sau mai multe rânduri (22), câte patru sau mai multe țevi concentrice (2, 5) pe fiecare rând. 43

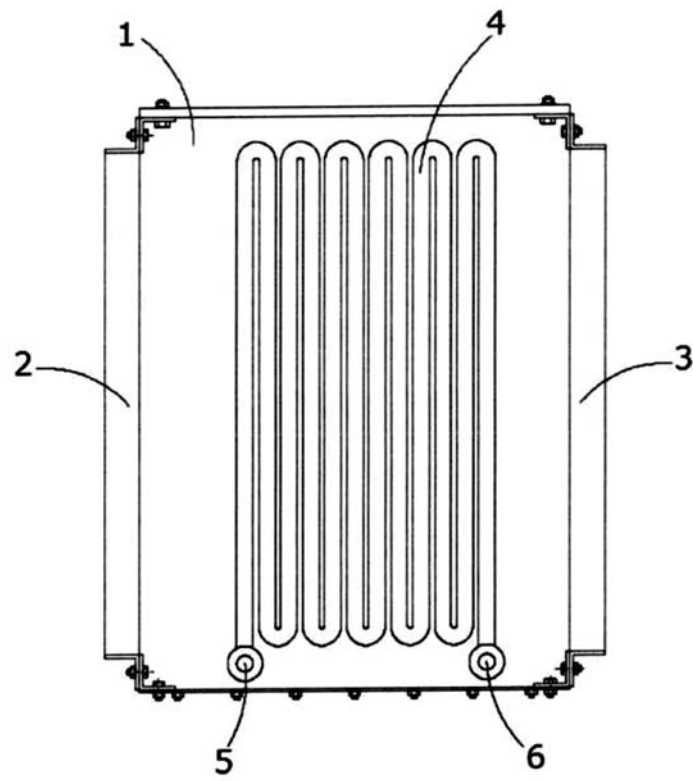


Fig. 1

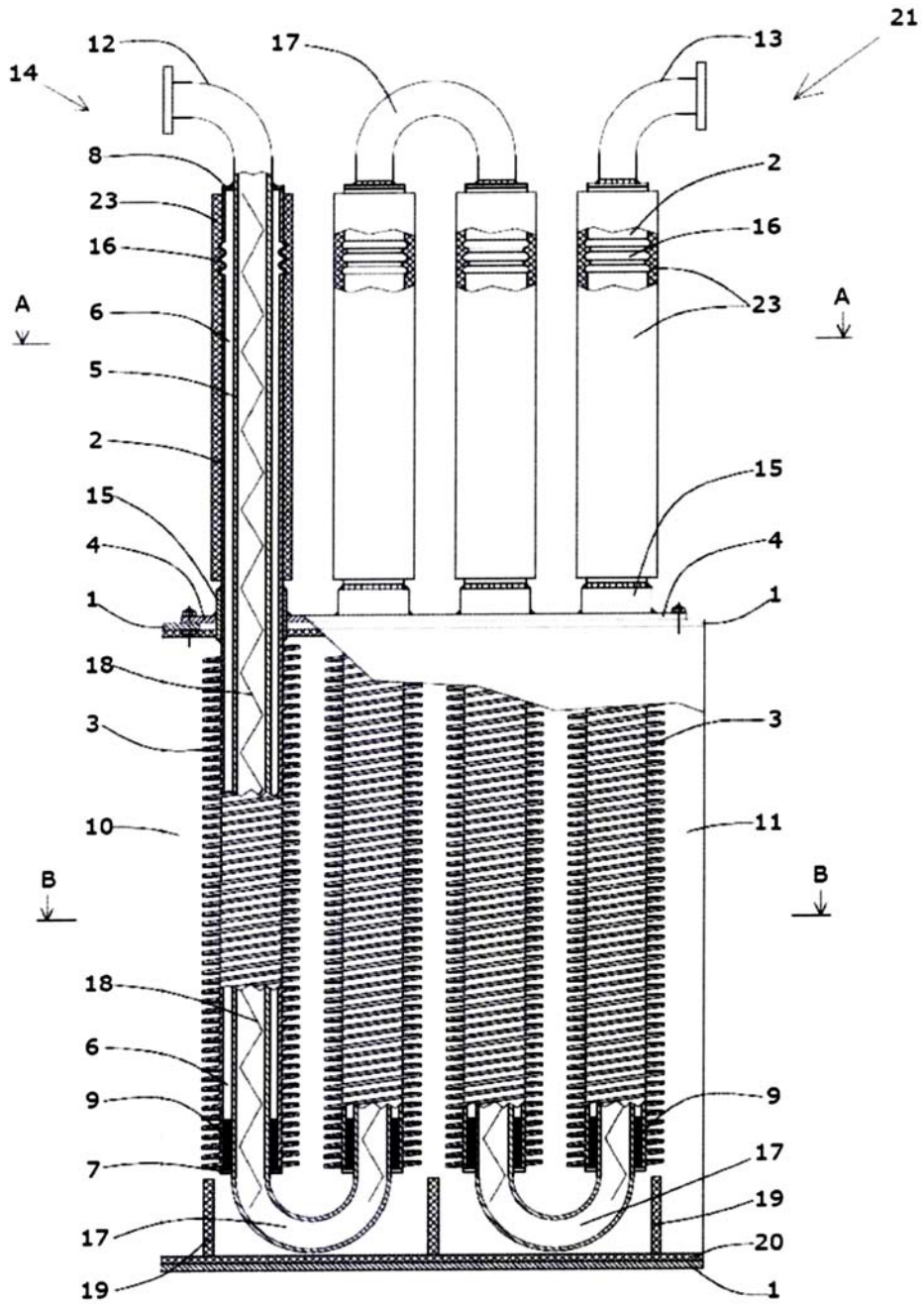


Fig. 2

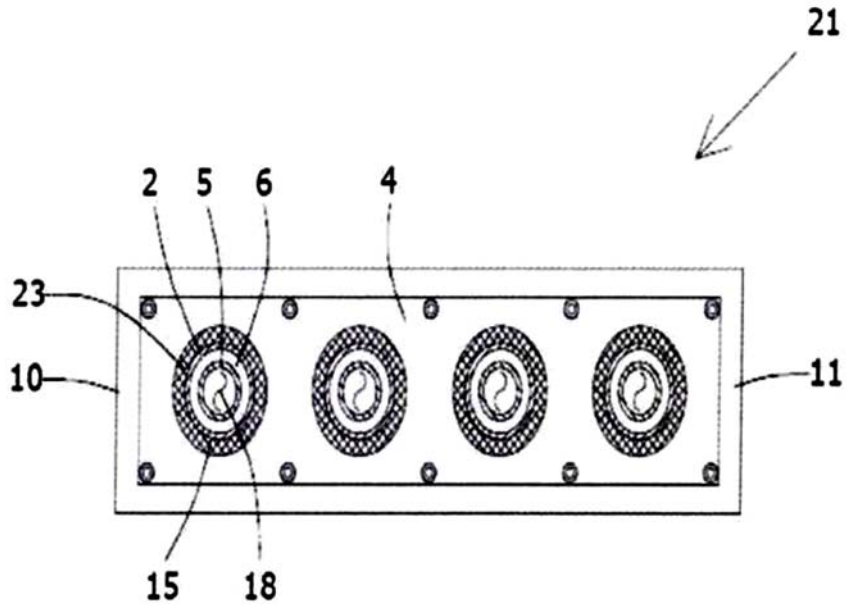


Fig. 3

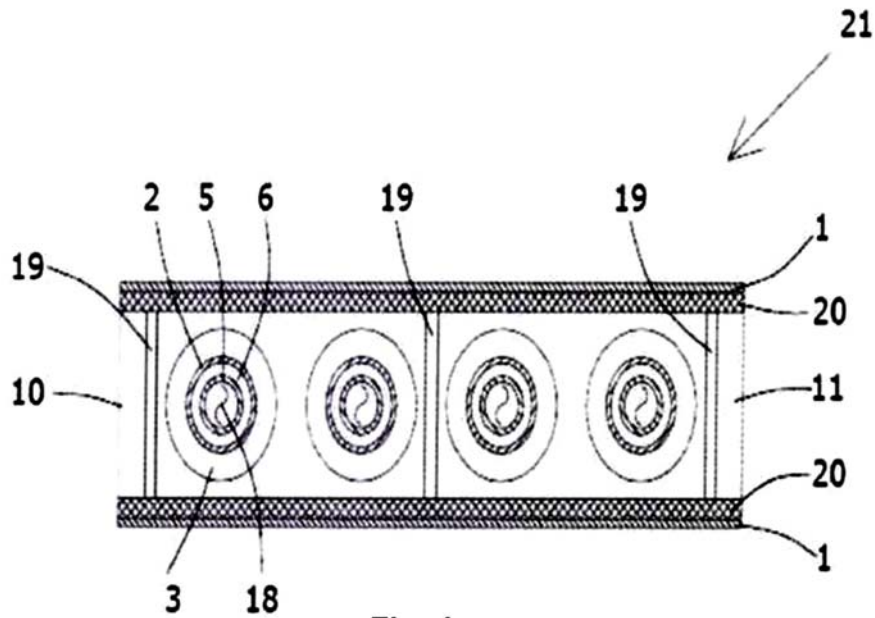


Fig. 4

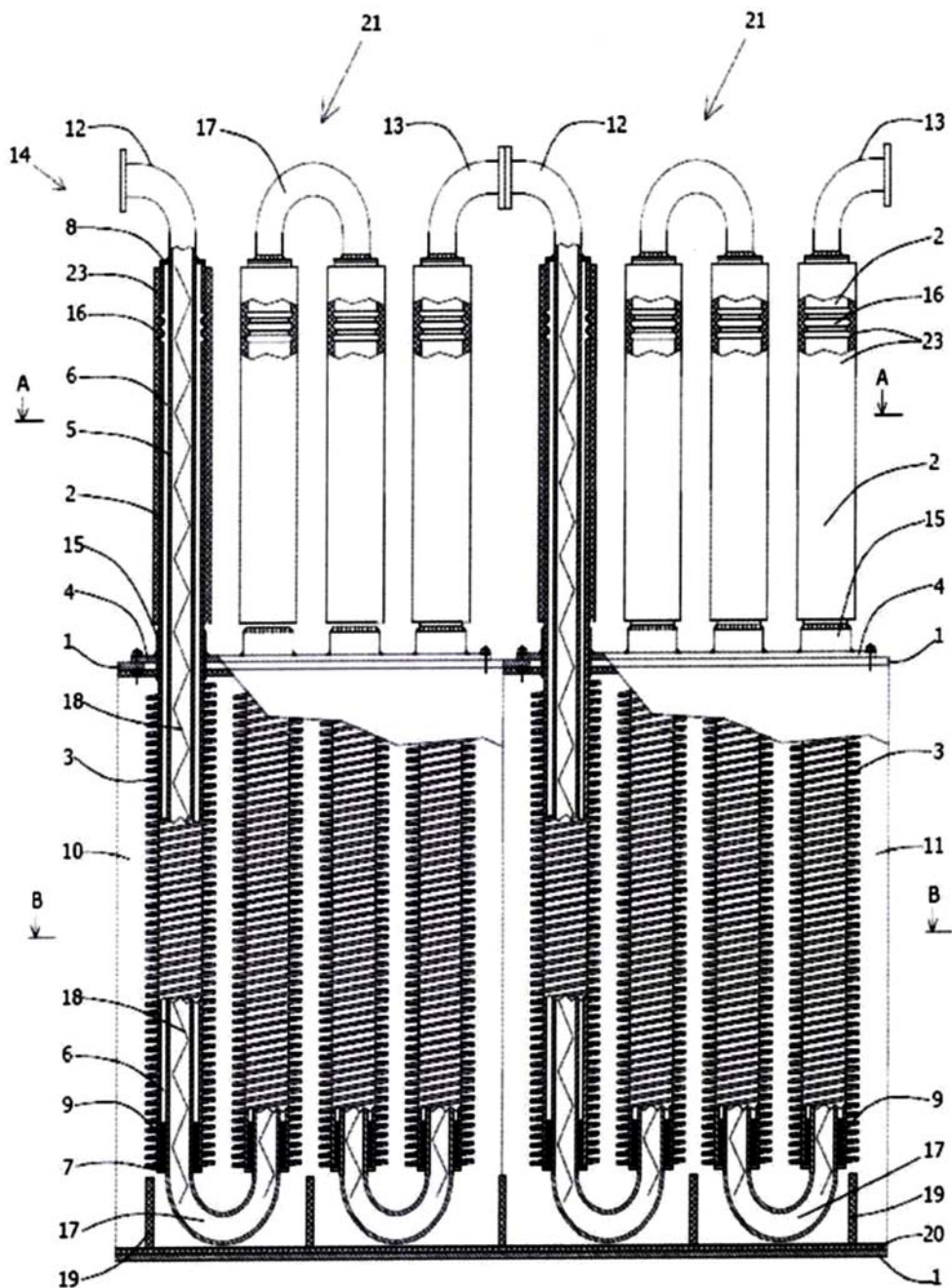


Fig. 5

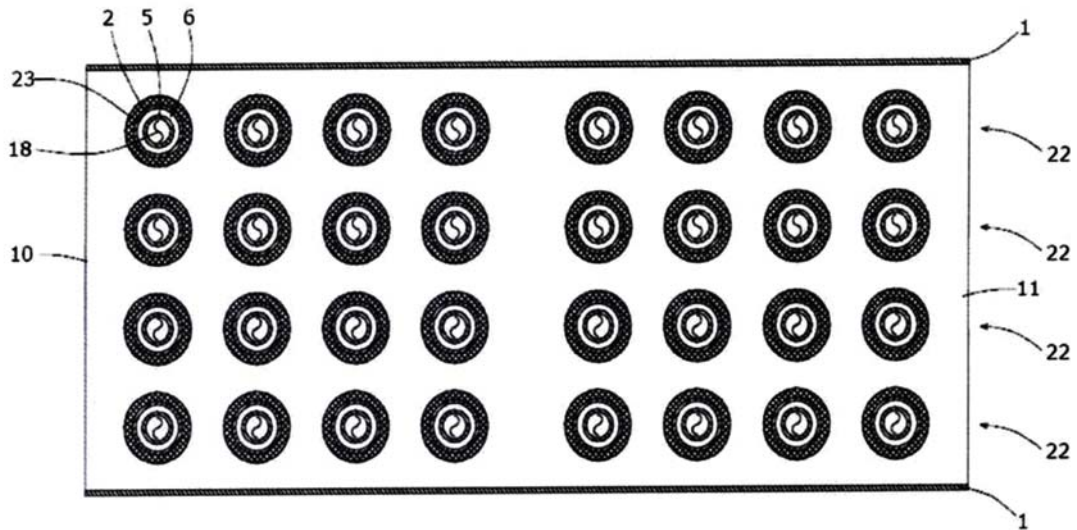


Fig. 6

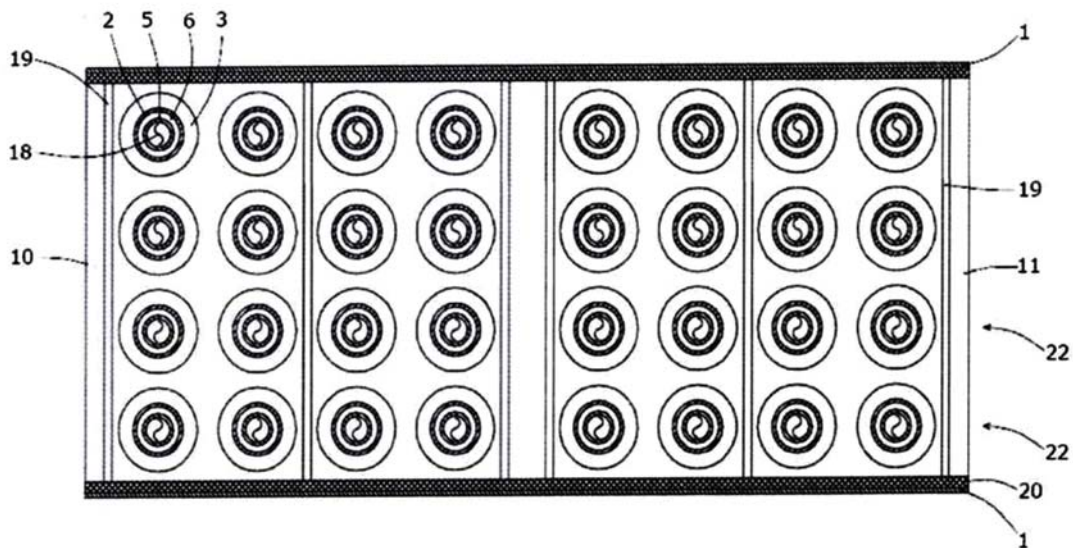


Fig. 7

