

PLEȘA ANGELA

GRIEB CSABA FRANCISC

NAGI MIHAI

UTILAJE TERMICE

SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ CU PLĂCI

Volumul I



Editura MEDIAMIRA

Cluj-Napoca, 2008

ISBN 978-973-713-210-9

EDITURA MEDIAMIRA

Str. Horea nr. 47-49/1

400275 Cluj-Napoca

C.P. 117, O.P. 1

COLECȚIA INGINERULUI

Angela Pleșa, Grieb Csaba Francisc, Nagi Mihai

Utilaje termice.

Schimbătoare de căldură cu plăci

Vol. I

Referenți

științifici:

Prof.dr.ing. **Dan OPRUȚA**

Prof.dr.ing. **Ioan TEBEREAN**

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

PLEȘA, ANGELA

Utilaje termice: schimbătoare de căldură cu plăci/

Pleșa Angela, Grieb Csaba Francisc, Nagi Mihai.-

Cluj-Napoca: Mediamira, 2008

3 vol.

ISBN 978-973-713-209-3

Vol. 1. – 2008. – 162 p.; 17x24 cm.

Bibliogr. – ISBN 978-973-713-210-9

I. Grieb, Csaba Francisc

II. Nagi, Mihai

621.1

© Toate drepturile asupra acestei ediții aparțin autorilor

2 CUPRINS - SELECȚIE

3	Capitolul 3 SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ CU PLĂCI	1
3.1	Noțiuni generale	1
3.2	Domeniu de utilizare	2
3.3	Tipuri de schimbătoare de căldură cu plăci	4
3.4	Funcționare și întreținere	6
3.5	Schimbătoare de căldură cu plăci și garnituri	8
3.5.1	Plăcile și nervurațiile lor	8
3.5.2	Garnituri	19
3.5.3	Racorduri	23
3.5.4	Circulația agenților termici	25
3.6	Schimbătoare de căldură „Sonder Safe”	26
3.7	Schimbătoare de căldură cu plăci sudate	27
3.8	Schimbătoare de căldură cu plăci semisudate	38
3.9	Schimbătoare de căldură cu plăci brazate	45
3.10	Schimbătoare cu plăci spiralate	48
3.11	Schimbătoare de căldură cu plăci și aripioare	51
3.12	BIBLIOGRAFIE Cap. 3	62
4	Capitolul 4 CENTRALE ȘI PUNCTE TERMICE	64
4.1	Utilizarea pompelor de căldură la încălzirea clădirilor	64
4.2	Sisteme de încălzire utilizând ape geotermale	78
4.3	Module termice	86
4.4	BIBLIOGRAFIE Cap. 4	95

5	Capitolul 5 EFICIENȚA ÎNLOCUIRII SISTEMELOR CLASICE CU SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ CU PLĂCI	96
5.1	Evoluția pieței	96
5.2	Analiză comparativă	97
5.3	BIBLIOGRAFIE Cap. 5	104

3 3 CAPITOLUL 3 SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ CU PLĂCI

3.1 Noțiuni generale

Preocupări intense pentru realizarea unor schimbătoare de căldură eficiente și în domenii de utilizare cât mai variate s-au înregistrat încă din secolul XIX. Astfel, în 1879 Oficiul German de Brevete acorda lui Wilhelm Schmidt un brevet pentru un nou tip de răcitor în contracurent cu suprafață deschisă [1].

Cererile importante din industria alimentară, a condus la dezvoltarea cercetării și proiectării de noi aparate, astfel încât în anul 1932 a fost proiectat primul schimbător cu suprafață închisă, construit cu plăci din alamă placate cu crom, prevăzute cu canale în spirală. Primele schimbătoare de căldură cu plăci au fost realizate de firmele APV – Danemarca și ALFA LAVAL – Suedia.

Modelele următoare au utilizat plăci din oțel inoxidabil, presate astfel încât să formeze între ele canale ondulate. În 1948 a fost finalizat primul proiect al noii generații de schimbătoare cu plăci, având performanțe înalte și coeficienți de transfer termic superiori față de schimbătoarele de căldură clasice și care stă la baza noilor generații de schimbătoare de căldură cu plăci utilizate astăzi. O întreagă gamă de plăci, cu diferite suprafețe, nervurații, grosimi și materiale, și de garnituri disponibile pentru aceste schimbătoare, le fac apte pentru aproape orice aplicații [1].

Schimbătoarele de căldură cu plăci sunt aparate în care transferul termic se realizează prin intermediul unei suprafețe metalice care constituie peretele despărțitor dintre agenții termodinamici de lucru.

Pe plan internațional, printre producătorii consacrați în domeniu, se numără ALFA LAVAL, SONDEX, APV, API Schmidt-Bretten GmbH, SWEP International AB, VICARB (preluat de firma Alfa Laval în anul 1998), BARRIQUAND, CIAT, ARTEC S.p.A., ZILMET, TENEZ,

TRANTER, WTT, FISHER, GEA, THERMOWAVE, FUNKE, VAHTERUS, LPM, VIEUX, JAD, OHL, etc. cât și centre de cercetare specializate pe schimbătoare de căldură. Acestea au dezvoltat în ultimii ani o gamă foarte largă de schimbătoare de căldură cu plăci, de tipuri și dimensiuni variate, cu performanțe tehnice deosebite, de aceea ele ocupă o zonă din ce în ce mai importantă pe piața schimbătoarelor de căldură.

3.2 Domeniu de utilizare

Schimbătoarele de căldură cu plăci au aplicabilitate în domenii foarte variate, cum ar fi [2] :

➤ *În sisteme de încălzire și condiționare:* stații în sistemele de încălzire urbană (fig.3.1), industrială sau individuală, producerea apei calde menajere, extragerea căldurii în sistemele cu pompă de căldură, recuperarea căldurii în sistemele geotermale, răcirea pe circuitele sistemelor cu pompe de căldură și în instalațiile de climatizare.



Fig.3.1

➤ *Domeniul turismului - hoteluri și complexe balneoclimaterice:* cu centrale sau puncte termice proprii, pentru încălzire și apă caldă menajeră, preparare apă (chiar și minerală) pentru băi și tratament, încălzire apă din piscine și ștranduri.

➤ *Industria extractivă și petrolieră* (fig.3.2)



Fig.3.2



Fig.3.3

➤ *Industria alimentară și a băuturilor:* (fig.3.3) schimbătoarele de căldură cu plăci sunt disponibile pentru răcirea, pasteurizarea și concentrarea laptelui și a produselor lactate, a sucurilor din fructe și legume, a băuturilor răcoritoare, a berii, a cidrului și a vinului, în rafinarea uleiului, în producerea înghețatei, a supelor și alimentelor pentru copii, în industria

de prelucrare a zahărului, etc.

- *Industria chimică și farmaceutică* (fig.3.4) necesită presiuni de lucru înalte și durată de viață mare a schimbătoarelor în condiții de lucru cu medii deosebit de corozive, pentru recuperarea căldurii, încălzirea, răcirea și evaporarea apei, acizilor, alcalilor, emulsiilor, dispersiilor și altor soluții apoase care necesită procesare termică; pentru



Fig.3.4

răcirea reacțiilor exoterme sau de fisiune, recuperarea căldurii, condensarea aburului și vaporilor de solvenți; pentru protecția mediului prin utilizarea proceselor termice în circuite închise. Schimbătoarele de căldură cu plăci oferă o gamă largă de posibilități de alegere a materialelor, astfel încât aparatele să satisfacă cerințe dure la prețuri competitive în raport cu celelalte tipuri de schimbătoare, ceea ce le asigură un succes tot mai mare în acest sector.

- *Industria navală* (fig.3.5) preferă utilizarea schimbătoarelor cu plăci pentru sistemele centralizate de răcire a apei și a lubrifianților pe nave, în recuperarea căldurii, deoarece construcția lor compactă și utilizarea titanului în compoziția materialului pentru plăci, le fac de neînlocuit. Un alt mare avantaj îl reprezintă folosirea lor ca evaporatoare și condensatoare, în instalațiile pentru producerea apei dulci din apa de mare.



Fig.3.5

- *Instalații industriale* (fig.3.6) utilizate pentru: încălzire / răcire în procesele de lubrifiere și pentru agenți termici speciali (uleiuri, soluții saline sau



Fig.3.6

caustice), răcitoare industriale pentru mașini de sudură, prese

hidraulice, lagăre, compresoare, centrale nucleare, aeronautică, recuperare de căldură în instalații de vopsire sau ventilație, evaporarea apelor uzate, sisteme de separare a lichidelor.

➤ *Industria frigorifică* utilizează schimbătoarele de căldură cu plăci ca și vaporizator, condensator, supraîncălzitor, subrăcitor, răcitor intermediar, recuperator de căldură cu sau fără condensare parțială, răcitoare de ulei și pot utiliza diferite medii de răcire, cum ar fi : agenți frigorifici, solvenți organici, apa, diferite soluții de saramură (amestecuri de glicol, clorură de calciu, alcooli, etc.), soluții vâscoase (ulei), etc.

Creșterea puternică a segmentului ocupat de schimbătoarele de căldură cu plăci în ansamblul pieței schimbătoarelor de căldură, demonstrează că tendința este de înlocuire a schimbătoarelor tubulare cu schimbătoare cu plăci. Principala cauză a acestui succes este paleta largă de mărimi și caracteristici asociate plăcilor. Această flexibilitate asigură creșterea utilizării schimbătoarelor de căldură cu plăci în mai toate procesele termice.

Este dovedit faptul că schimbătoarele de căldură cu plăci au un vast domeniu de aplicare atât în domeniul monofazic, cât și bifazic, limitările provenind în special de la :

- ◆ presiunea maximă de funcționare,
- ◆ diferența de presiune dintre fluide,
- ◆ nivelul temperaturii fluidelor,
- ◆ tipul fluidului utilizat (mai ales ca agresivitate chimică).

3.3 Tipuri de schimbătoare de căldură cu plăci

După modelul tehnologic de realizare a canalului de curgere a agenților termici de lucru, se disting schimbătoare cu suprafață primară și schimbătoare cu suprafață secundară de transfer termic (fig.3.7).

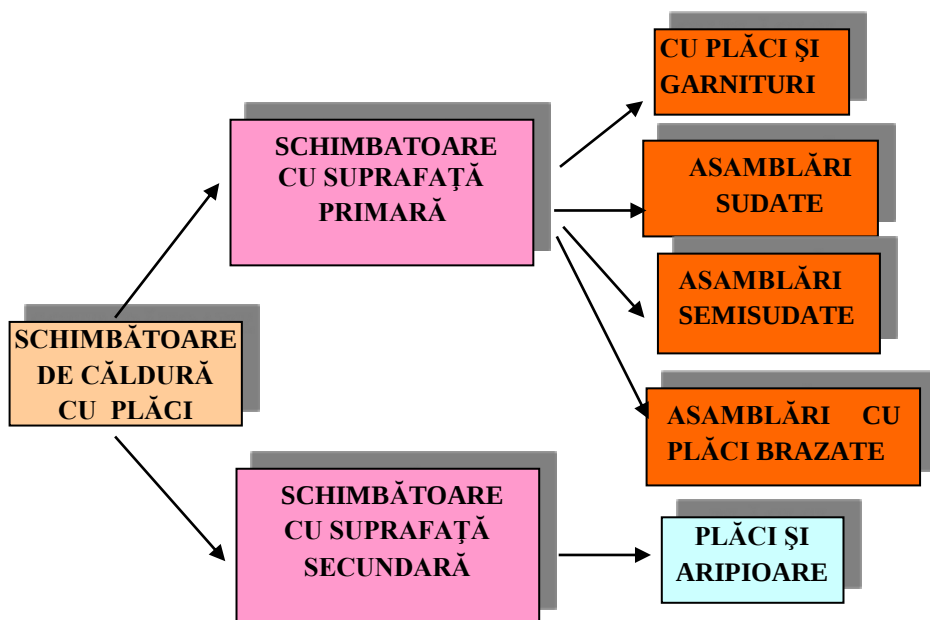


Fig. 3.7 - Clasificarea schimbătoarelor de căldură cu plăci [3]

Cel mai comun tip de schimbător cu suprafață primară este **schimbătorul cu plăci și garnituri** (SCP-G). Aplicațiile acestor schimbătoare sunt limitate de către presiunea maximă de funcționare, în general egală cu diferența de presiune dintre cele două fluide. Sunt concepute și realizate SCP-G capabile să reziste unei presiuni de 25 bar și unei diferențe de presiuni de 25 bar, [3]. Se admit astăzi, în mod frecvent, presiuni de funcționare de 16 bar. Temperatura maximă de funcționare limitează domeniul de utilizare al SCP-G, în funcție de natura garniturilor, admitându-se ca limită superioară de utilizare la garniturile standard, o temperatură de 150 °C .

Schimbătoarele cu plăci sudate permit utilizarea suprafețelor primare de schimb de căldură, cu nivele de presiuni și temperaturi mai ridicate decât la SCP-G. Unele variante pot funcționa între – 80 °C și + 450 °C, respectiv 100 bar [3].

Schimbătoarele cu plăci semisudate sunt aparate utilizate în aplicații speciale în care unul dintre agenții termici de lucru necesită un circuit ermetic, iar celălalt circuit trebuie să permită curățarea manuală.

Schimbătoarele cu plăci brazate sunt utilizate în cazul agenților frigorifici care lucrează la temperaturi pozitive și negative, cu schimbare de fază. În ultima perioadă, având în vedere prețurile lor de achiziție relativ scăzute, aceste utilaje sunt folosite pe scară largă la încălzire și preparare de apă caldă menajeră, dacă agenții de lucru sunt curați.

Schimbătoarele cu plăci și bare utilizează suprafețe secundare de transfer termic prin intermediul nervurilor inserate între două plăci plane. Pentru aplicațiile în aerul atmosferic, aceste schimbătoare sunt fabricate din tablă moale, iar pentru aplicațiile din criogenie sau aeronautică se utilizează oțelul inoxidabil sau aluminiul, iar asamblarea schimbătorului se face prin intermediul unei tehnici de brazare sub vid [3].

3.4 Funcționare și întreținere

Funcționarea SCP-urilor se bazează pe transferul indirect de căldură între cei doi agenți termici prin intermediul plăcii schimbătoare de căldură care nu permite amestecarea agenților de lucru.

Pentru a caracteriza funcționarea unui SCP, este necesar să se cunoască [2]:

- debitele agenților termici primar și secundar, care determină racordurile de legătură la schimbător și limitează (inferior și superior) dimensiunile plăcilor (în cazul schimbătoarelor cu plăci și garnituri);
- numărul unităților de transfer (NUT) care se definește atât pentru fluidul cald, cât și pentru cel rece. Mărima "NUT" este un parametru adimensional ce caracterizează posibilitățile de transfer de căldură ale aparatului și are semnificația de „lungime termică” parcursă de fluid în aparat [4];
- pierderea de presiune, care în general, este impusă de către utilizator.

Buna funcționare a SCP-urilor este dependentă, în mare măsură, de modul în care sunt întreținute, deoarece în timpul funcționării, pe suprafețele plăcilor se pot depune diferite suspensii, care în timp, pot forma o crustă ce va diminua procesul de transfer termic, va mări nivelul pierderilor de presiune cu (30...50) % față de cele admise, sau va favoriza

aparitia coroziunii. Pentru prevenirea acestei situatii este necesar ca dupa incheierea fiecarui proces tehnologic care se desfasoara in schimbator, acesta sa fie spalat cu apa fierbinte sau solutii chimice adecvate care sa circule in contracurent fata de sensul normal de curgere a agentilor termici din aparat; apoi trebuie sa fie clatit cu apa rece din abundenta, ceea ce va conduce implicit la mentinerea performantelor aparatului si la marirea duratei de viata a acestuia.

Pentru filtrarea eficienta a fluidului ce trece printr-un schimbator cu placi este necesara cunoasterea „distanței dintre plăci”, adică adâncimea de ambutisare a plăcilor, motiv pentru care o fișă tehnică trebuie să conțină această caracteristică.

Se admite, din experiență, că toate particulele solide mai mici cu 2 mm decât „distanța dintre plăci” pot traversa schimbătorul. Pentru a se respecta această condiție și dacă viteza de circulație a agentilor termici este suficientă pentru a le antrena, este necesară filtrarea prealabilă a agentilor de lucru doar până la acest nivel. De exemplu, pentru un spațiu între plăci de 4 mm, filtrarea mecanică este asigurată prin filtre având cartușul filtrant cu ochiuri de 2 mm [5].

Tratamentele care vor fi aplicate se pot clasifica în preventive și curative și trebuie să fie studiate pentru fiecare caz în parte, în funcție de natura depunerilor ce pot provoca înfundare, depuneri de tartru, depuneri biologice, depuneri datorate reacțiilor chimice cu peretele, sau depuneri speciale [5].

Pentru prevenirea înfundării cu particule de dimensiuni mai mari este suficientă prevederea unor filtre având site cu ochiuri mai mici cu circa 2 mm decât distanța dintre plăci. Această metodă este insuficientă în cazul particulelor de dimensiuni mici sau în suspensie și necesită asigurarea unor viteze de circulație a agentilor termici suficient de mari pentru antrenarea particulelor în timpul funcționării.

Pentru schimbătoarele cu o singură trecere, detectarea unei pierderi anormale de sarcină hidrolică este suficientă pentru declanșarea, printr-un „joc de vane”, a unei circulații inverse a agentului ancrasat (back flushing), ceea ce permite decolmatarea zonelor de distribuție [5].

În cazul unor depuneri de tartru, după o perioadă mai îndelungată de funcționare, care depinde de natura fluidelor și a proceselor

tehnologice din schimbător, se recomandă o spălare chimică prin recircularea unui agent de curățare având un debit mai mare decât cel nominal, cu cel puțin 30 % [6]. Astfel, prin instalație se trece timp de (20 ... 30) minute, o soluție de acid azotic cu concentrația de (0,5 ... 2) % sau acid fosforic de 0,3 %, urmată de o clătire cu multă apă și o spălare cu soluție de carbonat de calciu în concentrație de (0,10...0,20) % și iarăși, clătire cu multă apă rece din abundență. Este recomandat ca soluțiile să aibă temperaturi de (50 ... 60) °C.

Din când în când, dacă este cazul, se demontează schimbătorul și fiecare placă se spală cu apă și se freacă cu o perie din material plastic. Această metodă oferă avantajul unui cost redus și al inspecției fiecărei plăci, dar are dezavantajul unei durate mai mari de timp.

Trebuie preferate sistemele preventive deoarece ele permit menținerea curată a plăcilor, ceea ce înseamnă limitarea supradimensionării și deci a investiției inițiale, dar și a costurilor de întreținere ulterioare. În afară de curățarea periodică a schimbătorului, se recomandă gresarea tiranților și protejarea lor împotriva coroziunii și a deteriorării cu ajutorul unor tuburi de protecție.

3.5 Schimbătoare de căldură cu plăci și garnituri

3.5.1 Plăcile și nervurațiile lor

Schimbătoarele de căldură cu plăci și garnituri (SCP-G) sunt formate din pachete de plăci nervurate, obținute prin ambutisare. Desenul profilului geometric poate fi suficient de variat (fig.3.8) și are în totdeauna un dublu rol: de intensificare a transferului de căldură și de mărire a presiunii diferențiale prin multiplicarea punctelor de contact.

În cazul unui SCP-G, suprafața de schimb de căldură este compusă dintr-o serie de plăci metalice echipate cu garnituri, formând prin justapunere un set compact (fig.3.9), asamblat într-un cadru metalic cu plăci de capăt (placă sau platan fix sau mobil), bare de susținere și ghidare, strânse cu ajutorul tiranților (fig.3.10).

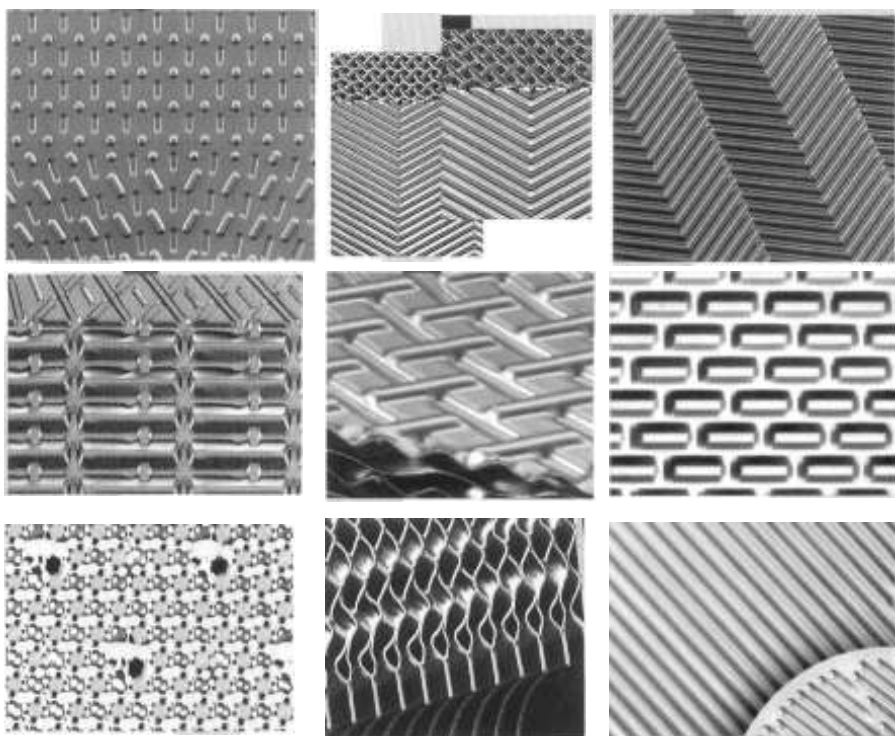


Fig.3.8 – Nervurații și secțiuni de pachete de plăci [7]

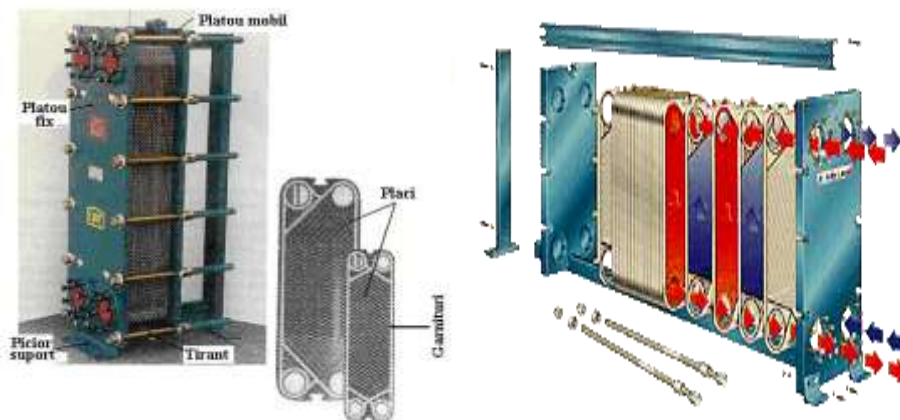


Fig. 3.9 - Părțile componente ale SCP-urilor

Fiecare pereche de plăci învecinate formează un canal de curgere, astfel încât în două canale adiacente sensul de curgere al agenților termici este opus pentru cazul curgerii în contracurent, acesta fiind recomandat (fig.3.11, 3.12).

Etanșarea dintre plăci împiedică atât amestecul agenților termici cât și scurgerea acestora spre exterior și se realizează prin garnituri executate din materiale compatibile cu agenții purtători de căldură.

Spațiul dintre plăci este determinat de adâncimea canalelor ambutisate ale fiecărei plăci și variază în funcție de dimensiunile schimbătorului și caracteristica plăcii.

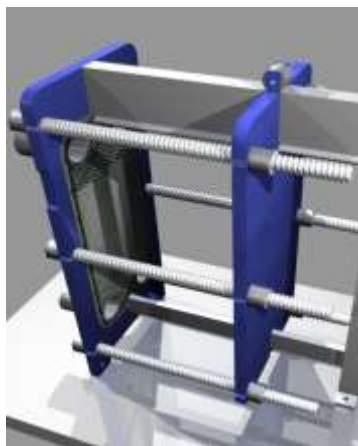


Fig.3.10 - Batiu



Fig. 3.11 - Secțiune printr-un SCP-G



Fig.3.12 SCP-G fără picior suport

O particularitate a SCP-G este aceea că pe un singur batiu pot fi asamblate mai multe schimbătoare în serie, funcționând împreună sau separat, cu sau fără plăci intermediare de legătură și care pot asigura o eficacitate maximă într-un volum redus (de exemplu, pasteurizatoare de lapte, sau aplicații termice cu debite mici și ecart de temperatură mare).

O altă particularitate o constituie posibilitatea de adaptare ușoară la eventualele modificări ale suprafeței de schimb de căldură (extindere sau

reducere), prin adăugarea sau scoaterea de plăci și de demontare ușoară pentru curățare. Ele permit de asemenea, realizarea unor diferențe foarte mici de temperatură între intrarea agentului primar și ieșirea agentului secundar, de ordinul a $(1...2)^{\circ}\text{C}$ [8].

Datorită volumului redus de lichid aflat în cele două circuite, schimbătoarele cu plăci au o inerție termică foarte scăzută. Schimbătoarele cu plăci și garnituri sunt utilizate, în special, pentru transferul de căldură dintre două lichide sau dintre abur și lichid.

Plăcile sunt executate prin ambutisare din foi metalice subțiri, din oțel inoxidabil marca AISI 304, AISI 316 (Ti - aliat cu titan) și AISI 904L, sau oțeluri speciale aliate cu titan, paladium, nichel, cupru, monel.

Pentru aplicațiile curente, plăcile au o grosime de ordinul a $(0,5...0,8)$ mm, dar în anumite cazuri, pot fi folosite și grosimi ce depășesc 1,0 mm. Tendința generală este de a reduce grosimea plăcilor. Interesul este evident pentru constructori, deoarece o reducere a grosimii plăcii de la 0,5 la 0,4 mm antrenează o diminuare cu 20 % a prețurilor de aprovizionare cu materie primă [9]. Pentru client acest lucru se traduce printr-o scădere cu $(5...10)$ % a prețului schimbătorului, după cum plăcile sunt din INOX, din TITAN, sau din alte aliaje.

Efectele reducerii grosimii plăcilor se reflectă în:

- + diminuarea prețului de cumpărare,
- + reducerea greutateii schimbătorului,
- + reducerea rezistenței de transfer termic a peretelui plăcii.

Pentru a putea reduce grosimea plăcilor trebuie îndeplinite următoarele condiții de utilizare:

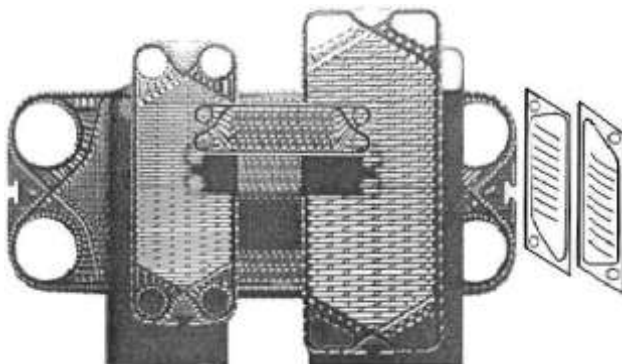
- presiunea de probă să fie cât mai apropiată de presiunea de studiu (în general 1,3 – 1,5 ori presiunea maximă de lucru),
- distanța între plăci redusă (ceea ce conduce, automat, la scăderea pasului nervurațiilor),
- lărgimea „gâtului/canalului” garniturii să fie redusă,
- duritatea garniturii redusă.

Distanța dintre plăci (de la 2 la 5 mm) este menținută constantă datorită nervurațiilor și garniturilor. Dezavantajul acestor tipuri de schimbătoare cu plăci este că au o rezistență relativ scăzută la diferența de presiune, din cauza numărului mic de puncte de contact.

În acest tip de asamblare, curgerea dintre cele două plăci va suferi o schimbare constantă de direcție. Vitezele medii admise în mod curent pentru un fluid, cum ar fi apa, sunt cuprinse în domeniul (0,1...2,0) m/s pe canal. Nervurațiile au ca scop esențial creșterea turbulenței și implicit creșterea coeficientului de transfer de căldură, dar și de a asigura rezistența mecanică printr-un număr mare de puncte de contact metal-metal. Cele mai utilizate modele de nervurații sunt cele:

- a) drepte,
- b) înclinate și
- c) plăci speciale, dintre care s-au dezvoltat următoarele modele:
 - c.1) plăci cu nervurație asimetrică,
 - c.2) plăci cu ambutisare globulară,
 - c.3) plăci duble și
 - c.4) plăci nemetalice.

a) Nervurațiile drepte sunt perpendiculare pe direcția principală de curgere, fiind paralele între ele (fig.3.13) și pot avea o adâncime de ambutisare mai mare decât grosimea garniturilor și de aceea, în cadrul ansamblului, nervurațiile se vor îmbina unele cu celelalte [2].



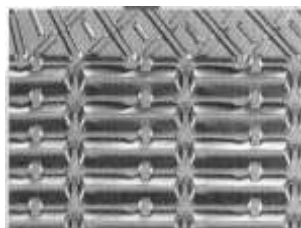


Fig.3.13 - Plăci cu nervurații drepte [2]

Plăcile cu nervurații drepte, mai sunt numite și „plăci de curgere liberă” (free flow) și sunt concepute pentru lichide vâscoase, sau care conțin fibre sau alte particule care pot obstucționa funcționarea normală a SCP clasice. Ele sunt proiectate astfel încât să se elimine orice contact metal pe metal dintre ele [10], asigurând totodată o turbulență relativ bună a lichidelor, deci un coeficient de transfer al căldurii relativ ridicat.

Avantaje și domenii de aplicații [10] ale plăcilor cu nervurații drepte:

- ✚ plăcile sunt concepute astfel încât să aibă o rigiditate relativ mare,
- ✚ pot fi folosite în industria celulozei și hârtiei,
- ✚ la răcirea sosurilor, maionezei, pastei de tomate, a amestecurilor vâscoase și celor care conțin fibre,
- ✚ posibilitatea spălării utilajului în circuit închis (spălare chimică),
- ✚ construcția plăcilor și garniturilor conform standardului sanitar 3A.

b) În cazul plăcilor cu **nervurații înclinate** (fig.3.14), acestea au o adâncime de ambutisare egală cu grosimea garniturii comprimate (de la 1,8 la 5 mm). Aceste nervurații sunt înclinate față de direcția principală de curgere. În procesul de montaj, plăcile adiacente se suprapun astfel încât vârful nervurației unei plăci să se suprapună cu vârful nervurației plăcii corespondent următoare, ceea ce determină apariția unui număr mare de contacte metal-metal.

În acest fel, după strângere, înălțimea garniturii comprimate la cota maximă de strângere corespunde cu înălțimea undulațiilor. Vitezele medii de curgere între două plăci sunt cuprinse în intervalul (0,1...2,0) m/s în cazul apei [2].

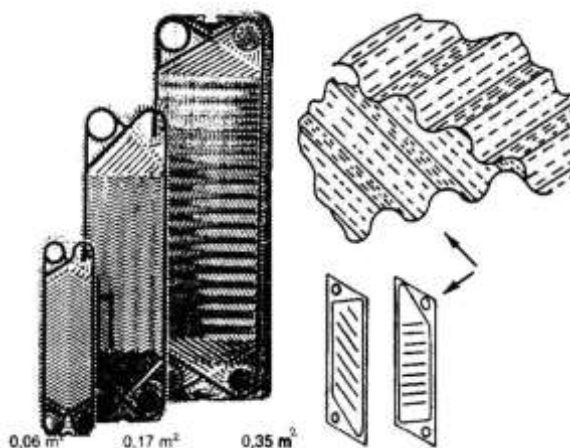
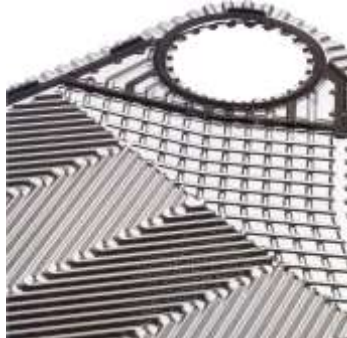


Fig.3.14 - Plăci cu nervurații înclinate [2]

În cursul ultimilor ani, au fost aduse îmbunătățiri acestor modele geometrice pentru a optimiza cât mai mult circuitele schimbătorului în raport cu regimul de funcționare cerut de către utilizator. În acest sens s-a trecut la utilizarea unui amestec de plăci “dure” și plăci “moi” [2], care permite optimizarea circuitelor schimbătorului (calificativul “dure” este utilizat pentru plăci cu unghiul de înclinare $\alpha = 60^\circ$ față de direcția de curgere a fluidului, figura 3.15a, iar calificativul de “moi” pentru plăcile cu unghiul $\alpha = 30^\circ$, figura 3.15b);



a) $\alpha = 60^\circ$



b) $\alpha = 30^\circ$

Fig.3.15 – Plăci cu nervurații înclinate

a) plăci „dure”; b) plăci „moi”

c.1) Plăcile speciale cu patru zone cu înclinări diferite ale canalelor, se numesc **plăci cu nervurație asimetrică** și permit optimizarea simultană a celor două circuite ale schimbătorului [26] (fig.3.16). Aceste tipuri de plăci pot avea, la rândul lor:

- *grad ridicat de asimetrie* (fig.3.16a), în care fiecare dintre cele patru jumătăți ale plăcii are o înclinare diferită;
- *grad redus de asimetrie* (fig.3.16b), în care unghiul de înclinare al canalelor este același pentru jumătatea dreaptă a plăcii și diferită pentru jumătatea stângă, cu observația că jumătățile inferioare ale plăcilor au un decalaj al canalelor față de cele de sus corespunzătoare lor.

Fig.3.16 – Plăci cu nervurații diferite [26]

- a) placă cu grad ridicat de asimetrie;*
b) placă cu grad redus de asimetrie.

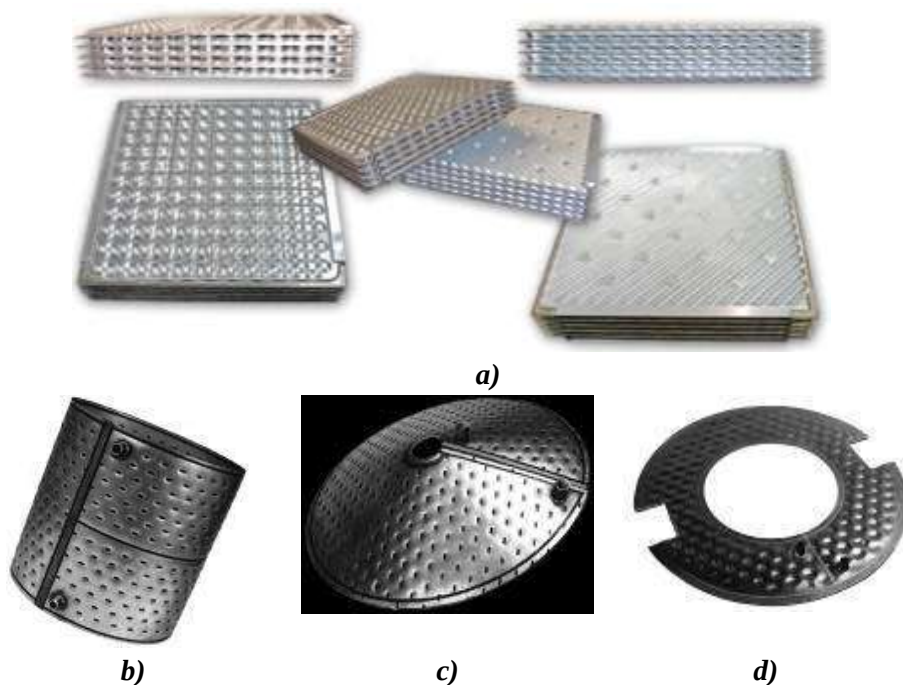
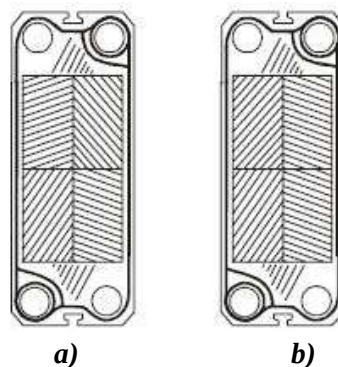
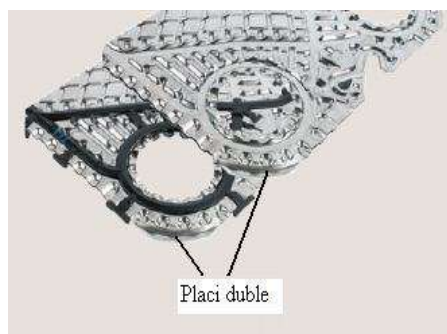


Fig.3.17 – Plăci cu ambutisare globulară [27,32]:
a) plăci plane; b) plăci cilindrice; c) plăci conice; d) placă disc

c.2) Plăcile cu ambutisare globulară se remarcă prin profilul ambutisat sub formă de globule circulare sau ovale (fig.3.17), care conferă o rezistență sporită plăcilor. Sunt utilizate în special pentru aplicațiile tehnologice ale aburului, dar și în industria alimentară pentru procesarea fluidelor vâscoase. Admit presiuni de lucru de până la 32 bar și temperaturi de cel mult 350 °C.

c.3) Plăci duble – Un astfel de ansamblu este format din două plăci metalice care sunt presate simultan. El se adresează aplicațiilor care necesită măsuri suplimentare de etanșare a circuitelor de agent termic unul față de celălalt (fig.3.18). Peretele secundar reprezintă a doua barieră între fluidele de lucru. În cazul fisurării unei plăci, ansamblul oferă posibilitatea evacuării fluidului prin spațiul dintre cele două plăci spre exterior.



a) formarea plăcilor duble [29]



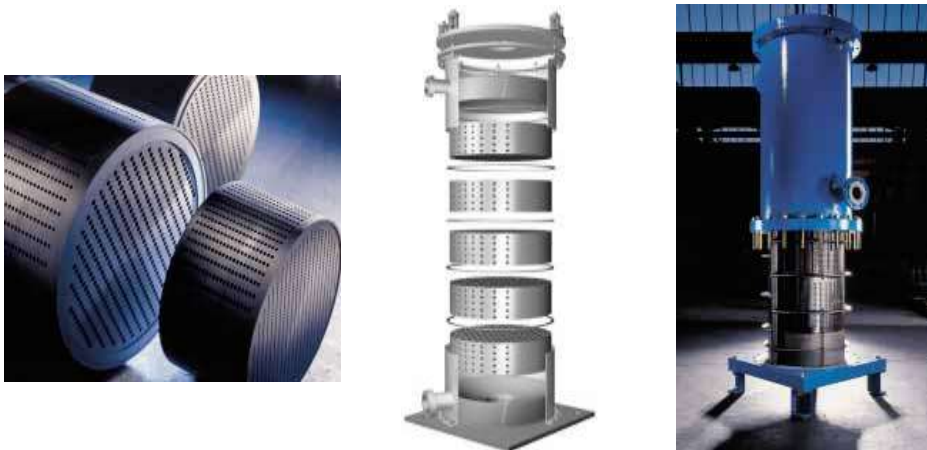
b) pachet de plăci duble [29]

Fig.3.18 – Asamblarea plăcilor duble

Acest model constructiv se utilizează cu precădere în industria alimentară, farmaceutică și nucleară, unde se acordă o atenție deosebită securității prelucrării alimentelor și oferă posibilitatea prelucrării unor debite volumice mari:

- pentru pasteurizatoare de lapte, sucuri, sosuri, există schimbătoare cu capacități de (1,0...100) m³/h;
- răcitoare cu capacități până la 120 m³/h;
- pasteurizatoare de smântână cu capacități de (0,5...50) m³/h.

c.4) Plăci nemetalice – Sunt confecționate prin prelucrarea mecanică a unui material nemetalic: grafit, sau material compozit pe bază de grafit și fluoroplastic (Diabon [30]), care prezintă o excelentă rezistență la acidul clorhidric sau alte fluide deosebit de corozive.



a) plăci cilindrice

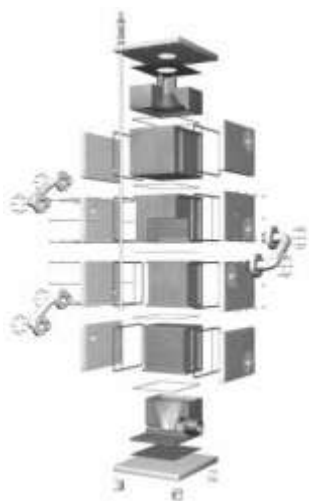
b) schemă de montaj

c) asamblare finală

Fig.3.19 – Schimbător de căldură cu plăci din material compozit cu profil cilinric [30]

Spre deosebire de grafit, Diabonul se caracterizează prin lipsa porozității și a permeabilității, duritate mare și rezistență ridicată la rupere. Plăcile au o grosime mult mai mare decât cele metalice și pot avea profil cilindric (fig.3.19), secțiune pătrată (fig.3.20), sau formă tubulară (fig.3.21) [30].

Datorită presiunilor de lucru și naturii agresive a agenților termici utilizați, schimbătoarele de căldură cu plăci din grafit sau material compozit care au secțiune circulară (fig.3.19 și 3.21) se montează într-o manta metalică care asigură protecția aparatului față de mediul înconjurător, iar cele cu secțiune pătrată sau dreptunghiulară (fig.3.20) se stâng suplimentar pe lateral cu tiranți și arcuri elicoidale care permit preluarea dilatărilor din timpul funcționării aparatului (fig.3.22).



a) schemă de montaj

b) asamblare finală

Fig.3.20 – Schimbător de căldură cu plăci din material compozit cu secțiune pătrată [30]



a) fascicule de țevi din Diabon

b) ansamblu final al aparatului

Fig.3.21 – Schimbător de căldură cu plăci din material compozit cu profil tubular [30]



Fig.3.22 – Strângerea laterală suplimentară cu tiranți și arcuri la schimbătoarele cu plăci din grafit sau materiale compozite [30]

Pentru toate modelele de plăci prezentate în acest paragraf, curgerea fluidului în raport cu suprafața plăcii, în spațiul creat între două plăci consecutive, se poate face atât în lungul plăcii (fig.3.23 [31]), cât și pe diagonala plăcii (fig.3.24) [31].

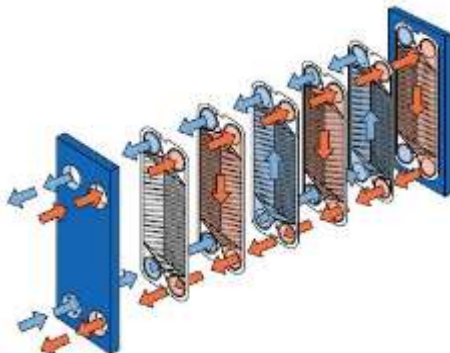


Fig.3.23 – Curgere în lungul plăcii

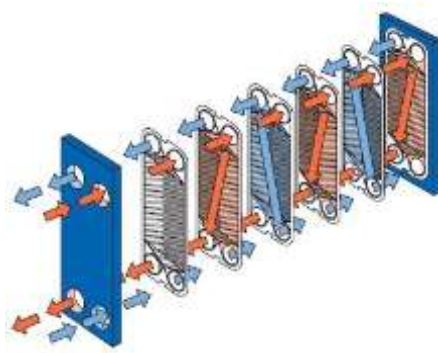


Fig.3.24 – Curgere în diagonala plăcii

3.5.2 Garnituri

Garniturile sunt fixate în canalele de garnituri practicate pe conturul plăcilor și al racordurilor de alimentare, asigurând etanșeitatea față de mediul înconjurător (fig.3.25). În zona racordurilor există o garnitură dublă care va evita amestecul celor două fluide.



a) placa de start cu garnitură pe contur b) placă din pachet cu debit pe stânga c) placă din pachet cu debit pe dreapta d) placă de capăt

Fig.3.25 – Modele de garnituri dintr-un schimbător [29]

Garniturile au materiale componente care limitează nivelele de temperatură și de presiune din schimbătoarele cu plăci. Anumite compoziții pe bază de cauciuc permit funcționarea la presiuni de 25 bar și temperaturi de 150 °C, iar compozițiile bazate pe materiale speciale

permit funcționarea până la 170 °C (pentru EPDM-HT) sau 200 °C (pentru VITON) [12].

Materialele utilizate la fabricarea garniturilor sunt în general elastomeri (nitril, EPDM, viton), silicon, neopren, cauciucuri naturale sau sintetice, rășini întărite, [12], toate alese în funcție de nivelul maxim al presiunii și al temperaturii și care depind de natura fluidelor vehiculate. Cele mai uzuale materiale folosite pentru producerea garniturilor sunt:

- NITRIL, rezistente până la 110 °C, utilizate pentru apă și produse alimentare;
- NITRIL HT, rezistente până la 150 °C, utilizate pentru apă și produse alimentare;
- BUTIL RĂȘINĂ, rezistente până la 130 °C, utilizate pentru apă și produse alimentare;
- EPDM HT, rezistente până la (150...170) °C, utilizate pentru apă, soluții de curățare, abur, alcoolii, produse alimentare fără conținut de grăsimi;
- VITON, rezistente între (160...200) °C, sunt utilizate pentru condiții speciale de temperatură, dar costul lor este foarte ridicat;
- FKTM, garnituri teflonate, care pot funcționa până la (150...185) °C, utilizate în cazul unor soluții active chimic, sau pentru abur saturat până la 8 bar;
- TEFLON, utilizate la schimbătoarele cu plăci din grafit și materiale compozite, sunt rezistente până la temperaturi de 250 °C și la medii deosebit de corozive.

Garniturile pot fi fixate în canalul special al plăcii sub diferite forme:

a) *lipite* - operațiunea de lipire este extrem de delicată și în mod normal, va trebui făcută de către fabricant. Lipirea se poate face la cald prin polimerizare în cuptoare speciale, sau la rece, caz în care timpul de întărire al adezivului va fi de minim 24 ore, iar utilajul nu se va demonta la temperaturi de peste 60°C (fig.3.26a); datorită acestor inconveniente, astăzi nu se mai practică frecvent acest tip de asamblare;

b) clipsate - prezența bilelor pe tot traseul marginal al canalului plăcii (fig.3.26b) permite fixarea garniturilor fără a fi utilizați adezivi și evitarea pericolului expulzării garniturilor în cazul apariției unei presiuni ridicate; garniturile clipsate par a fi o soluție mai atrăgătoare pentru că, în cazul demontării schimbătorului, se pot reutiliza vechile garnituri sau pot fi înlocuite pe loc.

c) garnituri „clip-on” sau „hang-on”, care printr-un profil special asigură o mai bună fixare pe placă, dar și o demontare ușoară (fig.3.27)

Garniturile constituie un element preponderent în calitatea unei plăci și prețul acesteia, reprezentând în jur de 1/3 din prețul acesteia, motiv pentru care trebuie să li se acorde o atenție deosebită.

Fixarea garniturii pe placă este la fel de importantă ca și calitatea în sine a acesteia, deoarece etanșarea și automat buna funcționare a schimbătorului depinde de acest lucru.

Trebuie știut că reutilizarea vechilor garnituri care au fost presate anterior înseamnă etanșare mai scăzută, deoarece va fi dificilă fixarea lor exact pe aceleași amprente, dar acest lucru nu implică înlocuirea garniturilor cu altele noi la fiecare demontare [11]. În condițiile de azi, unele garnituri pot fi refolosite și de 10 – 15 ori.

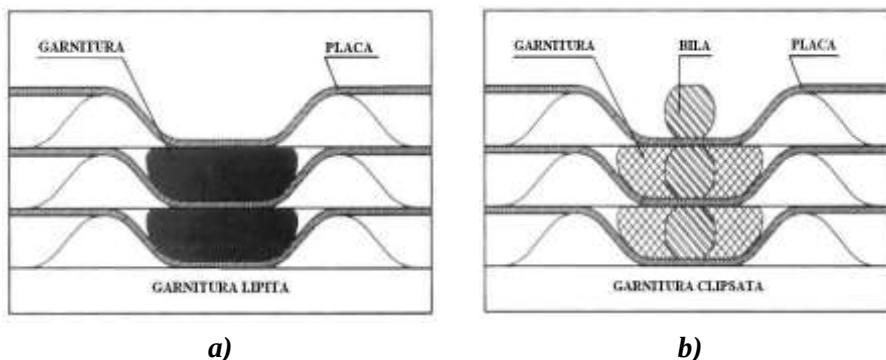


Fig.3.26 - Tipuri de garnituri: a) lipite, b) clipsate

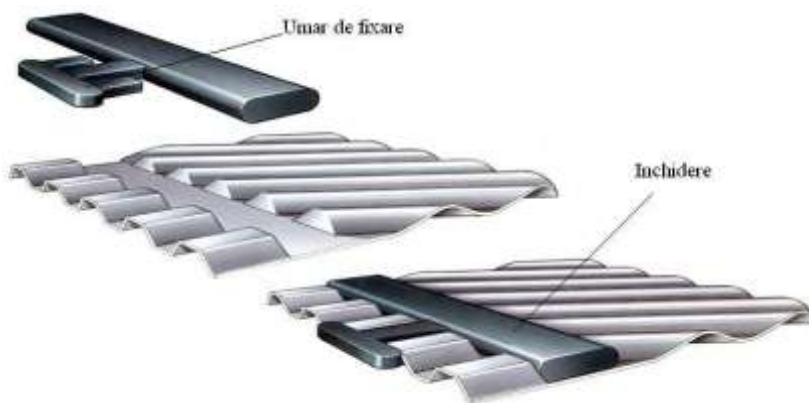


Fig.3.27 – Garnitură „clip-on” sau „hang-on” [29]

Reducerea exagerată a durității garniturilor atrage un efort de montaj mai scăzut. Consecința este reducerea rezistenței mecanice, a elasticității și plasticității garniturii și implicit reducerea duratei de viață a acesteia. În concluzie, câștigurile imediate în investiții se plătesc în timp printr-o reducere a duratei de viață a garniturilor.

Trebuie acordată o atenție deosebită vulcanizării garniturilor, astfel încât ele să nu devină casante, lucru care poate conduce la microfisuri și deteriorări ulterioare grave.

Pentru schimbătoarele cu garnituri dure, elasticitatea acestora fiind foarte scăzută, presarea lor excesivă poate conduce la distrugerea lor și a plăcilor. Îmbibarea cu apă produce umflarea garniturilor dure, iar uscarea conduce la micșorarea lor. În cazul scurgerilor, este suficient să se circule prin schimbător timp de câteva ore, apă caldă sau unul dintre agenții de lucru, pentru a face garniturile să se umfle.

În unele situații limită pot apărea probleme de etanșeitate. Aceasta poate fi satisfăcătoare până la demontarea pachetului de plăci, dar în cazul în care plăcile sunt foarte subțiri și garniturile sunt dintr-o șarjă cu duritate la limita superioară a acceptabilului, în urma unei strângeri exagerate a utilajului după remontare, canalele de garnituri pot suferi deformări plastice importante[12].

În cazul în care două plăci consecutive au deformări la nivelul canalului de garnitură, la remontare și strângere vor apărea probleme

grave de etanșare. Acest fenomen este și mai pronunțat la plăcile din titan, cu rezistență mecanică relativ scăzută.

Niciodată pachetul de plăci al SCP-urilor nu poate fi strâns sub cota minimă de strângere (CMS), care reprezintă produsul dintre „grosimea” unei plăci (adâncimea de ambutisare plus grosimea efectivă a tablei) și numărul acestora. Imposibilitatea strângerii suplimentare a acestor schimbătoare plasează utilizatorul în fața a două alternative:

- tolerarea pierderilor de fluid (soluție nerecomandabilă);
- schimbarea setului de garnituri, operație relativ costisitoare, în funcție de politica comercială a producătorului referitoare la piesele de schimb (un set de garnituri noi poate fi propus la $(1/2 \div 2/3)$ din prețul unui schimbător nou) și de multe ori inoperantă atunci când plăcile sunt deformate (problemă care se datorează de obicei, unei exploatare necorespunzătoare) [12].

Distanța dintre placa fixă și placa mobilă măsurată în timpul efectuării probelor din fabrică se numește **cota inițială**. În mod obișnuit, schimbătoarele sunt livrate strânse la cota inițială. Excepție fac aparatele utilizate ca răcitoare de ulei la compresoare, care sunt strânse la cota finală și pentru care se interzice strângerea suplimentară.

Schimbătoarele se strâng cu ambele circuite golite, iar tiranții, ca în toate domeniile, încrucișat, pas cu pas, în mod egal pe cele două laturi, ceea ce garantează o durată de viață mai mare pentru garnituri. Strângerea inegală sau numai pe o latură a schimbătorului poate produce deformarea plastică prematură a garniturilor, deteriorarea plăcilor sau a filetului tiranților.

În cazul în care se înregistrează scurgeri din schimbător, acesta mai poate fi strâns până la cota finală sau cota minimă de strângere (care este înscrisă pe plăcuța de identificare a utilajului).

3.5.3 Racorduri

Racordurile schimbătoarelor de căldură cu plăci sunt confecționate din oțel inoxidabil și au rol de a asigura conectarea aparatului la instalația din cadrul căreia face parte. În funcție de tipul și domeniul de

utilizare a schimbătorului se deosebesc următoarele tipuri constructive de racorduri:

- racorduri filetate la exterior sau la interior (fig.3.28);



Fig.3.28 – Racorduri filetate: a) la exterior, b) la interior

- racorduri de tip flanșă, prelucrate direct pe placa fixă, existente în următoarele variante constructive:

- cu manșon de cauciuc,
- fără manșon de cauciuc,
- cu manșon din inox (fig.3.29);



Fig.3.29 – Racord cu manșon din inox

- racorduri cu flanșă (fig.3.30);



Fig.3.30 – Racorduri cu flanșă

- racorduri cu flanșă pentru industria alimentară;
- racorduri sudate sau brazate (fig.3.31).



a)



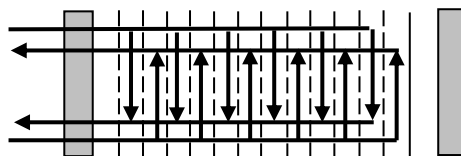
b)

Fig.3.31 – Racorduri a) sudate; b) brazate

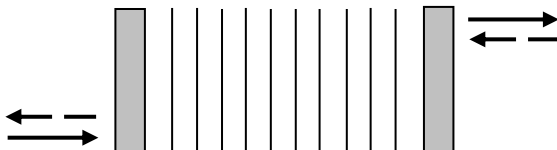
3.5.4 Circulația agenților termici

Există trei tipuri diferite de circulație a agenților termici în cadrul schimbătoarelor cu plăci și garnituri care sunt prezentate în figura 3.32. Dacă din diferite motive, este necesară reducerea la minimum a pierderilor de presiune pentru unul dintre agenți, atunci poate fi ales un model de curgere având un număr de treceri cât mai mic posibil pe partea de agent unde se doresc pierderi minime de presiune [10].

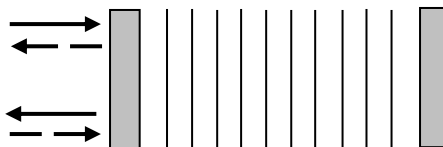
Circulația monopas a
agenților termici



Montaj în “Z”, cu
racorduri la cele
două extremități



Montaj în “U”, cu
racordurile la o singură
extremitate



Circulație multipas cu
un număr egal de
treceri pentru fiecare
agent



Circulație multipas cu
un număr diferit de
treceri pentru cei doi
agenți

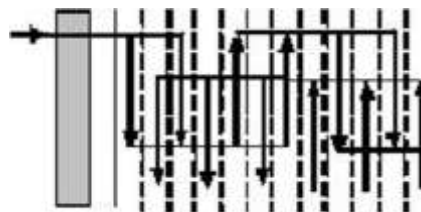


Fig.3.32 - Tipuri de circulație a agenților termici [2]

Schimbătoarele de căldură cu mai multe treceri se folosesc atunci când debitele de agent sunt relativ mici și trebuie obținute ecarturi mari de temperatură pentru agenții de lucru. Această situație poate să apară în cazul apelor geotermale, unde se recomandă folosirea debitelor cât mai mici cu ecart termic cât mai mare, în vederea obținerii unei răcirii cât mai bune ale acestora.

În cazul în care, din punct de vedere constructiv sau al întreținerii, ne deranjează varianta constructivă cu circulația în mai multe treceri (situație în care avem, obligatoriu, racorduri și pe placa mobilă), se folosesc plăci foarte înalte (la care raportul înălțime „L” / lățime „l” este mai mare de 4), lucru care echivalează, chiar și în cazul situației cu o singură trecere, cu schimbătoarele de căldură cu plăci mai scurte $\left(\frac{L}{l} < 2,5\right)$ și cu mai multe treceri.

3.6 Schimbătoare de căldură „Sonder Safe”

Acest tip constructiv este compus din plăci duble, a căror model este expus în paragraful 3.5.1 și constă în suprapunerea a două plăci cu grosimea materialului de numai 50 % ... 60 % față de plăcile standard, fără a fi lipite între ele. Pentru a îmbunătăți transferul termic, între cele două plăci se poate interpune o folie de aluminiu.

În cazul în care una dintre plăci ar fi deteriorată prin fisurare, cele două lichide nu ar putea să se amestece între ele, fiindcă această construcție conduce către exterior orice scurgere interioară (fig.3.33), care altfel nu ar putea fi observată și evitată. Acest sistem este foarte eficient în prevenirea amestecării lichidelor de lucru.

Printre domeniile de aplicare [9] a acestor tipuri de plăci se numără:

- pasteurizarea produselor alimentare (lapte, smântână,etc.);
- industria zahărului (în procesul de evaporare a apei din zeama subțire sau zeama groasă);
- producerea de apă caldă sanitară pentru industria alimentară și mai nou, în țările vestice, pentru uz casnic;

- apă distilată sau lichide pentru injecții, în domeniul farmaceutic;
- industria nucleară (din motive de securitate a circuitelor);
- răcirea motoarelor navale.

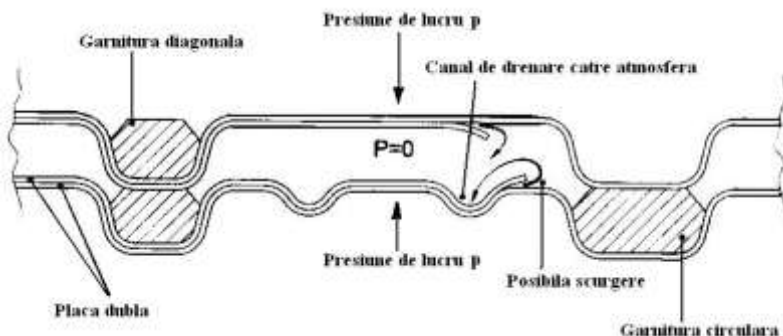


Fig.3.33 – Secțiune transversală printr-un ansamblu „Sonder Safe” [29]

Asamblarea schimbătoarelor cu plăci „Sonder Safe” se efectuează în mod asemănător schimbătoarelor cu plăci și garnituri obișnuite. (fig.3.34).



Fig.3.34 - Asamblarea unui schimbător de tip „Sonder Safe” [29]

3.7 Schimbătoare de căldură cu plăci sudate

Schimbătoarele cu plăci sudate, fără garnituri, sunt avantajoase pentru anumite lichide corozive și agresive pentru garnituri (fig.3.35). Este o soluție constructivă des utilizată în tehnica frigului sau în domeniul temperaturilor ridicate, funcționând cu freoni, amoniac și abur. Construcția constă dintr-un pachet de plăci „pereche” (fig.3.36) din oțel inoxidabil. Plăcile sunt asamblate prin sudură, fără materiale suplimentare, capabile să reziste la sarcini termice mari.



**Fig.3.35 - Schimbătoare
cu plăci sudate [10]**

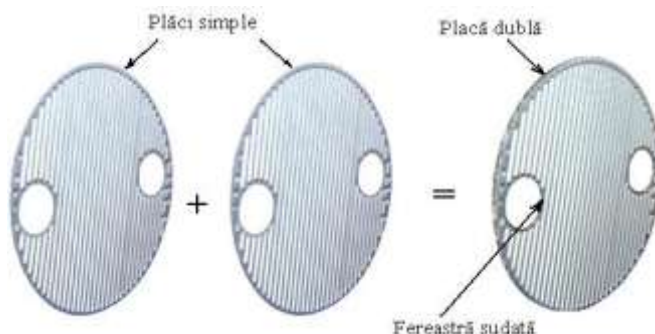


Fig.3.36 - Formarea plăcilor „pereche”[11]

Mantaua exterioară a schimbătoarelor este confecționată din oțel de construcție obișnuit cu un strat protector sau din oțel inoxidabil.

Firmele VAHTERUS și SONDEX execută schimbătoare de căldură cu plăci sudate cu laser/TIG, pentru a forma un pachet compact de plăci, care apoi este montat într-o manta cilindrică obișnuită [11].

Formarea plăcilor „pereche” se realizează prin sudarea a câte două perechi de plăci pe conturul „ferestrei” care va forma canalul de curgere a unui agent termic (fig.3.37), iar plăcile „pereche” alăturate vor fi conectate între ele prin sudarea acestora pe contur așa cum se distinge în figura 3.36, realizându-se astfel un pachet de plăci (fig.3.38) [11] și montajul final (fig.3.39).

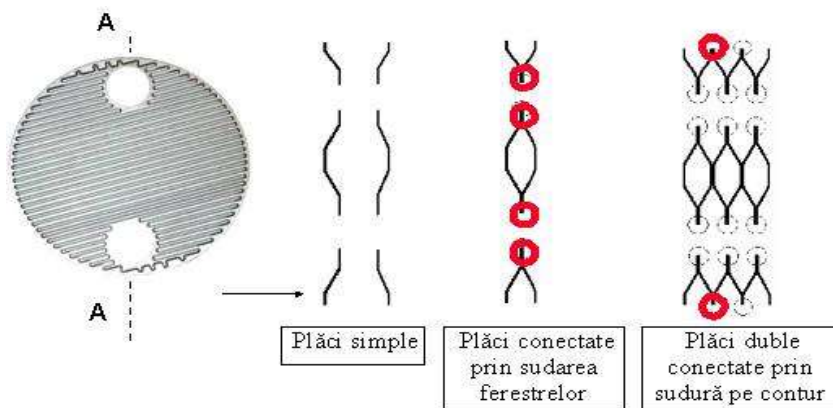


Fig.3.37 - Sudarea plăcilor „pereche” între ele [11]

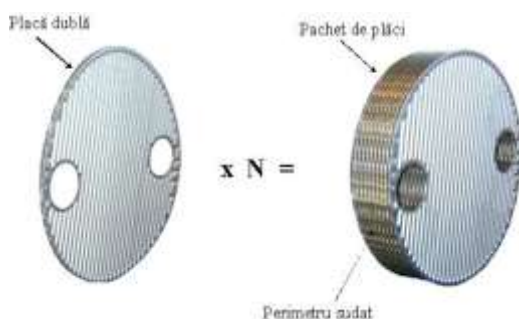


Fig.3.38 - Pachet de plăci pereche [11]



Fig.3.39 – Montaj final [10]

Există mărimi de plăci variabile, cu diametre cuprinse între 0,2 m și 1,4 m, astfel încât suprafața de transfer termic poate ajunge până la 1800 m² pe unitate, iar tubulatura de racordare până la DN1000.

Mantaua tubulară este puternică, durabilă, nu permite pierderi de presiune și nu există pericolul scurgerilor către mediul ambiant.

Schimbătoarele de căldură cu plăci sudate sunt foarte ușor de montat, exploatat și întreținut. Acest sistem permite curățarea manuală a unuia dintre circuite. Din punct de vedere constructiv, aceste schimbătoare se pot realiza în construcție:

- **Sudată, parțial demontabilă** (fig.3.40) - mantaua este închisă la un capăt cu flanșă și șuruburi, ceea ce oferă posibilitatea vizitării unui circuit;
- **sudată nedemontabilă** (fig.3.41), construcție perfect etanșă.



Fig.3.41 - Schimbător de căldură cu plăci sudat nedemontabil [11]



Fig.3.40 - Schimbător de căldură cu plăci sudat demontabil [11]

Curgerea agenților de lucru în contracurent (fig.3.42) pentru ambele tipuri constructive de schimbătoare sudate și turbulența mare asigură valori mari ale coeficientului global de transfer termic.

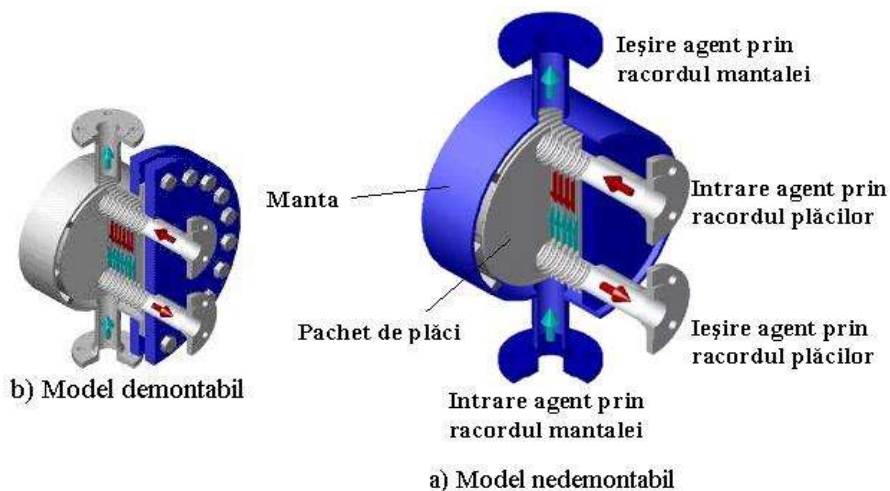


Fig.3.42 - Curgerea în contracurent a agenților termici [11]

De regulă, presiunea de lucru în aceste schimbătoare este de 16 bar/ 25 bar, iar temperatura maximă de lucru ajunge până la 250 °C, dar în construcții speciale ele pot funcționa între – 80 °C și + 450 °C, respectiv presiuni de 100 bar. Aceste schimbătoare de căldură au aplicații în diverse domenii, îndeplinind următoarele funcții [11]:

- + generatoare de abur (fig.3.43),
- + condensatoare de vapori,
- + desupraîncălzitoare de abur
- + răcitor de condens (fig.3.44),
- + răcitoare de combustibil,
- + răcitoare de ulei diatermic,
- + răcitoare cu glicol,
- + încălzitoare de ulei nerafinat, sau de ulei de lubrifiere,



Fig.3.43 - Generator de abur

- Condensat / apă
- Putere: 2 x 8 MW
- Beneficiar: Helsinki Energy (Finlanda)



Fig.3.44 - Răcitor de condens

- abur 10 bar / apă alimentare 22 bar
- Putere instalată: 2 x 10 mW
- Beneficiar: Fortum Power&Heat, Jyväskylä, Finlanda



Fig.3.45 - Preîncălzitor apă

- + condensatoare de aer umed,

- + răcitoare de aer comprimat (fig.3.46),
- + răcitoare / condensatoare de gaz,
- + răcitoare intermediare de aer,
- + răcitoare intermediare între treptele de comprimare a gazelor,
- + recuperator de căldură din gazele evacuate (fig.3.47),
- + condensator / răcitor de biogaz (fig.3.48),
- + economizor (fig.3.49),
- + sisteme economizor-vaporizator-separator de picături (fig.3.50).



Fig.3.46 - Răcitor de aer comprimat

- Aer / apă-glicol
- Presiune stabilită: 16 bar
- Temperatură stabilită: 250 °C
- Beneficiar: BASF, Germania



Fig.3.47 - Recuperator de căldură din gaze evacuate

- Gaz evacuat 240 / 49 °C (gaz natural)
- Circuit 1 de alimentare cu apă: 70/140 °C
- Circuit 2 de alimentare cu apă: 10/40 °C
- Presiunea stabilită: 16 bar
- Temperatura stabilită: 300 °C

Fig.3.48 - Răcitor /condensator de biogaz [11]

- Biogaz / apă-glicol
- Presiunea stabilită: 10 bar
- Temperatura stabilită: 110 °C
- Debit: 7000 m³_N/h
- Putere instalată: 300 kW





Fig.3.49 - Economizor

- Silicon-gaz /silicon-ulei
- Presiunea stabilită: 10 bar
- Temperatura stabilită: 350°C



Fig.3.50 - Grup economizor-vaporizator –separator de

➤ **Schimbătorul PLATULAR** (fig.3.51) [13] este construit dintr-un pachet de table ambutisate. Există diferite tipuri de aparate, dintre care unele sunt compuse din camere plane prevăzute cu tubulatură, iar altele sunt construite din colțare ambutisate și sudate (tip X).

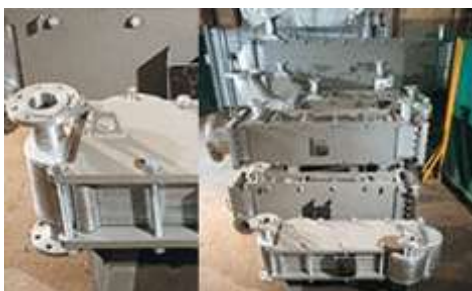


Fig.3.51 – Schimbătoare tip PLATULAR (firma BARRIQUAND) [13]

Canalele de circulație a fluidelor sunt obținute prin lipirea plăcilor în perechi prin metoda sudării în puncte pe bosaje obținute prin ambutisare sau pe nervuri despărțitoare, apoi perechile de plăci sunt fixate între ele prin sudură margine la margine.

După operațiunea de lipire a plăcilor perechi, canalul A devine canal autorezistent (prin care are loc curgerea unui fluid). Canalul B este obținut prin asamblarea perechilor de plăci și are o înălțime variabilă. Este vorba despre canalul prin care va curge lichidul mai vâscos ce poate

crea depuneri, ceea ce produce ancrasarea canalului. Din acest motiv, în general, acest canal este liber, fără puncte de contact, fiind mai accesibil în vederea curățirii (fig.3.52) [13].

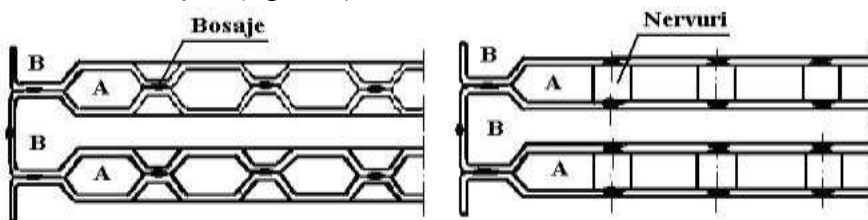


Fig.3.52 - Canale de curgere la schimbătoarele de tip "Platular"

Canalele pot fi poziționate orizontal sau vertical, iar circuitele pot fi monopas sau multipas. Acest tip de schimbător poate fi utilizat la presiuni de ordinul a (30 ... 40) bar și temperaturi de până la 600 °C.

- **Schimbătorul COMPABLOC** (fig.3.53) este construit dintr-un ansamblu de plăci cu aceeași configurație geometrică ca a celor utilizate în cadrul schimbătoarelor cu plăci și garnituri [14]. Circulația fluidelor se face în curent încrucișat. Aceste schimbătoare permit eliminarea principalului punct slab – garniturile. Rămân în funcțiune numai cele 4 garnituri de îmbinare cu plăcile de bază. Plăcile de schimb de căldură ondulate, realizate din tablă subțire, permit obținerea unor performanțe termice asemănătoare celor obținute de către schimbătoarele cu plăci și garnituri. Aceste schimbătoare pot fi utilizate pentru un regim de temperaturi de până la 300 °C și presiuni de până la 40 bar [14].

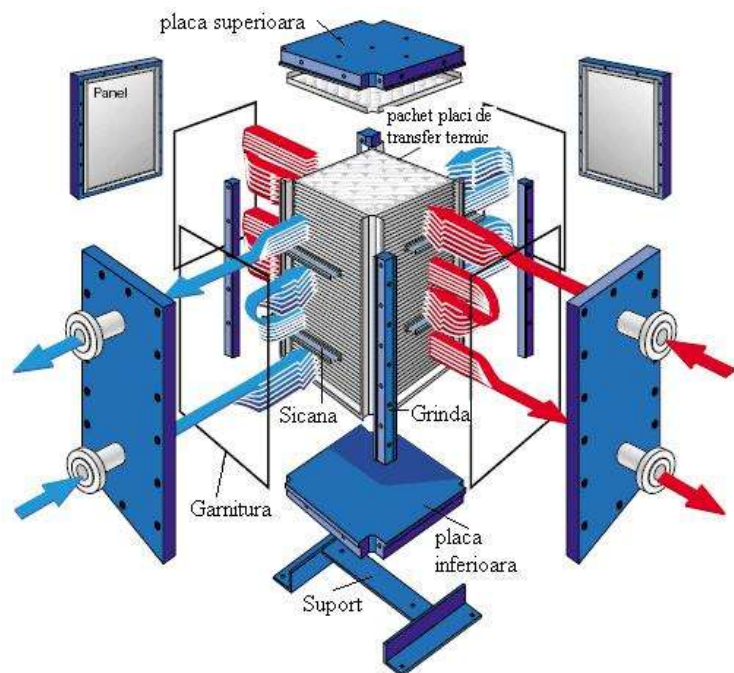


Fig.3.53 - Montajul unui schimbător tip “Compabloc” [27]

- **Schimbătorul de tip APV Hybrid** (fig.3.54) este un model de schimbător de căldură cu plăci sudate, care a fost introdus cu succes în industrie din anul 1981.

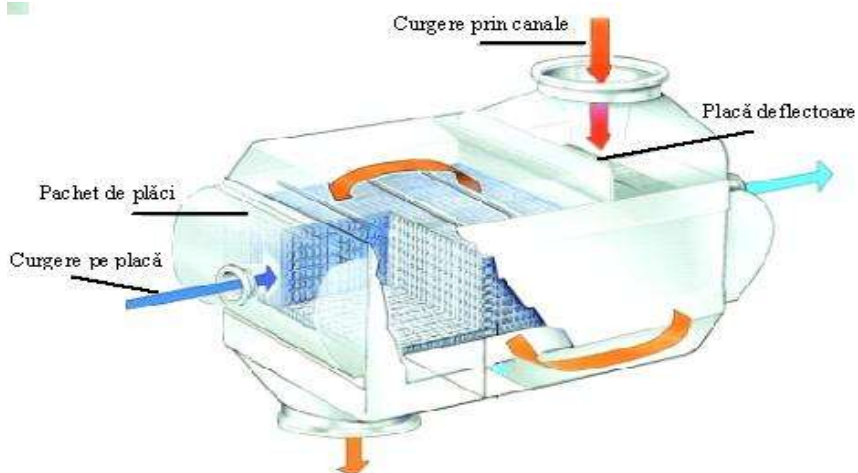


Fig.3.54 - Schimbător de căldură cu plăci sudate de tip APV Hybrid [11]

Varietatea formelor constructive posibile pentru sistemul hibrid permite găsirea celor mai bune soluții pentru realizarea condițiilor termice, fizice și geometrice (fig.3.55).

Sudarea completă a acestor schimbătoare conduce la etanșarea perfectă a circuitelor de fluid, chiar și la presiuni și temperaturi ridicate, dar și la realizarea unei densități a suprafeței de transfer termic de $250 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Pe de altă parte, utilizarea unei cantități reduse de material reprezintă o reducere considerabilă a costului [11].

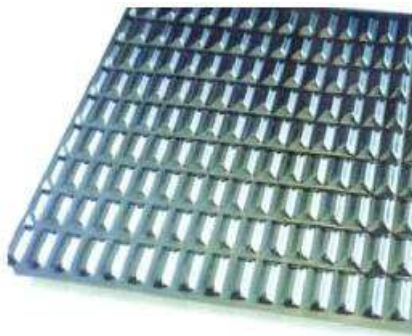


Fig.3.55 - Placa unui schimbător de căldură Hybrid

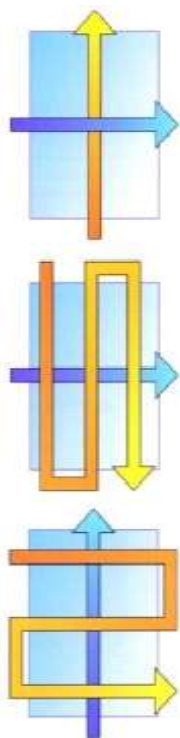


Fig.3.56 - Curgere încrucișată

Diagramele schemelor de distribuție a debitelor de agent (fig.3.56) arată că aproape toată suprafața plăcilor metalice este utilizată pentru transferul de căldură, așa că avantajul net rezultă din calitatea materialului utilizat.

Construcția schimbătorului APV Hybrid nu permite scurgeri externe și realizează un transfer termic foarte bun la valori reduse ale căderii de presiune, ceea ce conduce la realizarea unor temperaturi foarte apropiate la ieșirea din schimbător. Curgerea între plăci și prin canalele formate în exteriorul plăcilor este configurată curgerii încrucișate cu una sau mai multe treceri peste plăci (fig.3.56) [11].

Modelul plăcii formează canale tubulare eliptice prin care circulă un fluid și canale ondulate prin care circulă celălalt fluid (fig.3.57). Adâncimea ambutisată a plăcii poate crește opțional, în funcție de tipul constructiv, astfel încât să permită debite mai mari de fluid, ori reducerea căderii de presiune, sau trecerea particulelor mari.

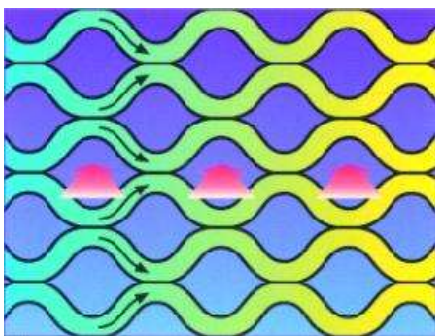


Fig.3.57 - Sistemul de canale

Acest tip de schimbător poate fi proiectat pentru presiuni variabile de la vacuum până la 60 bar. Dimensiunile blocului schimbător de căldură sunt determinate de lungimea și numărul plăcilor asamblate una peste alta. În funcție de cerințele procesului tehnologic, plăcile pot avea lungimi cuprinse între $(216 \div 12000)$ mm la o lățime constantă de 350 mm, [11], sudate împreună într-unul sau mai multe blocuri compacte, rezistente la presiuni ridicate. În general, foaia metalică care va fi procesată are grosimi cuprinse între 0,5 mm și 0,8 mm.

Un număr mai mare de treceri ale fluidelor de lucru poate fi realizat prin amplasarea unor plăci deflectoare în capac (fig.3.58).

Schimbătoarele de căldură cu plăci APV Hybrid pot fi utilizate în aplicații fără transformări de fază ale fluidelor de lucru pentru gaz-gaz, gaz-lichid, lichid-lichid, dar în aplicații cu transformare de fază, cu rol de vaporizator și condensator.

Acest lucru conduce la optimizarea cerințelor de proces și este îndeplinit prin creșterea diametrelor canalelor tubulare eliptice.

Este posibil, de asemenea, adâncirea sporită a plăcilor prin sudarea acestora la distanță mărită.

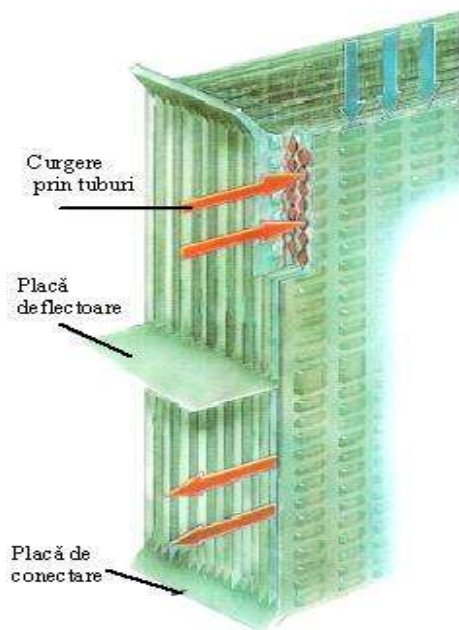


Fig.3.58 - Structura schimbătorului hibrid

Acest model de schimbător de căldură este aplicat cu succes în :

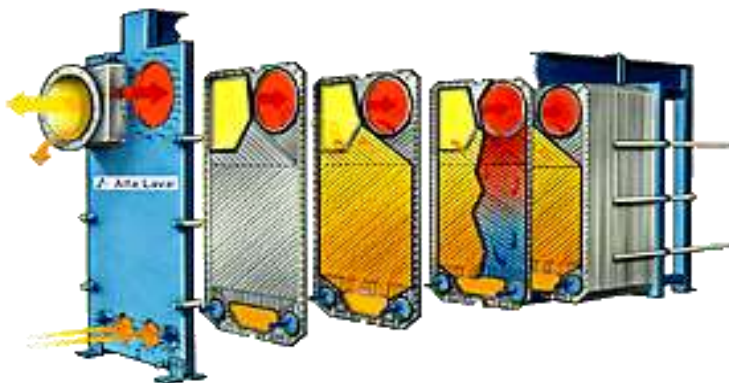
- industria zahărului,
- gaze naturale și industria petrochimică,
- centrale termice,
- industria frigorifică, industria chimică și farmaceutică.

Performanțe tehnice:

- + domeniu de temperaturi: $(-200...+900)^{\circ}\text{C}$,
- + domeniu de presiuni: (vacuum...60 bar),
- + construcție ermetică,
- + gamă largă de configurații constructive,
- + construcție compactă, suprafața de transfer termic poate să ajungă până la $6000\text{ m}^2/\text{unitate}$,
- + are efect de relativă autocurățare printr-o turbulență puternică, neavând zone de staționare a curgerii.

3.8 Schimbătoare de căldură cu plăci semisudate

Plăcile semisudate sunt concepute ca niște „casete”. O „casetă” se compune dintr-o pereche de plăci sudate între ele pe contur cu laser. Avantajul acestei variante constructive constă în faptul că se obține un circuit ermetic prin care lichidele curg între plăcile sudate și un alt circuit prin care lichidele circulă între casete și la care etanșarea se realizează tradițional, cu garnituri, ușurând astfel spălarea manuală a acestuia (fig.3.59). Garniturile de etanșare au, aproape pe tot conturul, grosimea dublă față de cele clasice.



Firme specializate produc astfel de schimbătoare cu plăci având suprafețe cuprinse între $(0,25...2,0)\text{ m}^2$ pe placă și suprafețe totale de

până la 1300 m² pe aparat, cu presiuni de lucru de maximum 16 bar și temperaturi cuprinse în intervalul [- 10, + 165] °C.

Avantaje și aplicații:

- ❖ acest tip de schimbător este special conceput pentru sectorul de frig și pentru medii agresive;

- ❖ sudura plăcilor se realizează în afara canalului de garnitură; acest procedeu elimină riscul coroziunii acestuia;

- ❖ atunci când sudura este realizată în afara canalului de garnitură, suprafața de transfer disponibilă este utilizată în condiții optime;

- ❖ cu ajutorul garniturilor de construcție specială se poate realiza o etanșare foarte bună între casetele de plăci, ceea ce înseamnă o creștere a presiunii de lucru admisibile;

- ❖ la fel ca etanșările SCP-urilor clasice, etanșările speciale pentru schimbătoarele semisudate sunt în deplină concordanță cu standardul US 3A, făcând această variantă constructivă utilizabilă și în aplicații sanitare.

3.9 Schimbătoare de căldură cu plăci brazate

Spre deosebire de schimbătoarele de căldură cu plăci și garnituri, schimbătoarele de căldură cu plăci brazate (fig.3.60) nu conțin etanșări din cauciuc, de aceea ele pot fi folosite în procese industriale care utilizează temperaturi de la – 180 °C până la 200 °C și presiuni de lucru de până la 30 bar.



Fig.3.60 - Schimbătoare de căldură brazate tise din
oțel inoxidabil. Fiecare cealaltă placă este întoarsă astfel încât muchiile

părții matrițate să se intersecteze cu cele corespunzătoare plăcii adiacente, formând astfel o rețea de puncte de contact.

Pachetele astfel obținute sunt brazate în vid utilizând cuprul de puritate 99,9 % sau nichel. Brazarea se realizează pe fiecare punct de contact dintre plăci, pe întreaga suprafață de contact.

Schimbătoarele de căldură brazate cu cupru sunt indicate pentru aproape toți agenții frigorifici, mai puțin pentru mediile corozive cum ar fi amoniacul, apa de mare sau alte saramuri, care nu sunt compatibile cu acest metal.

Schimbătoarele brazate cu nichel pot fi folosite pentru amoniac. După brazare, impresiunile dintre plăci formează două sisteme separate de canale prin care vor circula în contracurent agenții de lucru.



Fig.3.61 – Vaporizator brazat



Fig.3.62 – Condensator brazat

Acest sistem complex de canale are ca efect o puternică turbulență, asigurând astfel, maximum de transfer de căldură, ceea ce le face ideale în aplicații frigorifice (fig.3.61 și 3.62). Un avantaj deosebit de important al schimbătoarelor brazate este volumul extrem de mic pe care îl ocupă, dar și ușurința prin care pot fi legate în paralel pentru sistemele construite în formă modulară.

Unul dintre producătorii acestor modele este firma SWEP care realizează schimbătoare de căldură brazate de înaltă eficiență, al cărui coeficient de transfer termic este foarte bun, fiind proiectate pentru a suporta presiuni de 30 bar, temperaturi de minimum (-195°C) și maximum ($+200^{\circ}\text{C}$) și cu debite cuprinse între 0,5 și 45 m³/h.

Aplicațiile tipice pentru schimbătoarele de căldură brazate sunt:

- termoficare, încălzire urbană și ventilație;
- sisteme de pompe de căldură cu energie solară și aer condiționat;
- pompe de căldură în unități recuperatoare de căldură;

- sisteme cu uleiuri hidraulice, termice și de ungere;
- producerea și preîncălzirea combustibililor.

O aplicație de înaltă tehnologie o reprezintă generatorul de apă dulce (fig.3.63) care utilizează căldura acumulată în circuitul de răcire al motoarelor Diesel navale, folosind SCP-G de construcție specială. Apa dulce se poate obține prin evaporarea unei părți a apei de mare în vid puternic, urmată de o condensare. Datorită vidului, evaporarea apei se face la temperaturi mai mici de 48 °C. Poate fi folosit și aburul sau apa caldă de la un cazan în locul apei de răcire a motoarelor, dar în acest caz, sistemul nu este economic.

În cadrul aplicațiilor de refrigerare, a pompelor de căldură, a sistemelor de aer condiționat și răcitoarelor, schimbătoarele de căldură cu plăci brazate pot fi folosite cu mai multe destinații: ca și condensator, vaporizator, economizor, subrăcitor, răcitor de ulei, desupraîncălzitor.

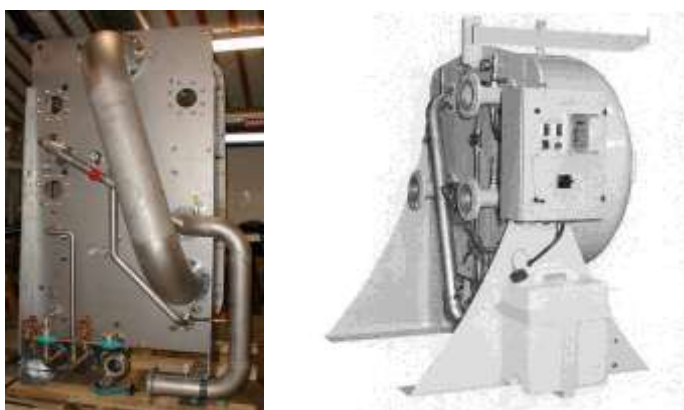


Fig.3.63 - Generatoare navale de apă dulce, de tip ALFA LAVAL [33] și SONDEX [8]

Funcția de condensare

Într-o instalație frigorifică, vaporii supraîncălziți de agent frigorific refuțați de compresor la o presiune ridicată, trebuie să fie desupraîncălziți, condensați, iar condensul obținut se va subrăci, înainte ca lichidul să intre în procesul de expansiune. Toate aceste procese pot fi realizate într-un schimbător de căldură cu plăci brazate, cu rol de **condensator**, prin cedarea căldurii către alt mediu, cum ar fi apa.

Vaporii de agent frigorific supraîncălziți sunt refuțați de compresor la o temperatură ridicată, motiv pentru care, în prima parte a condensatorului brațat este necesară o răcire a vaporilor până la saturație [15]. Această răcire a vaporilor reprezintă (20...25) % din căldura totală cedată pe întreg condensatorul și se va desfășura la partea superioară a plăcilor schimbătorului.

Printr-o transformare de fază vaporii saturați se vor condensa, formând un film de lichid în lungul plăcilor (fig.3.64), cu o curgere turbulentă cauzată de un sistem complex de canale, ceea ce favorizează un coeficient global de transfer termic ridicat.

Procesul de condensare reprezintă (70...80)% din totalul de căldură cedată pe schimbător, după care condensul va fi subrăcit într-un proces care reprezintă (5...10) % din căldura cedată, așa cum este indicat în diagrama (lgp-h) din figura 3.65 [15].

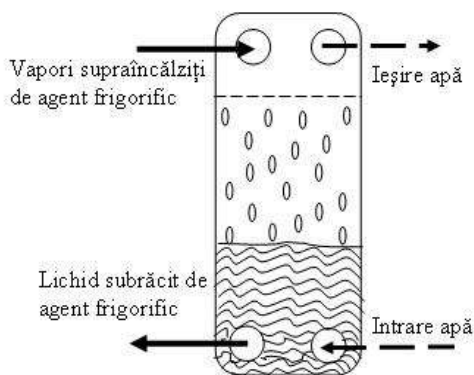


Fig.3.64 –Principiul procesului de condensare [15]

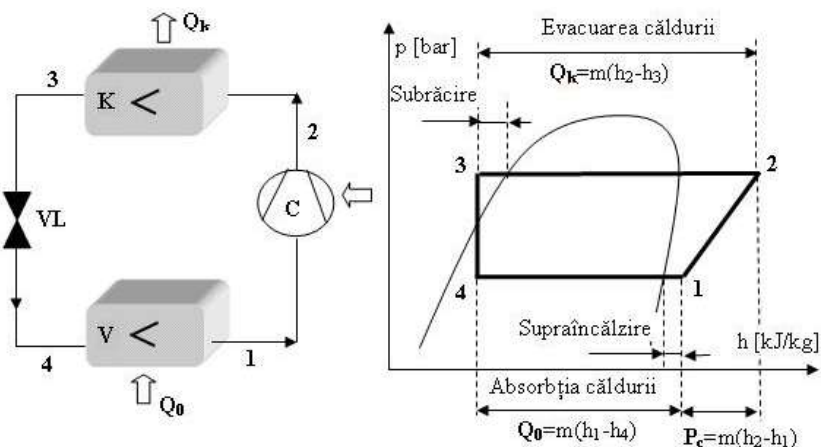


Fig.3.65- Schema și diagrama proceselor termice dintr-o instalație frigorifică într-o treaptă de comprimare care utilizează schimbătoare cu plăci brațate [15]

verticală, astfel încât vaporii supraîncălziți să intre în aparat prin partea

superioară, iar condensul rezultat să fie eliminat prin partea inferioară. În contracurent cu agentul frigorific va circula agentul termic de răcire, care de cele mai multe ori este apa (fig.3.66).

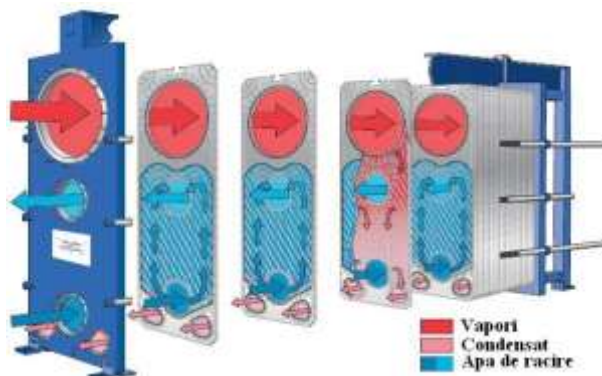


Fig.3.66 – Evoluția procesului de condensare într-un condensator [34]

Presiunea înaltă necesară pe partea de condensare a circuitului nu generează probleme schimbătoarelor cu plăci brazate, deoarece ele sunt testate la presiuni cuprinse între 40 și 45 bar.

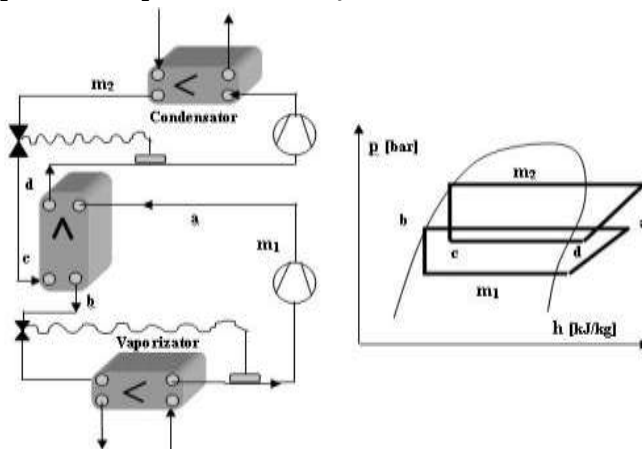


Fig.3.67 – Instalație frigorifică în cascadă utilizând schimbătoare cu plăci brazate [34]

Este posibil ca aceste aparate să lucreze cu o foarte mică diferență de temperatură la capătul rece, de exemplu: diferența între temperatura de condensare și cea a apei de răcire la ieșire din aparat poate fi de 1 °C. Acest avantaj se regăsește în eficiența sistemului și a compresoarelor mai mici. Un astfel de aparat poate îndeplini funcția de condensator răcit cu

apă într-o instalație frigorifică cu una (fig.3.65) sau două trepte de comprimare, dar și rol de condensator-vaporizator într-o instalație frigorifică în cascadă (fig.3.67 traseul a-b-c-d) [15].

Funcția de vaporizare

Agentul frigorific lichid subrăcit la presiunea de condensare va trebui laminat într-un ventil de laminare pentru a-i coborâ presiunea sub cea de saturație. Amestecul de lichid și vapori obținut în ventilul de laminare va intra în vaporizator unde se va transforma în vapori saturați, apoi în vapori supraîncălziți direcționați către aspirația compresorului. Acest proces de vaporizare este posibil prin transferarea căldurii de la un mediu care trebuie răcit, cum ar fi apa, saramuri, sau alt agent frigorific, către agentul frigorific primar al instalației.

Circulația agentului frigorific în vaporizator se face de jos în sus, după cum este indicat în figura 3.68.

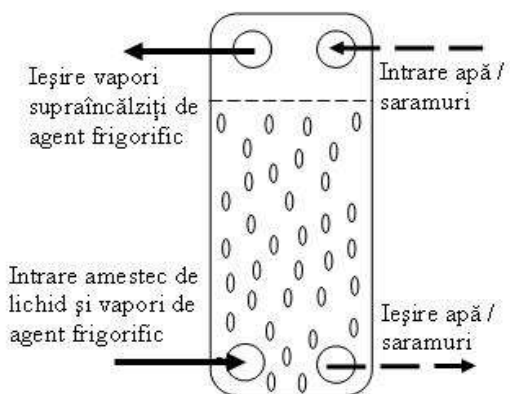


Fig.3.68 - Principiul procesului de vaporizare într-un schimbător cu plăci [15]

Amestecul de lichid și vapori de agent frigorific este introdus în vaporizator prin partea inferioară, astfel încât lichidul remanent să se vaporizeze în lungul plăcii (fig.3.69), până la presiunea și temperatura de saturație. Acest proces reprezintă aproximativ 95 % din căldura totală absorbită în aparat. Restul de 5 % reprezintă procesul de supraîncălzire a vaporilor care vor fi absorbiți de compresor, în scopul evitării pătrunderii picăturilor de lichid în compresor [15].

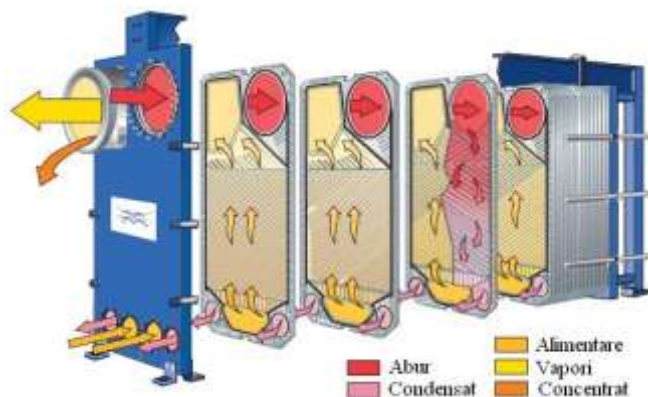


Fig.3.69 – Procesul de vaporizare dintr-un schimbător cu plăci [34]

Cu schimbătorul cu plăci brazate este posibilă vaporizarea cu un conținut redus de lichid, motiv pentru care, în multe cazuri nu este necesară prezența separatorului de lichid, realizându-se astfel economii considerabile reflectate în costul instalației.

Volumul intern scăzut al aparatului indică faptul că pentru aceeași sarcină termică, volumul de agent frigorific necesar schimbătorului cu plăci este doar 1/7 din cantitatea de agent necesară unui schimbător clasic, cu fascicul de țevi în manta.

Turbulența mare generată de configurația complexă a canalelor de curgere a agentului frigorific reduce tendința de înghețare a apei pe circuitul secundar. Acest lucru denotă faptul că, în aplicațiile de refrigerare, temperatura apei la ieșirea din aparat poate fi mai scăzută decât în orice alt tip de schimbător de căldură.

Dacă se produce o defecțiune a instalației și apa din schimbătorul brazat îngheață, aparatul poate suporta această situație mult mai bine decât modelele tradiționale de schimbătoare de căldură și poate continua să funcționeze și după înghețare. Nici un alt schimbător nu va suporta un număr nelimitat de cicluri de înghețare, necesitând echipament de protecție pentru îngheț.

Funcția de desupraîncălzire

Așa cum s-a menționat în procesul de condensare, acesta se divide în trei părți: desupraîncălzirea, condensarea și subrăcirea. În procesul desupraîncălzirii părții de înaltă presiune, vaporii supraîncălziți refulați

din compresor sunt răciți până la temperatura de saturație (procese a-b din fig.3.70 și b-c în fig.3.71) [15].

Aceasta se poate realiza fie în partea superioară a unui condensator, fie într-un schimbător cu plăci separat, de exemplu într-un desupraîncălzitor.

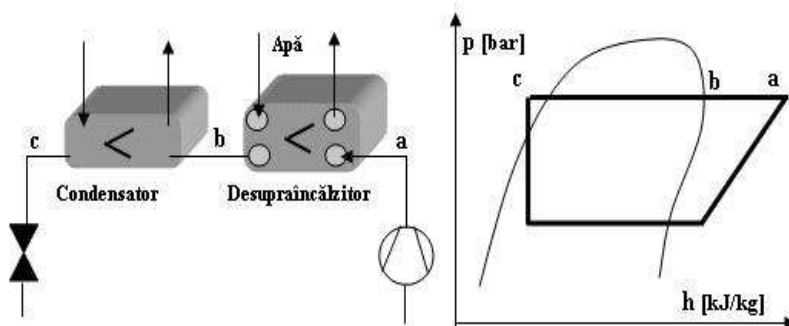


Fig.3.70 - Inserarea unui desupraîncălzitor într-o instalație frigorifică cu o treaptă de comprimare [15]

Avantajul folosirii unui desupraîncălzitor de sine stătător constă în obținerea unei temperaturi ridicate pentru apa de răcire, care poate fi utilizată în scop menajer.

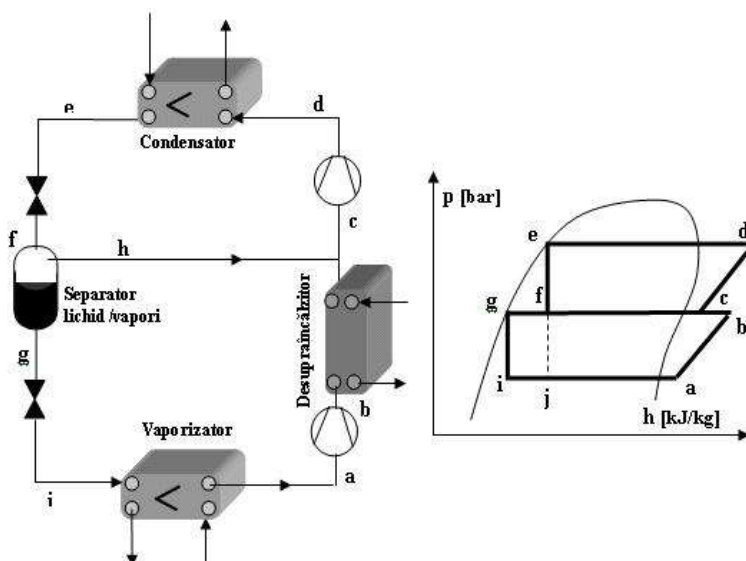


Fig.3.71 - Desupraîncălzitor într-o instalație frigorifică cu două trepte de comprimare [15]

Funcția de subrăcire

La sfârșitul procesului de condensare, agentul frigorific lichid saturat trebuie subrăcit la o temperatură sub punctul de rouă, pentru a asigura lichid pur fără vapori la intrarea în ventilul de expansiune (fig.3.72) [15].

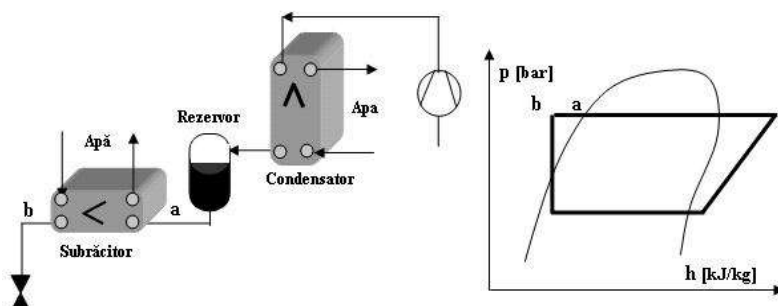


Fig.3.72 - Subrăcitor cu plăci brazate [15]

Funcția de economizor

În sistemul de economizor indicat în figura 3.73 agentul frigorific lichid care părăsește condensatorul se desparte în două debite masice (m_1 și m_2). Debitul mai mare de agent m_1 este alimentat printr-o parte a economizorului / subrăcitorului, unde devine lichid înainte de a intra în ventilul de expansiune și în vaporizator.

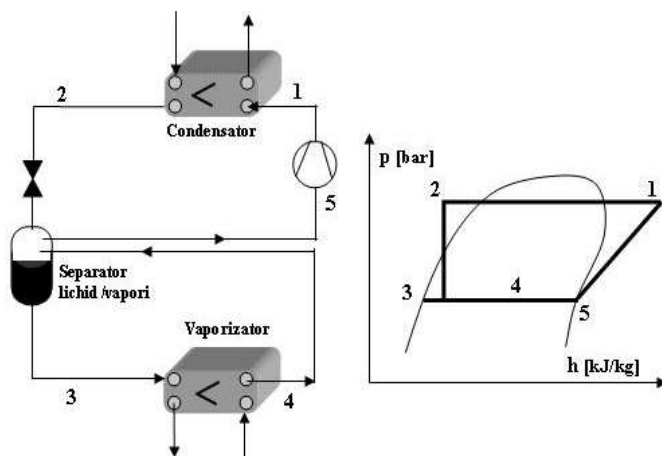


Fig. 3.73 - Utilizarea schimbătorului brazat ca economizor [15]

Căldura eliminată pe perioada subrăcirii este absorbită de către lichidul rămas m_2 , care se vaporizează la o presiune intermediară p_2 , pe cealaltă parte a economizorului / subrăcitorului, după ce a fost alimentat printr-un ventil de expansiune. Vaporii supraîncălziți care părăsesc schimbătorul brazat sunt direcționați către conexiunea economizorului cu compresorul, unde presiunea se găsește la un nivel intermediar p_2 [15].

Funcția de termosifon

În sistemul termosifon debitul de agent frigorific care intră în vaporizator este lichid pur și nu conține vapori (fig.3.74) [15].

Avantajele acestui sistem sunt:

- vaporizare umedă (fără supraîncălzire),
- agentul frigorific lichid poate fi recirculat de mai multe ori prin intermediul vaporizatorului,
- cantitatea de vapori la intrare este nulă.

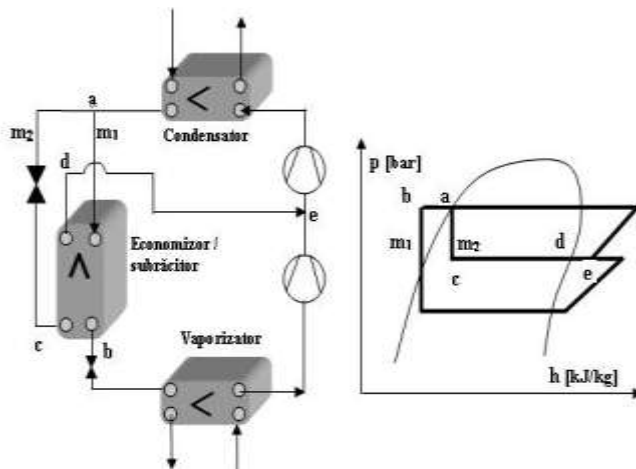


Fig.3.74 - Utilizarea schimbătoarelor brazate în sistem termosifon

3.10 Schimbătoare cu plăci spiralate

Acest tip de aparate schimbătoare de căldură se referă la modelul constructiv cu plăci spiralate. Este un schimbător de căldură compact, constituit din 2 sau 4 benzi de tablă înfășurate în jurul unui colector cilindric central care este autorezistent la presiune.

Acesta este împărțit în două părți cu ajutorul unei șicane mediane și are racordurile amplasate pe mantaua aparatului, în scopul asigurării alimentării cu fluid a celor două circuite spiralate.

Benzile de tablă sunt înzestrate cu întărituri pe o față cu scopul de a retransmite eforturile de presiune pe mantaua aparatului și pentru a menține o diferență de presiune constantă de-a lungul circuitului. Etanșarea între circuite se obține prin sudarea cap la cap a benzilor de tablă de-o parte și de alta a fasciculului.

Ansamblul format se montează într-o manta cilindrică echipată cu colectoarele de fluid. Fluidul de răcire intră prin racordul adiacent carcasei și pătrunde în canalul format între interiorul mantalei și placa spiralată, ieșind apoi prin colectorul central al aparatului pe unde va intra în contracurent fluidul cald care va ieși prin racordul de pe carcasa aparatului (fig.3.75). Există posibilități diferite de amplasare a racordurilor de intrare și ieșire a agenților termici de lucru în funcție de existența sau nu a unei camere de expansiune a vaporilor la pătrunderea în aparat și apoi trecerea peste schimbătorul spiralat (fig.3.76).



Fig.3.75 – Principiul de funcționare a unui schimbător spiralat [35]

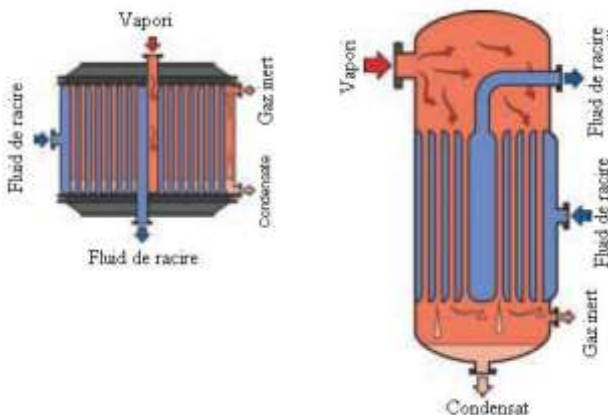


Fig.3.76 – Modele constructive [35]

Aceste schimbătoare pot lucra la capacități mari, până la presiunea de 35 bar și temperaturi de 450 °C, având suprafețe de transfer termic de până la 600 m² pe un singur modul. Pot fi confecționate din oțel carbon, oțel inoxidabil, aliaj de nichel și titan .

Demontarea capacelor permite accesul la fiecare circuit pentru curățarea mecanică a acestora (fig.3.77).



Fig.3.76 – Montajul final al schimbătorului spiralat [35]

Geometria particulară a aparatului îi conferă numeroase avantaje:

- curbura canalelor și proeminențele plăcilor provoacă o foarte bună turbulență chiar și la viteze reduse de curgere a fluidelor, ceea ce conduce la obținerea unui coeficient de transfer termic ridicat;
- circulația fluidelor este integral în contracurent ceea ce permite o apropiere a temperaturilor acestora;
- depunerile sunt evacuate pe măsura formării lor, datorită forței centrifuge care asigură un fenomen de autocurățire (pe un circuit);
- forma unică a canalelor crește eficiența curățării în circuit închis și ajută la evitarea colmatărilor prin decantare, viteza fluidelor fiind constantă de-a lungul spiralei;
- nu există riscul amestecării fluidelor.

Schimbătorul cu plăci spiralate este utilizat cu succes ca economizor montat pe coloanele de rafinare sau desodorizare a uleiului vegetal sau a grăsimii animale, la răcirea mustului de fermentație în distilerii, la încălzirea sucului rezultat în rafinăriile de zahăr, etc. (fig.3.77).



Fig.3.77 – Amplasarea schimbătoarelor spiralate [35]

3.11 Schimbătoare de căldură cu plăci și aripioare

Cercetările referitoare la schimbul de căldură ce are loc între un curent de fluid și un perete au arătat că prin turbionarea curentului respectiv crește coeficientul de convecție și implicit coeficientul global de transfer termic.

Generarea unei curgeri turbionare se poate realiza prin mai multe metode, cum ar fi:

- vibrarea suprafeței de schimb de căldură, cu ajutorul unor vibratoare electrodinamice sau cu excentric, ce folosesc frecvențe în jur de 1000 Hz și cu ajutorul cărora s-au înregistrat creșteri de peste 20 de ori a coeficientului de convecție în cazul convecției naturale [16], sau vibrarea fluidului cu ajutorul unui generator de pulsații, în cazul în care masa aparatului este prea mare;
- introducerea unor aditivi sub formă de particule solide în curentul de fluid, de exemplu cu suspensii de grafit de diametru $(0,15 \div 2)$ mm s-au obținut creșteri ale coeficientului de convecție termică până la 400 % față de gazul pur, sau cu particule ceramice (aluminosilicați) cu care s-a obținut o creștere de 300 % ale lui α pentru o concentrație de 7kg particule pe kg de gaz [17];
- dispunerea unor generatoare de turbulență în calea fluidului precum nervuri, lamele, aripioare sau canale. Diferența dintre acestea constă în material, prelucrare și modul de dispunere pe suprafața de separație dintre agenții termici, astfel [18]:
 - *nervurile* - sunt prelucrate individual, din materialul țevii, cu axa perpendiculară pe suprafața de schimb de căldură și pot fi executate la exteriorul sau interiorul țevii (fig. 3.78);

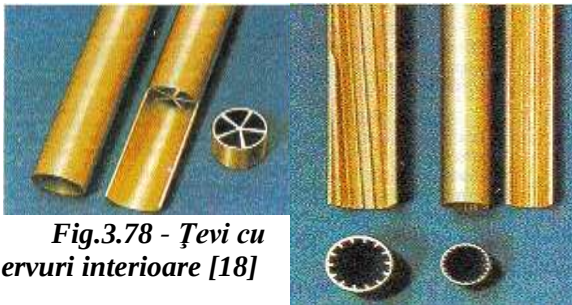


Fig.3.78 - Țevi cu nervuri interioare [18]

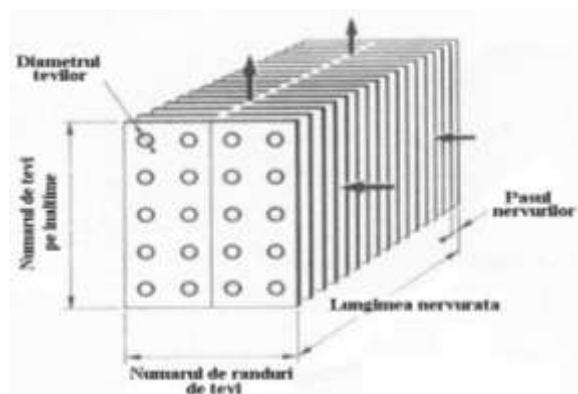


Fig.3.79 - Module din țevi și lamele

- *lamelele* – cuprind mai multe țevi și sunt produse din alt material decât cel al țevii (fig.3.79);
- *aripioarele* – sunt confecționate din alt material decât cel al țevii și sunt dispuse perpendicular pe suprafața de separație dintre fluide (fig.3.80, 3.81);
- *canalele* – sunt practicate în lungul țevii din materialul acesteia.

a)



b)



Fig.3.80 - Țevi cu aripioare: a) ondulate, b) aciculare [18]

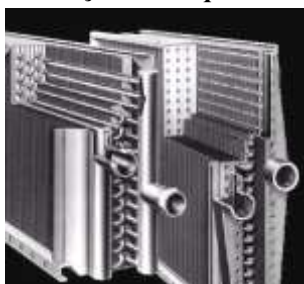


Fig.3.81 - Baterii de țevi cu aripioare [18]

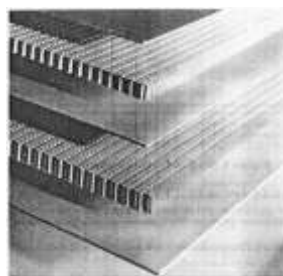


Fig.3.82 - Principiul de construcție al schimbătoarelor compacte cu plăci și aripioare [3]

Tendința ultimilor ani în construcția acestor aparate este de a se reduce cât mai mult diametrul țevelor și înlocuirea acestora cu microcanale formate de plăci și aripioare, în scopul îmbunătățirii coeficientului global de transfer termic, a reducerii masei schimbătoarelor și a încărcăturii cu agent termic lichid, acolo unde este cazul, pe fondul reducerii globale a costurilor.

Schimbătoarele compacte cu plăci și aripioare sunt constituite dintr-o stivuire de table gofrate (aripioare sub forme diferite) separate prin table plane (fig.3.82) [3].

Fluidele circulă prin pasajele definite astfel [3]:

- printre două table plane consecutive, închise lateral prin bare și
- prin canalele formate de două table plane și o aripioară ce acoperă toată suprafața acestora (fig.3.83).

În cea mai simplă reprezentare, un astfel de schimbător poate fi compus din două treceri, cu o curgere a agenților de lucru în contracurent, echicurent sau curent încrucișat (fig.3.84).

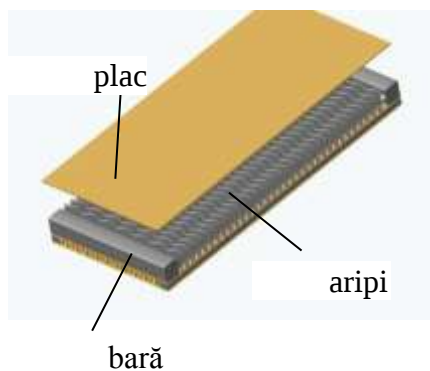


Fig.3.83 – Construcția de bază a unui schimbător cu plăci și aripioare [3]

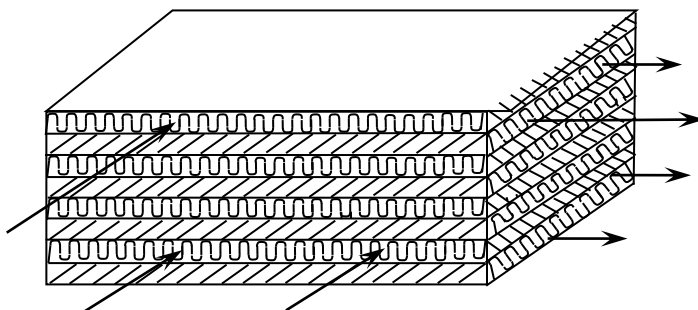


Fig.3.84 – Schimbător de căldură în sistem sandwich

Compactitatea acestor aparate este asigurată prin procesul de brazare și care, în acest caz, se compune din următoarele faze [3]:

a) *încălzirea* – presupune încălzirea până la 540°C a elementelor schimbătorului de căldură, montate în S.D.V.-urile speciale în care s-a asamblat schimbătorul în formă finală; acest proces desfășurându-se foarte aproape de punctul de topire a fluxului utilizat;

b) *brazarea propriu-zisă* – piesele încălzite se scufundă în baia de săruri timp de (2...3) minute. Fluxul topit, de consistența apei, vine ușor în contact cu suprafața metalică, curăță suprafețele de urme de oxizi și curge spre îmbinări sub efectul de capilaritate și acțiune hidromecanică. Deoarece întreg procesul de brazare se desfășoară în camere speciale, sub vid, se elimină posibilitatea apariției contactelor parțiale între nervură și placă. Ca flux topit pentru brazare se utilizează amestecuri de cloruri și fluoruri cu un conținut de ioni de clor de $(51 \div 53) \%$ și de fluor de $(2,3 \div 3,3) \%$, cu limite de lucru cuprinse între $(538 \div 649)^{\circ}\text{C}$.

c) *răcirea pieselor* - se desfășoară în două etape: prima în aer liber până la 100°C timp de (8...9) minute, pentru a evita tensionarea și deformarea schimbătoarelor, urmată de a doua care constă în imersarea aparatului într-un bazin cu apă la o temperatură de 80°C .

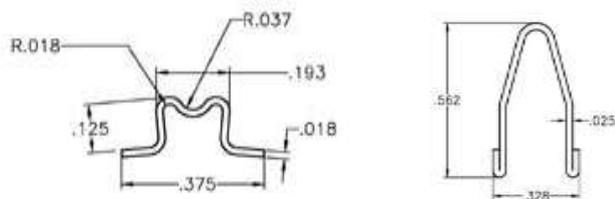
Schimbătoarele de căldură cu plăci și aripioare au fost proiectate inițial pentru aplicații în care greutatea și volumul erau importante, de aceea aluminiul a fost materialul cel mai utilizat pentru o lungă perioadă de timp. Dar acesta poate fi utilizat până la temperaturi de aproximativ 250°C , de aceea s-au efectuat cercetări în jurul acestui material, iar în anii 1900 au fost introduse aliajele de aluminiu.

Acele aliaje de aluminiu potrivite pentru turnătorie conțin până la 15 % siliciu, plus cantități mici de metale precum cuprul, fierul, nichelul și zincul, spre exemplu EN AW- 4343 (AlSi7,5) și EN AW-6060 (AlMgSi). Printre articolele turnate din asemenea aliaje ușoare se numără blocurile de cilindri de motor și componentele pentru motoare (inclusiv racordurile, colectoarele și distribuitoarele pentru radiatoare) și fuzelaje de aeronave [3]. Aliajele de aluminiu potrivite pentru alte procese de modelare, precum forjarea, laminarea și trefilarea, conțin până la 7 % magneziu și circa 1 % mangan, de exemplu EN AW-3003 (AlMn1Cu), materiale utilizate la bare, suporturi, aripioare, plăci deflectoare etc. din

componenta unor schimbătoare de căldură compacte. Aliajele foarte puternice de acest tip, cu o utilizare largă în industria aeronautică, se obțin prin îmbogățire cu circa 5 % zinc și cantități mici de cupru, magneziu și mangan [3].

Duralumiuniul este una dintre cele mai importante descoperiri în evoluția aliajelor de aluminiu, cu un efect cunoscut sub numele de „duritate prin îmbătrânire”. Compoziția acestui aliaj variază, dar în mod obișnuit constă dintr-o bază de aluminiu cu $(3,5 \div 4,5)\%$ cupru, $(0,4 \div 0,7)\%$ magneziu și mangan și până la 0,7 % siliciu .

Secolul XX a cunoscut o extindere a domeniilor de utilizare a schimbătoarelor compacte cu plăci și aripioare în domenii foarte largi de temperaturi și presiuni, cum ar fi: în criogenie pentru temperaturi cuprinse între $(-269)^{\circ}\text{C}$ și $+65^{\circ}\text{C}$ sau recuperarea căldurii din gaze arse cu temperaturi peste 1000°C . Din acest motiv s-a introdus oțelul inoxidabil în construcția acestor aparate, pentru temperaturi până la 800°C . Forma obișnuită de oțel inoxidabil conține fier aliat cu 18 % crom, 8 % nichel și 0,08 % carbon. Alte forme de oțel inoxidabil conțin $(12 \div 30)\%$ crom, adesea cu cantități mici de nichel, molibden sau cupru, care modifică structura de bază a oțelului, astfel încât se pot aplica tratamente variate care-i conferă o duritate mai mare sau mai redusă, elasticitate și rezistență mai bună, în funcție de necesitățile aplicației. Pentru temperaturi foarte ridicate se folosesc schimbătoare de căldură de tip plăci și canale ceramice, iar la temperaturi mai mici variante de aparate cu hârtie impregnată, folosite în instalațiile de ventilare. Aripioarele sunt realizate prin ambutisarea tablelor din aliaje ușoare din aluminiu, cu ajutorul unor prese speciale și pot avea înălțimi, grosimi și profile diferite (fig.3.85).



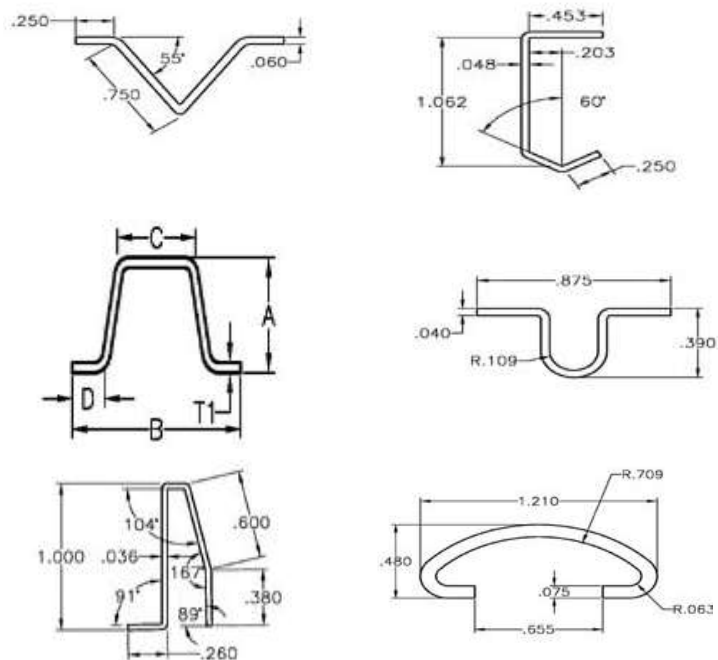


Fig.3.85 - Profile diferite de aripioare [3]

Fiecare tip de aripioară deține propriile sale caracteristici hidraulice și termice, astfel încât aripioarele plane (perforate sau nu) dau performanțe identice cu cele ale tuburilor de diametru hidraulic echivalent; iar aripioarele decalate creează o mai mare turbulență și ameliorează coeficientul de transfer termic, producând o pierdere de presiune mai mare [3].

În țara noastră, la RAAL S.A. Bistrița, se realizează următoarele tipuri de nervuri din aluminiu:

- **decupate** (fig.3.86), cunoscute și sub denumirea de aripioare sparte (sub *figuri s-au trecut și numele cu care circula în literatura străină de specialitate*)[19];

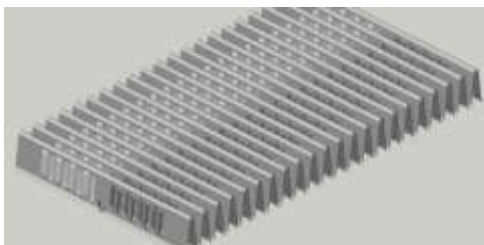


Fig.3.86 - Nervuri decupate - sparte (Louvered fin)[19]

- **ondulate** (fig.3.87),[19];

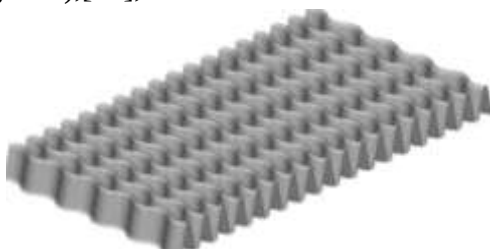


Fig.3.87 - Nervuri ondulate (Offset Oil turbulator) [19]

- **drepte** (fig.3.88), [19];

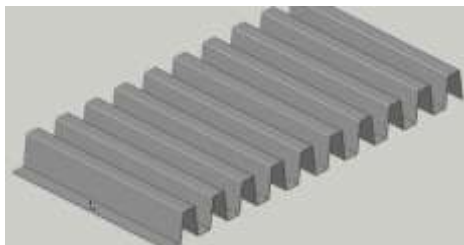


Fig.3.88 - Nervuri drepte (Plat top fin) [19]

- **discontinue** – (decalate) dispuse alternant, denumite și turbulatori de ulei (offset) (fig.3.89) și care sunt deplasate una față de alta în direcția de curgere a fluidului.

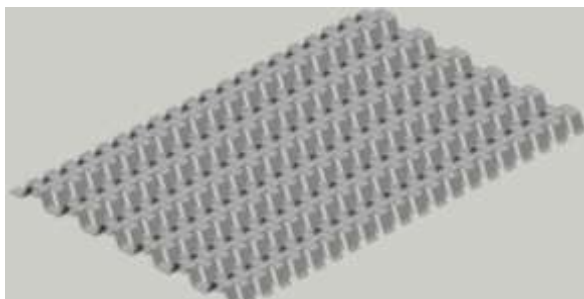


Fig.3.89 - Nervuri discontinue dispuse alternant [19]

Scopul esențial al aripioarelor este acela de creștere a turbulenței și implicit creșterea coeficientului de transfer de căldură, dar și de a asigura rezistența mecanică printr-un număr mare de puncte de contact metal-metal. Datorită configurației lor particulare, aripioarele pot genera o suprafață secundară de schimb de căldură care poate atinge până la 90 % din valoarea suprafeței totale, ceea ce ar permite amplasarea unei suprafețe de schimb de căldură foarte mari (mai mult de 1500 m²/m³)

Într-un volum redus, acesta fiind unul din principalele avantaje oferite de aceste aparate [21]. Schimbătoarele de căldură brazate, de tip „plăci și aripioare” se regăsesc în diferite echipamente industriale și autovehicule, îndeplinind roluri de: răcitoare de aer, răcitoare de ulei, condensatoare, ansambluri combinate de răcire.

Aplicațiile schimbătoarelor compacte cu plăci și aripioare sunt din cele mai variate domenii, începând de la aeronautică, criogenie, echipamente din industria navală, frigorifică, petrochimică, sisteme de vacuum, prese hidraulice, echipamente din transportul energiei (stații eoliene, generatoare Diesel, transformatoare), industria autovehiculelor și până la mașini de injectat plastic [22,23].

Rolul pe care-l pot îndeplini aceste aparate este la fel de variat [3]:

- *preîncălzitoare de aer* pentru recuperarea căldurii în centrale termice – în aceste aparate se pot recupera fluxuri de căldură de ordinul a 100 MW la forțe motoare relativ mici și datorită preîncălzirii aerului necesar arderii combustibilului, devine posibilă utilizarea cărbunilor inferiori, aparatele având rol de recuperatoare și regeneratoare;

- *condensatoare și vaporizatoare* în instalațiile criogenice, frigorifice, cele de climatizare și condiționare (fig.3.90);

- *răcitoare de ulei răcite cu aer*, destinate motoarelor aeronautice și de autovehicule;

- *radiatoare pentru autoturisme* (fig.3.91);

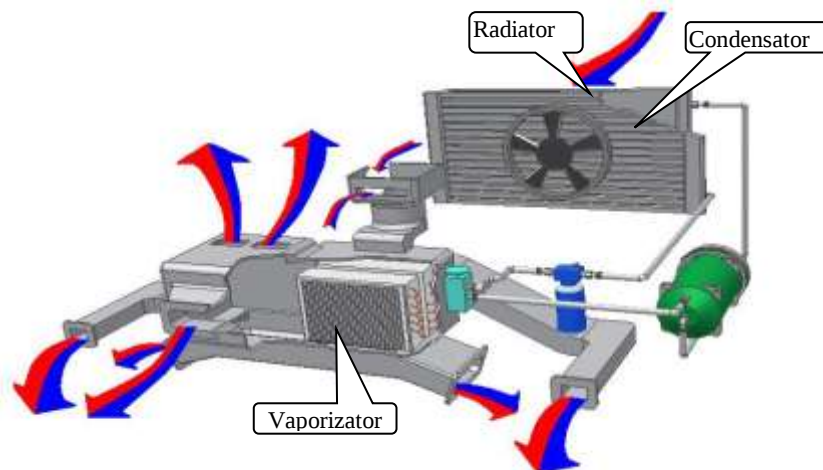


Fig. 3.90 - Funcții îndeplinite de schimbătoarele de căldură cu plăci și aripioare într-o instalație de climatizare auto [3]

➤ *răcitoare de ulei răcite cu apă*, destinate motoarelor cu combustie internă care echipează utilajele grele sau speciale, motoarele navale (fig.3.92);

➤ *răcitoare de gaz* pentru agregate energetice (turbogeneratoare, hidrogeneratoare) (fig.3.93);

➤ *răcitoare de aer comprimat* (fig.3.94), etc.



Fig.3.91 - Răcitor apă-aer [24]



Fig.3.92 - Răcitor pentru motoare navale [25]

Răcitoare ulei lagăr axial-radial turbină de 7,7; 55 MW

Răcitor ulei lagăr axial hidrogenerator 7,5 MW

Răcitor aer generator 275 kW

Răcitor pentru hidrogenerator RAN 65; RAN 80; RAN 100

Răcitor hidrogen pentru turbogenerator 50MW

Răcitor gaz pentru turbogenerator THA 160-2A;

TH 60-2 Răcitor ulei transformator 250MVA

Răcitor de aer pentru motor TIS 3100 KW;

TISV 3200 KW



Fig.3.93 - Răcitoare pentru agregate energetice [25]



Fig.3.94 - Răcitoare pentru compresoare de aer (pentru compresoare cu surub, cu piston sau centrifugale) [25]

Schimbătoarele de căldură din aluminiu sunt supuse unor încercări specifice și anume [19]:

- **testul la șoc termic** care se efectuează pe răcitoarele la care pot apărea diferențe mari de temperatură în timpul exploatării, inducând dilatări termice și acumularea de tensiuni mecanice în material. Pentru determinarea timpului de viață, răcitoarele se supun unor schimbări ciclice de temperatură. (ex: pentru răcitoarele de aer de supraalimentare; la intrare pot fi temperaturi de până la 200 °C iar la ieșirea din răcitor temperaturi de (50...60) °C). Încercarea constă în vehicularea alternantă a unui fluid cald și rece prin canalele aparatului, schimbarea urmând a se realiza în momentul în care diferența între temperatura de intrare și cea de ieșire nu este mai mare de 5 °C. Caracteristicile testului sunt:
 - temperatura maximă și minimă,
 - durata cilcului (6 minute pe ciclu),
 - numărul de cicluri (5000 -10000),
 - durata medie a unui astfel de test este de 30 - 45 zile.
- **testul la vibrații mecanice**, în cadrul căruia schimbătoarele de căldură se supun la vibrații mecanice; se determină frecvența de rezonanță a aparatului (pe o axa), se supune aparatul la vibrații cu 40 % din frecvența de rezonanță un număr de aproximativ 1000000 cicli. Accelerația este determinată de tipul de aplicație în care este exploatat aparatul (între 3g și 10g, unde g reprezintă accelerația gravitațională). În cazul în care se dorește se reia testul pentru fiecare axă a răcitorului.

Printre producătorii autohtoni se numără firme consacrate în construcția schimbătoarelor cu plăci și aripioare cum ar fi: Radiatoare din Aluminiu S.C. RAAL S.A.– Bistrița, S.C. I.A.I.C. Alexandria, Romradiatoare – Brașov, iar de anul acesta la Ploiești s-a deschis o unitate de producție a firmei japoneze Calsonic Kansei Corp. Aceste unități, pe lângă producția propriu-zisă de schimbătoare, susțin și activități de cercetare în domeniu prin departamente proprii, cum ar fi S.C. RAAL S.A. Bistrița, sau cu ajutorul unor centre de cercetare înființate la Univ. Politehnica Timișoara, Univ. Politehnică București, Univ. „Transilvania” din Brașov [3].

Pe plan internațional există o serie de producători de schimbătoare de căldură cu plăci, cu plăci și aripioare lansați într-o acerbă competiție de producție și acapararea pieței acestor produse, printre care se numără: Armstrong International Inc.(USA), API Heat Transfer Inc.HEATEX AB (Suedia), Alfa Laval Thermal Inc., ALTEC International, American Precision Industries (API Heat Transfer), AMRITA Heaters (India), Australian Panel Tanks (Australia), Exchanger Industries (Canada) [3].

Alături de producători, departamente și centre de cercetare internaționale își aduc un aport însemnat la dinamica pieței schimbătoarelor de căldură. Printre acestea se numără: Energy research Centre of the Netherlands (ECN), Micro Thermal Research Center (Seul Coreea), Smith Institute, AK Industries Ltd. Și (Marea Britanie), AST Angewandte System Technik (Germania), Ken Maskinfabrik (Danemarca), HRS Spiratube (Spain), (Marea Britanie), PERA (the Production Engineering Research Association, Marea Britanie), Select Moulds (Marea Britanie), Plate Fin Heat Exchanger Research (UCLA-SUA), Ohio State University, Auckland University, Stanford University, The Victoria University of Manchester, Department of Engineering Science, University of Oxford, University Catholique de Louvain, Belgia, Delft University Olanda, Kyoto University Research Center [3].

3.12 BIBLIOGRAFIE Cap. 3

- [1] ***API Schmidt-Bretten, *Schimbătoare de căldură cu plăci Sigma* - Prospect
- [2] Pleșa A., *Stadiul actual de cercetare privind utilizarea schimbătoarelor de căl-dură cu plăci în instalațiile frigorifice*, Referat 1, Univ.Tehnică Cluj, 2002
- [3] Pleșa A., *Cercetări privind schimbătoarele de căldură cu plăci și aripioare utilizate în instalații termice*, **Teză de doctorat**, Univ. Tehnică Cluj, 2007
- [4] Carabogdan I., Popa B., ș.a., *Manualul inginerului termotehnician* Vol. II, E.T., București, 1986
- [5] ***VICARB ROMANIA S.A., *Filtrarea și curățirea schimbătoarelor cu plăci*
- [6] ***S.C. Schmidt-Bretten ROMANIA S.R.L., *SIGMA Schimbătoare de căldură cu plăci. Manual de instalare și exploatare*
- [7] ***GEA Ecoflex, *Plate heat exchangers. The company. The Products*
- [8] *** VICARB ROMANIA S.A., *Recuperare și economie de energie cu schimbătoarele de căldură cu plăci*
- [9] ***VICARB ROMANIA S.A., *Alegerea grosimii plăcilor schimbătoarelor cu plăci și garnituri*
- [10] ***SONDEX – *Lumea schimbătoarelor de căldură*
- [11] VAHTERUS – *Applications & Arguments*, Energy Nr. 1, 2004
- [12] Grieb C. F., *Stadiul actual privind construcția și funcționarea schimbătoarelor de căldură cu plăci*, Referat 1, Univ. Tehnică Cluj-Napoca, 2005
- [13] ***CIAT, *Echangeurs a plaques.Specification*, Technical Brochure No.823,1987
- [14] ***VICARB, *Applications industrielles des échangeurs de chaleur a plaques*, Technical Brochure No.67, 1992
- [15] Pleșa A., *Metodologia cercetărilor teoretice privind utilizarea schimbătoarelor de căldură cu plăci în instalațiile frigorifice*, Referat 2, Univ. Tehnică din Cluj-Napoca, 2003
- [16] Bergles A., *The influence of heated surface vibration on pool boiling*, Jurnal Heat Transfer n°. 21,1969, p.152-153
- [17] Popa B, Theil H., Mădărășan T., *Schimbătoare de căldură industriale*, Ed.Tehnică., Seria termo-frig, București,1977

- [18] Bălan M., Pleșa A., *Instalații frigorifice. Construcție, funcționare și calcul*, Ed. Todesco, Cluj-Napoca, 2002, <http://www.termo.utcluj.ro/ccif/>
- [19] Nagi M., *Schimbătoare de căldură din aluminiu*, ISBN 973-578-275-8, Ed. Mirton, 1997
- [20] Nagi, M., Theil, H., Laza, I., Ilies, P., Runcan A. *Preocupări privind realizarea în țara a unor schimbătoare de căldură de eficiență ridicată, din aluminiu* Lucr. simpozionului de Termo. și mașini termice. Vol.I.Timisoara, 1988, pg.109 - 116.
- [21] Nagi, M., Negru, I.D. - *Cercetări privind perfecționarea sub aspect funcțional al schimbătoarelor de căldură compacte din aluminiu, cu nervuri ondulate, destinate motoarelor cu ardere internă*, Conf.nat. term. Timișoara 1994, Vol.II, pg.74
- [22] Ilieș, P., Nagi, M., Marțian, V., „Trends of more compact cooling systems for vehicles and self driven cars equipped with diesel engines” The 10 th Intrn.Congres Conat2004, Brasov 2004
- [23] Ilieș, P., Nagi, M., Marțian, V., „New compact systems for optimising the cooling groups used in industrial machines” Bul. IPIasi, Tomul L(LIV), Fasc.6C, S. Const. De . Mas. 2004. pg 3-12
- [24] www.raal.ro, Radiatoare din Aluminiu S.A., Bistrița
- [25] www.iaica-alexandria.ro
- [26] SWEP – *GX Plate heat exchangers*, Reg. No. Fbla-121, phe@swep.se
- [27] VIEX, *Viexbloc Applications Series*, 205, www.viex.com
- [28] Alfa Laval, *Hygienic Double Wall Plates Increase Production Safety*, www.alfalaval.com
- [29] SONDEX, *Plate type heat exchangers*, www.sondex.dk
- [30] SGL CARBON GROUP companies, *Diabon Heat Exchangers with of ferablock of advantages. Block heat exchangers* www.sglcarbon.com/cp
- [31] Alfa Laval, *No. One in Sanitary Applications - at low Capacity*, www.alfalaval.com
- [32] ***Prospect, Tranter PHE, www.tranter.com
- [33] ***Prospect, Alfa Laval, *Two stage titanium plate type freshwater generator*
- [34] ***Prospect, Alfa Laval, *Evaporators and condensers in a new dimension*
- [35] ***Prospect, Alfa Laval, *Spiral heat exchangers*

4 CAPITOLUL 4 CENTRALE ȘI PUNCTE TERMICE

4.1 Utilizarea pompelor de căldură la încălzirea clădirilor

Introducerea pe scară largă a pompelor de căldură cu comprimare mecanică de vapori în instalațiile de încălzire a clădirilor este determinată de mai mulți factori :

- existența unor surse gratuite de căldură de tipul: aer (aerul exterior sau aerul evacuat prin instalațiile de ventilare), apa (apa de suprafață, apa din pânza freatică, ape geotermale, apa caldă reziduală evacuată prin instalațiile de canalizare) și sol;
- superioritatea tehnică a sistemelor care utilizează pompe de căldură prin reducerea semnificativa a emisiilor de CO₂ ;
- înlăturarea inconvenientelor provocate de utilizarea combustibililor clasici (transport, stocare, poluare);
- posibilitatea utilizării aceleiași instalații în regim de pompă de căldură cât și de instalație de condiționare, printr-o simplă inversare a ciclului.

Prin realizarea unor clădiri cu necesar de căldură redus, impuse de prețurile în creștere ale energiei termice, suportate din ce în ce mai greu de consumatori, crește și eficiența sistemelor de încălzire ce utilizează surse de energie neconvențională. Implementarea pompei de căldură într-un sistem existent, conduce în mod firesc la interacțiuni cu sursa (sursele) de căldură din componența acestuia. De la caz la caz, pompa de căldură poate lucra în paralel cu sursele clasice existente sau le poate înlocui total dacă efectul util (cantitatea și calitatea căldurii produse), precum și eficiența economică a soluției sunt acceptabile. În cazul realizării unui sistem nou bazat pe pompa de căldură, pot fi realizate încă din faza de concepție a soluției toate condițiile necesare unei perfecte integrări a

pompei de căldură în ansamblul sistemului, astfel încât în toate situațiile funcționale să se obțină eficiență maximă. Pompa de căldură produce aproximativ trei sferturi din energia necesară pentru încălzire pe baza căldurii preluate din mediul înconjurător, iar pentru restul consumă curent electric ca energie de acționare.

Regimul de funcționare a pompelor de căldură se adaptează sistemului de distribuție a energiei termice existent în clădiri. În cazul în care este necesară o temperatură pe conducta de tur superioară temperaturii maxime de pe turul pompei de căldură (55°C), atunci pompa de căldură va funcționa numai în completarea unei surse de căldură clasice. În clădirile noi se va alege un sistem de distribuție cu o temperatură maximă pe conducta de tur de 35°C . Din punct de vedere tehnic se pot diferenția următoarele regimuri de funcționare:

- ✚ **monovalent**, pompa de căldură acoperă întregul necesar de căldură al clădirii; sistemul de distribuție trebuie dimensionat pentru o temperatură pe tur inferioară temperaturii maxime de pe turul pompei de căldură;
- ✚ **bivalent**, instalația de încălzire are două surse de căldură (pompa de căldură cu acționare electrică este combinată cu cel puțin o sursă de căldură bazată pe arderea combustibililor solizi, lichizi sau gazoși);
- ✚ **monoenergetic**, este un regim de funcționare bivalent la care cea de-a doua sursă de căldură (auxiliară) funcționează cu același tip de energie (curent electric) ca și pompa de căldură;

Pentru clădirile existente se recomandă regimul de funcționare bivalent, deoarece există o sursă de căldură, care de obicei se poate utiliza în continuare, pentru a putea acoperi vârfurile de sarcină din zilele reci de iarnă, cu temperaturi necesare pe tur de peste 55°C . Pentru clădirile noi s-a dovedit util regimul de funcționare monovalent, care se poate întrerupe. Pompa de căldură poate acoperi necesarul de căldură anual, iar perioadele de întrerupere nu conduc la perturbații în funcționare, deoarece, de exemplu, încălzirea prin pardoseală, datorită capacității de acumulare, poate depăși perioadele de întrerupere fără a se constata modificări ale temperaturii de confort.

➤ *Căldura înmagazinată în aer*

După cum s-a menționat în paragraful 1.2, pompele de căldură utilizează ca sursă căldura înmagazinată în sol, apă, sau aer. Captarea energiei din aer se face prin intermediul captatorilor solari. Studiile desfășurate de firmele producătoare și de către centrele de cercetare specializate, au condus la apariția pe piața energiei verzi, a unei game foarte largi de variante constructive de captatoare solare și echipamente aferente. Cercetările în domeniu indică faptul că este foarte importantă influența direcției, a înclinării colectoarelor solari și a umbrei, asupra cantității de energie captată. Astfel, pe direcția sudică și la o înclinare de 30...45 grade față de orizontală, instalația solară captează cea mai mare cantitate de energie, ca medie anuală. Unghiuri de înclinare sub 20° predispun la creșterea accentuată a gradului de murdărire a colectoarelor. De asemenea, câmpul de colectori trebuie amplasat și dimensionat astfel încât influența umbrei cauzate de clădirile învecinate, pomi, cabluri electrice, etc. să fie minimă.

Deoarece radiația solară este mai puternică în timpul prânzului, planul de amplasare a colectoarelor trebuie să fie orientat, pe cât posibil, spre sud, ceea ce implică că trebuie să se țină cont în planul de amplasare de unghiul azimutal. Surplusul de energie care se poate obține, poate conduce la deteriorarea semnificativă a raportului cost/profit, motiv pentru care este foarte importantă optimizarea întregului sistem prin automatizarea acestuia. Spre exemplu, firma VIESMANN livrează toate componentele necesare pentru o instalație solară [7], materializate în:

- o automatizare adaptată la instalația solară;
- un boiler pentru preparare apă menajeră cu recuperator de căldură solar dispus în partea inferioară;
- elemente constructive care asigură un reglaj rapid și o eficiență sporită a întregului sistem (fig.4.1).

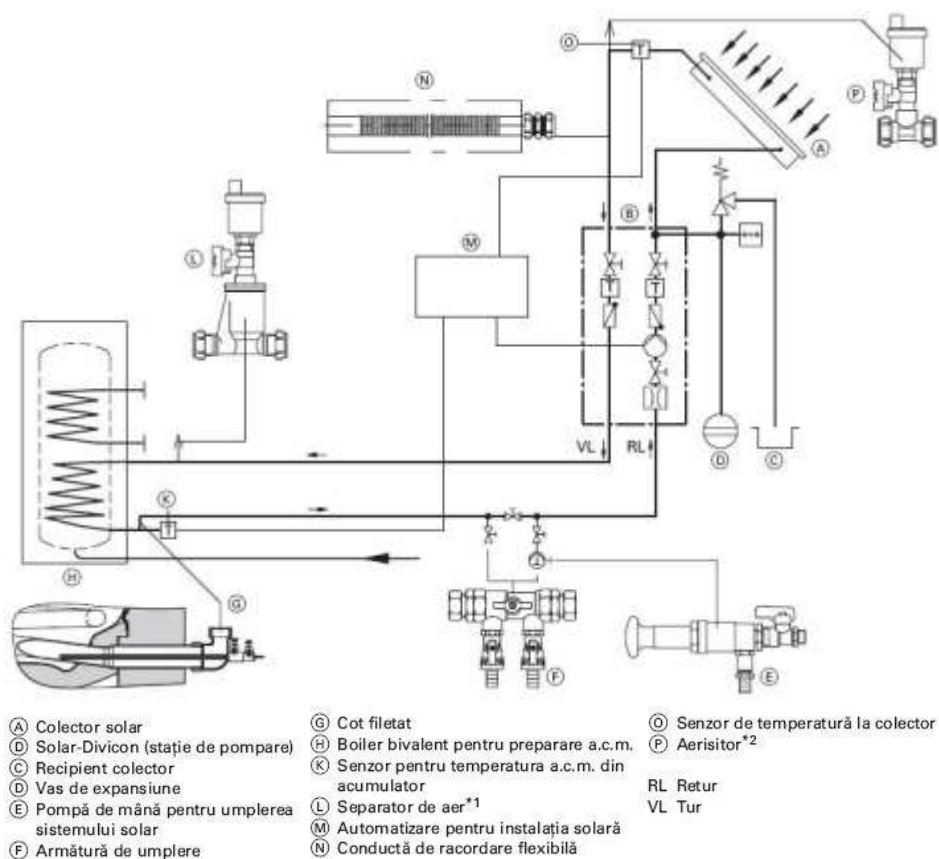


Fig.4.1 – Schema de principiu a unei instalații solare [7]

În cazul acestei instalații, separatorul de aer se montează într-un loc accesibil, pe conducta de distribuție tur, iar în punctul cel mai înalt al instalației se montează cel puțin un aerisitor (automat cu robinet de închidere sau manual) [7].

➤ **Căldura înmagazinată în sol**

În timpul verii, căldura solară este stocată în stratul de la suprafața solului. Utilizarea acestei energii în scopul încălzirii reprezintă o abordare practică pentru casele ce dețin suprafețe mari. Cantitatea de energie ce poate fi extrasă este mai mare pentru solurile cu un conținut ridicat de apă. Căldura este extrasă din sol cu ajutorul unor tuburi de plastic îngropate la adâncimi mai mari de 1 m. Un agent termic intermediar (saramură în diferite concentrații, antigel, etc.) nepoluant, cu

temperatura de îngheț sub -10°C circulă în sistemul de tuburi și transportă căldura înmagazinată către pompa de căldură, unde este transformată în căldură mai intensă (cu temperaturi mai ridicate) pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde menajere. Prin urmare, ansamblul unei pompe de căldură este format în principal din trei circuite de agenți termodinamici de lucru:

- circuitul agentului termic intermediar (antigel, saramură, etc.), care înmagazinează căldura extrasă din sol,
- circuitul de agent frigorific (freoni, amoniac), care extrage căldura din primul circuit și, în urma unor transformări, o cedează circuitului de agent termic secundar,
- circuitul de agent termic secundar (apa necesară consumatorilor în scop de încălzire sau apă caldă menajeră, respectiv aerul - în cazul în care pompa de căldură se utilizează pentru condiționare pe timp de vară).

În stratul de rocă există o sursă de căldură cu temperatura constantă pe parcursul întregului an. Utilizarea acesteia reprezintă o modalitate sigură, sănătoasă și nepoluantă de încălzire a tuturor tipodimensiunilor de clădiri publice și private. Costurile capitale sunt destul de mari, dar amortizarea se resimte în timp, printr-o formă de energie sigură, un consum redus de energie și o durată de viață mare. Coeficientul de performanță (COP) a acestor instalații este bun, în valoare de $4,8 \div 6,7$. Instalația ocupă un spațiu redus, poate fi instalată pe suprafețe mici și nu are efecte asupra mediului înconjurător, deoarece nu se consumă substanță din el.



Fig.4.2 - Principul de funcționare a pompelor de căldură de tip sol și apă [2]

Firma EcoSystem International oferă pieței românești 15 modele de pompe de căldură având ca sursă solul (fig.4.2), cu puteri termice cuprinse între 4 kW și 30 kW (chiar și până la 300 kW în cazul în care se conectează în paralel). Printre furnizorii de astfel de echipamente se numără: VIESSMANN (Germania), DAIKIN (Japonia), YORK (SUA), THERMIA (Suedia), etc.

➤ **Căldura înmagazinată în apă**

Variația temperaturii apelor provenind din râuri, lacuri sau straturi freatice este relativ mică pe parcursul sezonului rece, existând cursuri de apă a căror temperatură este cuprinsă între $(5...10)^{\circ}\text{C}$ în lunile de iarnă, sau pânze freatice a căror temperatură se menține constantă în jurul valorii de 10°C indiferent de anotimp. Din acestea rezultă că pentru încălzire, nivelul de temperatură trebuie ridicat relativ puțin în comparație cu alte surse de căldură. Pentru clădiri de locuit cu unul sau două apartamente este recomandabil ca apa freatică să nu fie pompată de la adâncimi mai mari de 15 m, deoarece costurile pentru instalația de foraj ar fi mult prea ridicate, iar investiția să se recupereze foarte greu.

Folosirea apei de suprafață sau a apei freatice ca sursă de căldură în cazul pompelor de căldură pentru încălzire sau preparare a apei calde de consum, impune realizarea unor instalații de tip bivalent, în care alături

de pompa de căldură este prevăzută o sursă clasică pentru asigurarea căldurii utile necesare.

În cazul apei freatice, se poate renunța la circuitul de agent termic intermediar, caz în care există două puțuri de foraj (dispuse la o distanță de cel puțin 15m unul de celălalt), având roluri de extracție respectiv reinjectarea apei freatice înapoi în mediul inițial (pânza de apă freatică).

În acest caz, vaporizatorul pompei de căldură este parcurs de apa freatică ce se răcește cu până la 5 K, cedând căldura freonului care vaporizează. Vaporii comprimați în compresor sunt dirijați către un condensator care va ceda căldura înmagazinată în freon agentului de răcire care reprezintă un circuitul de încălzire cu apa al locației respective.

Din necesitatea menținerii eficienței pompei de căldură în limite acceptabile, într-un astfel de sistem, pentru temperatura de încălzire a apei în condensator se recomandă valori de ordinul (40...45) °C, ceea ce conduce în mod firesc la adoptarea unui sistem de încălzire adecvat temperaturilor joase.

Corpurile de încălzire clasice dimensionate pentru a asigura încălzirea cu apă de (75...90) °C la temperatura exterioară de calcul, în sezonul de tranziție cu (+2...+12) °C în mediul ambiant, pot funcționa corespunzător chiar la temperaturi ale apei calde cuprinse între 40 °C și 45 °C. În general, calitatea apei freatice trebuie să corespundă valorilor limită ale principalilor indicatori, diferențiate în funcție de materialele folosite în construcția schimbătoarele de căldură (oțel inoxidabil, titan, etc.).

Firma EcoSystem International propune unitatea completă de pompă de căldură tip FIGHTER 1210 (fig.4.3), având ca sursă de căldură solul, roca sau apa din pânza freatică [2].

Acest model constă dintr-o pompă de căldură, încălzitor de apă, încălzitor imersibil, pompe de circulație și panou de comandă, întregul sistem fiind conectat la circuitele agenților de răcire și încălzire (fig.4.4).

Căldura preluată de la sursa de căldură (rocă, sol, lac) este absorbită printr-un sistem închis al agentului termic intermediar, care e o combinație de apă și antigel.

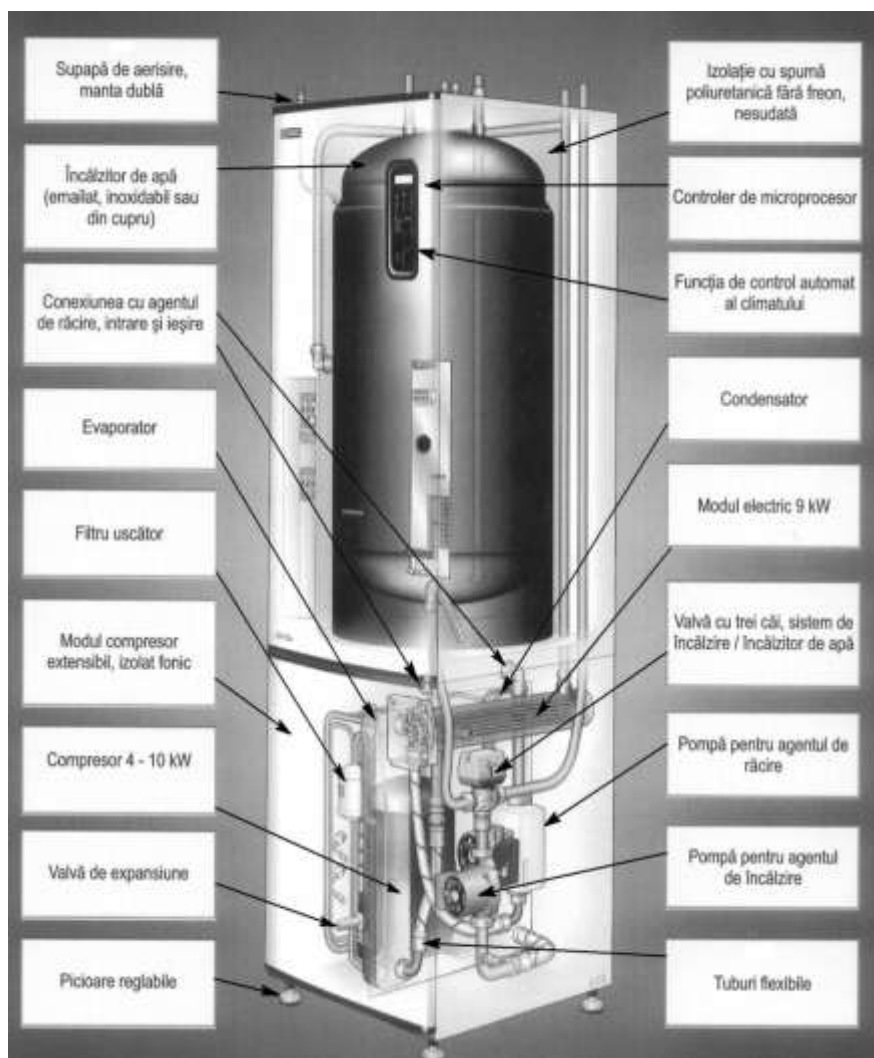
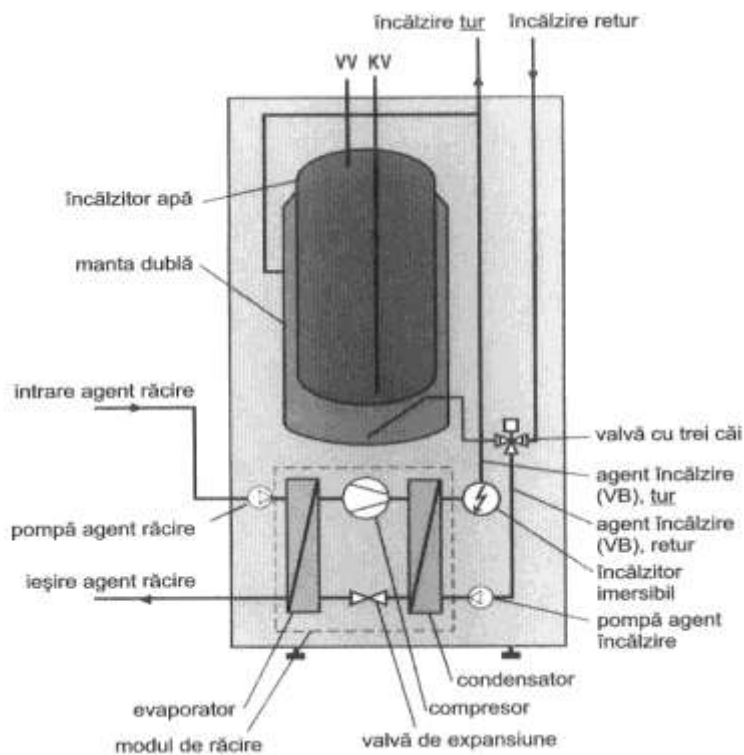


Fig.4.3 - Pompă de căldură tip FIGHTER 1210 [2]

În vaporizatorul pompei de căldură, agentul intermediar transferă căldura înmagazinată agentului frigorific (de obicei freon) care vaporizează, vaporii rezultați fiind apoi comprimați. În urma procesului de comprimare temperatura freonului crește foarte mult, motiv pentru care vaporii sunt dirijați către condensatorul pompei de căldură, unde își cedează energia circuitului de agent termic secundar (în scop de încălzire și preparare apă caldă menajeră).



**Fig.4.4 - Principiul de funcționare
al pompei FIGHTER 1210 [2]**

Există posibilitatea conectării unor accesorii diferite la aceste tipuri de pompe de căldură, în funcție de prioritatea pentru care a fost proiectat sistemul. Astfel, există modelul FIGHTER 1110 care poate face prioritară încălzirea apei calde (fig.4.5) prin intermediul ventilului cu trei căi (VXV). Când boilerul / acumulator (încălzitorul de apă VVB/ACK) este complet încălzit, ventilul cu trei căi trece pe circuitul de încălzire. Pompa de căldură este controlată de senzorii (UG) și (FG). Dacă se include în sistem un încălzitor imersibil (ELK), acesta va porni automat atunci când cererea de energie depășește capacitatea pompei de căldură [2].

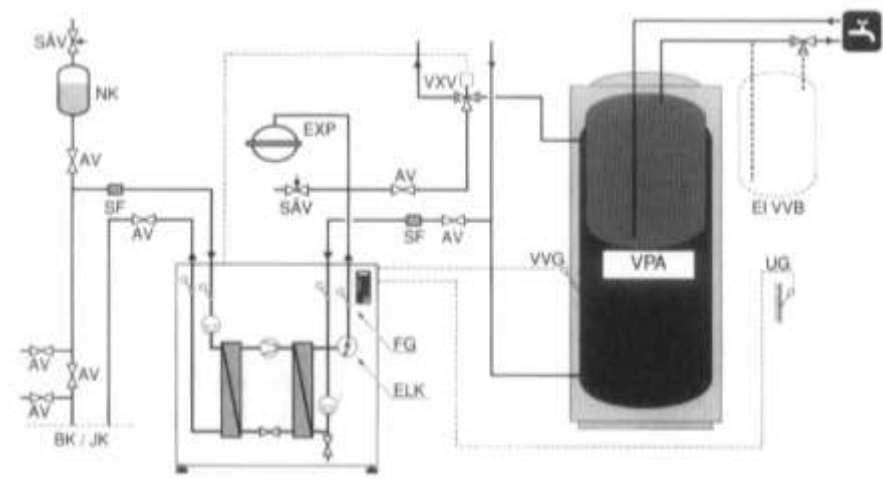


Fig.4.5 - Conectare la încălzitor imersibil [2]

Legendă :

AV - ventil de închidere;	FG - senzor de debit;
BK/JK - colector din rocă / din sol;	VVG - senzor pentru temperatura apei calde;
BV - ventil de verificare;	UG - senzor pentru temp. exterioară;
ELK - element electric;	RTG - senzor pentru temp. încăpere;
El VVB – rezistență elec.;	RG - senzor pentru temp. de retur;
NK - vas de nivel;	VPA - boiler cu serpentină;
SF - filtru de particule;	VXV - ventil cu trei căi;
S TM V - supapă de siguranță;	SV - ventil de combinare motor.
PG - senzor pentru temp. boilerului;	

Același model poate face prioritară încălzirea apei din boiler (VVB) (fig.4.6). Atunci când apa atinge temperatura stabilită, ventilul cu trei căi trece pe producerea de căldură.

Dacă pompa de căldură nu poate menține temperatura corectă a debitului necesar, intră în acțiune o sursă de încălzire suplimentară (cazanul de vârf de sarcină cu funcționare pe motorină, gaz, etc.) iar derivația (SV) începe să deschidă dinspre acesta [2].

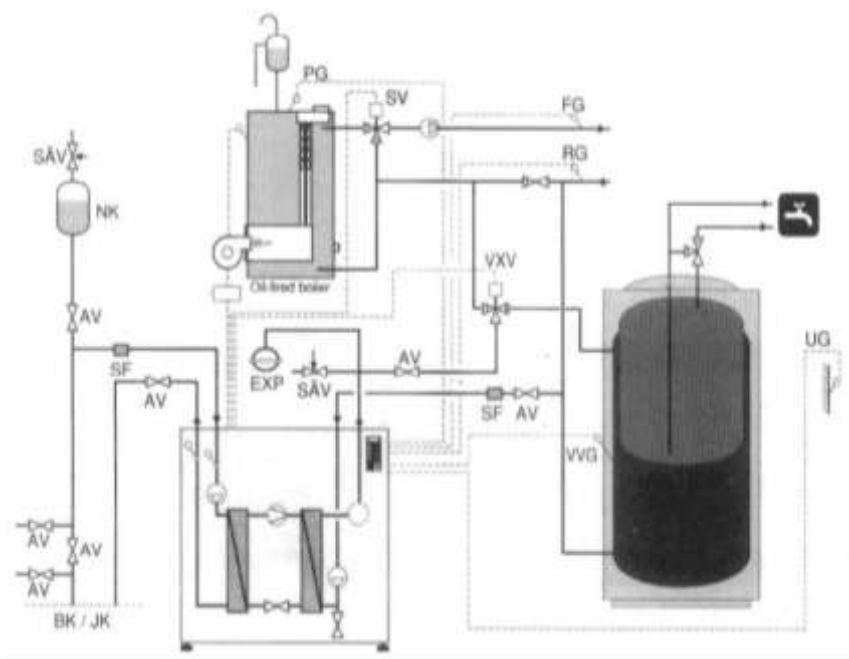


Fig.4.6 - Conectare la cazan

În astfel de scheme, cu cazan de vârf, unii producători folosesc boilere cu două serpentine, una pentru circuitul pompei de căldură, iar cealaltă pentru circuitul cazanului.

Boilerul vertical cu două serpentine pentru preparare apă caldă menajeră, în combinație cu captatori solari și cazane, produs de firma VIESSMANN, se găsește în variante de 300 și 500 litri. Acest boiler este o construcție din oțel cu dublă protecție anticorozivă prin email Ceraprotect și cu anod de magneziu și termoizolație din material spongios poliuretanic acoperită cu tablă tratată cu rășini epoxidice. Cele două serpentine conferă avantajul încălzirii rapide și uniforme a întregului volum de apă.

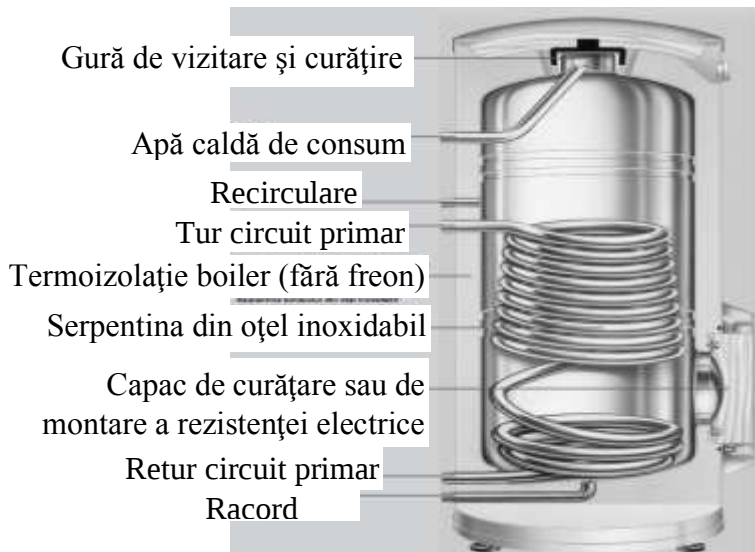


Fig.4.7 – Reprezentare în secțiune a unui boiler [5]

În figura 4.8 este redată schema de racordare a circuitului secundar de alimentare cu apă rece (racordare conform DIN 1988), iar în figura 4.9 este prezentată schema de instalare a boilerului la celelalte circuite de legătură.

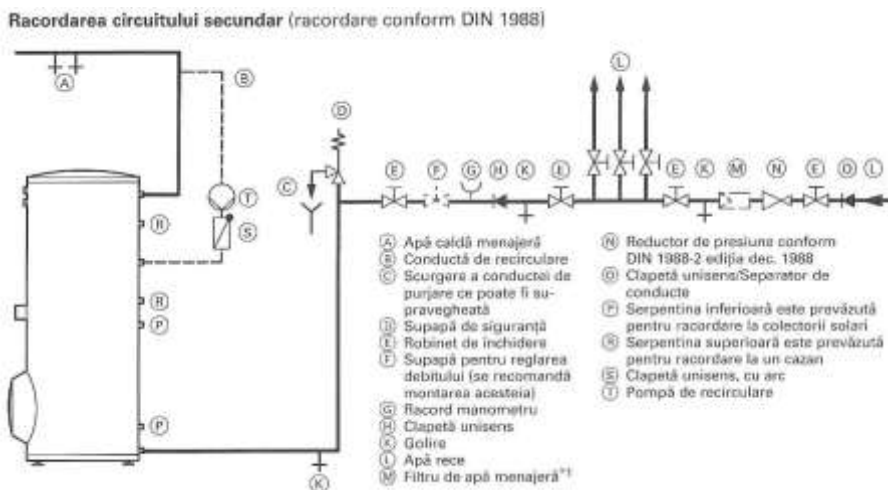


Fig.4.8 Schemă de racordare a circuitului secundar [5]

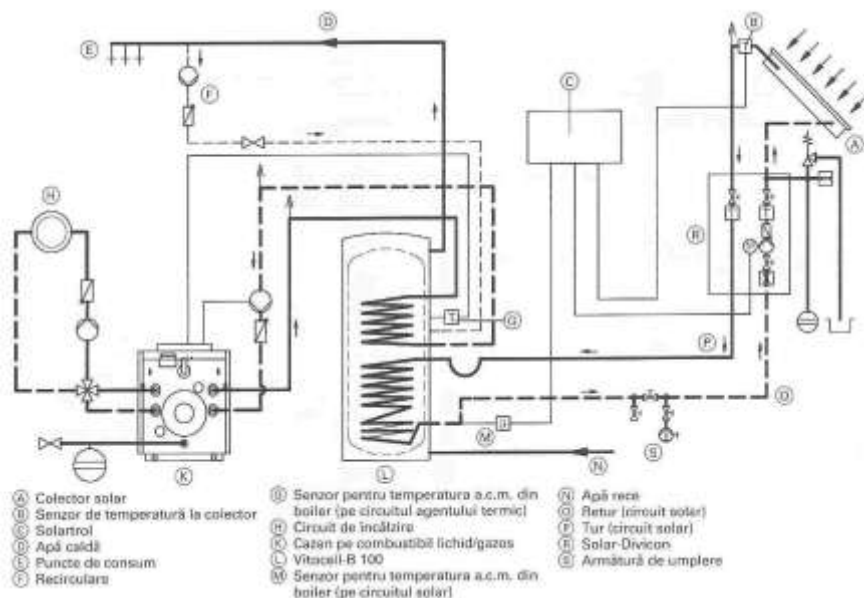


Fig.4.9 - Schemă de instalare a boilerului [5]

O altă variantă de conectare a pompei de căldură face prioritară încălzirea apei calde la jumătate din putere, prin acționarea ventilului cu trei căi (VXV) care leagă modulul B al pompei de căldură (fig.4.10). Când rezervorul încălzitorului de apă / acumulatorului (VVB/ACK) este complet încălzit, ventilul (VXV) trece pe circuitul de încălzire.

Dacă se solicită încălzirea, se pornește prima dată modulul A, iar dacă cererea este mai mare, intră pe funcția de încălzire și modulul B. Cazanul se pornește automat, atunci când cererea de energie depășește sarcina termică totală a pompei, iar derivația (SV) este activată când temperatura din cazan urcă peste 55 °C.

Este posibilă legarea în paralel a mai multor module de pompe, conectate fiecare la cazan și boiler (fig.4.11), pentru cazurile când cererea de putere este mare. Dacă se solicită încălzirea se pornește prima dată modulul A (VP1). Dacă solicitarea crește, se pornește și modulul B (VP2) și așa mai departe. Dacă pompele de căldură nu pot menține temperatura corectă a agentului de încălzire, funcție de temperatura exterioară și cea interioară solicitată, se pornește cazanul.

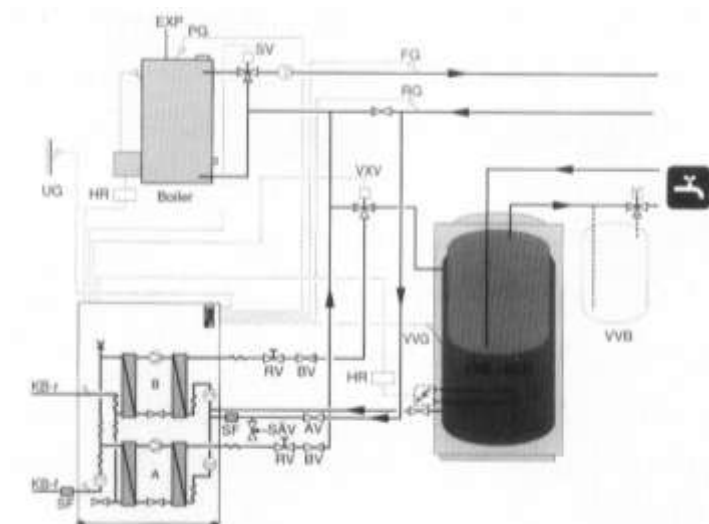


Fig.4.10 - Pompă cu două grupuri de încălzire și cazan [2]

Legendă :

AV - ventil de închidere;
 BV - ventil de sens unic;
 VVB - încălzitor de apă;
 SF - sită filtru;
 S^{TMV} - supapă de siguranță;
 PG - senzor temp. boilerului;
 FG - senzor de debit;
 VVG - senzor de apă caldă;
 UG - senzor temp. exterioară;
 RG - senzor de retur;

HR - releu auxiliar;
 VXV - ventil cu trei căi;
 SV - derivație;
 KB-f - debitul agentului termic secundar;
 KB-r - returul agentului termic secundar;
 RV - ventil de control;
 A - modulul A al pompă de căldură;
 B - modulul B al pompă de căldură;
 EXP - vas de expansiune.
 VVB/ACK – boiler-acumulator de apă.

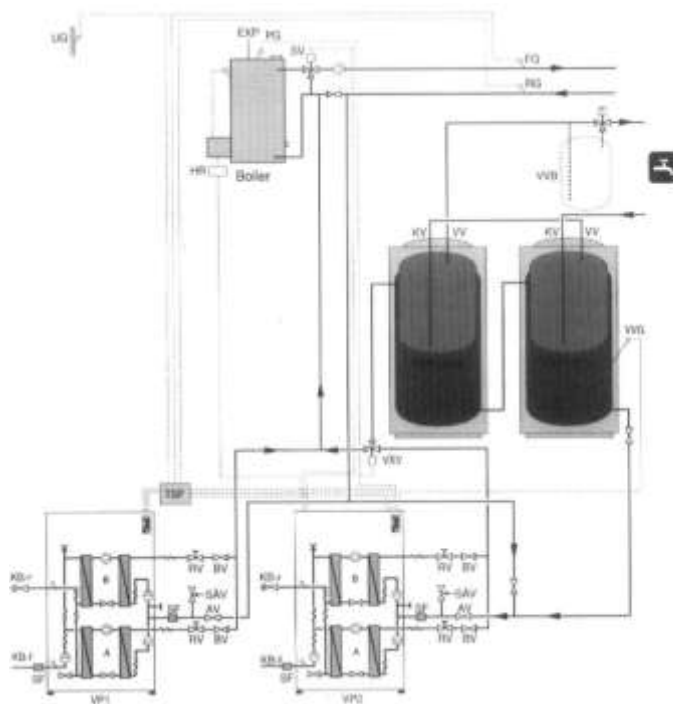


Fig.4.11 - Legarea în paralel a mai multor pompe de căldură [2]

Deviația (SV) rămâne închisă până când cazanul atinge temperatura de 55 °C. Această opțiune de comandă este activată automat dacă este prevăzut senzorul (PG) pe cazan. Senzorul de debit (FG) și cel de retur (RG) trebuie montate pe conducta principală, către radiatoare. Atunci când există cerere pentru apă caldă, se acordă prioritate pompei (VP2).

4.2 Sisteme de încălzire utilizând ape geotermale

Apa geotermală este un agent termic natural cu temperaturi ridicate în tot timpul anului și care incită interesul proiectanților în domeniul sistemelor de încălzire și climatizare. Sistemele geotermale de încălzire și climatizare pun la dispoziție energie la costuri scăzute și un nivel ridicat de confort, pentru că se bazează pe energia termală naturală a Pământului. Aceste sisteme au nevoie de o cantitate scăzută de energie electrică pentru a concentra ceea ce natura ne pune la dispoziție și apoi încălzesc interiorul clădirilor.

Sistemele geotermale se adaptează practic oricărui tip de clădire, mare sau mică. Aplicații tipice ale acestor sisteme sunt locuințe mono sau multifamiliale, hoteluri și moteluri, magazine, centre comerciale, clădiri pentru birouri, spitale, bănci și școli, clădiri administrative și militare.

Un important avantaj este costul minim al întreținerii, iar circuitul geotermal, în parte, se găsește în pământ, la adăpost de condiții climatice nefavorabile.

Problema principală este realizarea unui studiu de fezabilitate și a unui proiect pentru execuția rețelei de distribuție a apei geotermale cu costuri minime. Apa geotermală are o serie de caracteristici de care trebuie să se țină seama la proiectarea sistemelor.

Clasificarea apelor geotermale se poate face după următorii parametri:



după temperatură:

- apă geotermală cu temperatură joasă (sub 40°C) – poate fi folosită ca atare pentru tratament și rareori prin sisteme de încălzire cu ventilo-convectoare, transferul termic fiind făcut printr-un schimbător; dacă temperatura este mai redusă de 25°C , atunci apa geotermală va trebui încălzită pentru tratament;
- apă geotermală cu temperatură medie (între 40° și 90°C);
- apă geotermală cu temperatură ridicată (între 90° și 110°C).

Ultimele două tipuri de ape geotermale pot fi utilizate atât pentru tratament cât și pentru extragerea energiei termice.



după tipul forajului de adâncime:

- extragere prin presiunea naturală din care rezultă:
 - apă geotermală normală,
 - apă cu gaze de sondă (gazele pot fi captate, uscate și folosite ca și combustibil în cazane de vârf);
- extragere prin pompare pentru următoarele cazuri:
 - apa are presiune naturală dar trebuie mărit debitul extras,
 - apa nu are presiune;



după compoziția chimică:

- apă cu activitate chimică redusă (duritate și agresivitate chimică redusă) – în acest caz se utilizează schimbătoare de căldură cu plăci de inox , standard AISI 316, cu garnituri EPDM sau NITRIL (în cazul în care apa conține urme de țigăi). Întreținerea este ușoară și se face la intervale mari de timp. Nu există atac chimic.
- apă dură și neagresivă chimic – are caracteristici asemănătoare cu apa cu conținut chimic redus, cu deosebirea că întreținerea este mai anevoioasă datorită depunerilor de calcar. Se recomandă ca la intrarea în schimbător a apei geotermale să se monteze sisteme „dizolvatoare electromagnetice de calcar”.
- apă moale și agresivă chimic – necesită utilizarea titanului în compoziția plăcilor, se întrețin ușor, nu există depuneri și nici atac chimic, deoarece titanul răspunde foarte bine la acțiunea clorurilor și a sulfurilor (conținute în apele geotermale de la Călimănești-Căciulata, Govora, Herculane), inclusiv a clorurilor de sodiu (apa de tratament specifică zonelor Sovata, Amara, Ocna Sibiu, etc.).
- apă dură și agresivă chimic – necesită plăci de titan și sisteme „dizolvatoare electromagnetice de calcar”, se întrețin relativ greu.

Apa geotermală este o formă de energie neconvențională care trebuie exploatată eficient, în sensul că debitul de apă extras trebuie răcit conform normelor în vigoare (obligatoriu sub 40 °C, recomandabil sub 30°C) și pentru o folosire eficientă aceasta nu trebuie deversată în emisare. În acest scop trebuie făcut un nou foraj de reinjecție a apei geotermale răcite, la o distanță de (1...2) km față de forajul de extracție. Acest lucru este necesar pentru a evita formarea pungilor goale, care după o perioadă pot genera surparea terenului, provocând cutremure de suprafață (foarte periculoase, având în vedere faptul că clădirile din zona respectivă pot fi proiectate cu un coeficient seismic relativ scăzut, dar în conformitate cu reglementările specifice zonei). Pot fi concepute sisteme sau scheme speciale de extragere a energiei termice din apele geotermale,

în funcție de temperatura și debitul sondei de extracție, pentru a obține o eficiență maximă. În acele cazuri în care debitul și temperatura apei geotermale extrasă nu pot acoperi consumurile de vârf de energie termică ale sistemului în discuție, se pot utiliza scheme în care sunt prevăzute cazane de vârf de sarcină care vor intra în funcțiune în momentul în care acest lucru este necesar (câteva zile pe an în care temperatura exterioară scade sub o anumită valoare). În figura 4.12 este reprezentată o schemă standard utilizată pentru răcirea apei geotermale sub 30 °C.

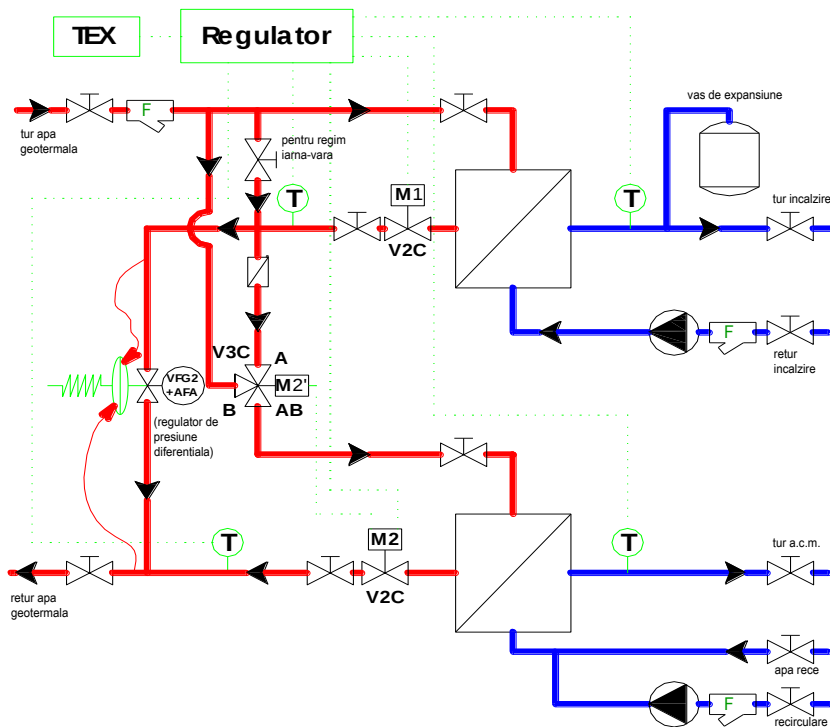


Fig.4.12 - Schema de principiu a instalației de răcire a apei geotermale deversate [6]

Schema de principiu a unui punct termic funcționând cu apă geotermală și agent termic de la un CET este redată în figura 4.13. Este un modul utilizat pentru climatizare, încălzire și preparare apă caldă menajeră. Este o reprezentare a legării în paralel a schimbătoarelor de căldură cu plăci.

În cazul în care nu este suficient debitul de apă geotermală, se vor deschide vanele de agent termic primar V2, V7 și V10 de pe secundar, iar vanele V1 și V8 de pe apă geotermală se închid, la fel ca și V9 de pe secundar încălzire.

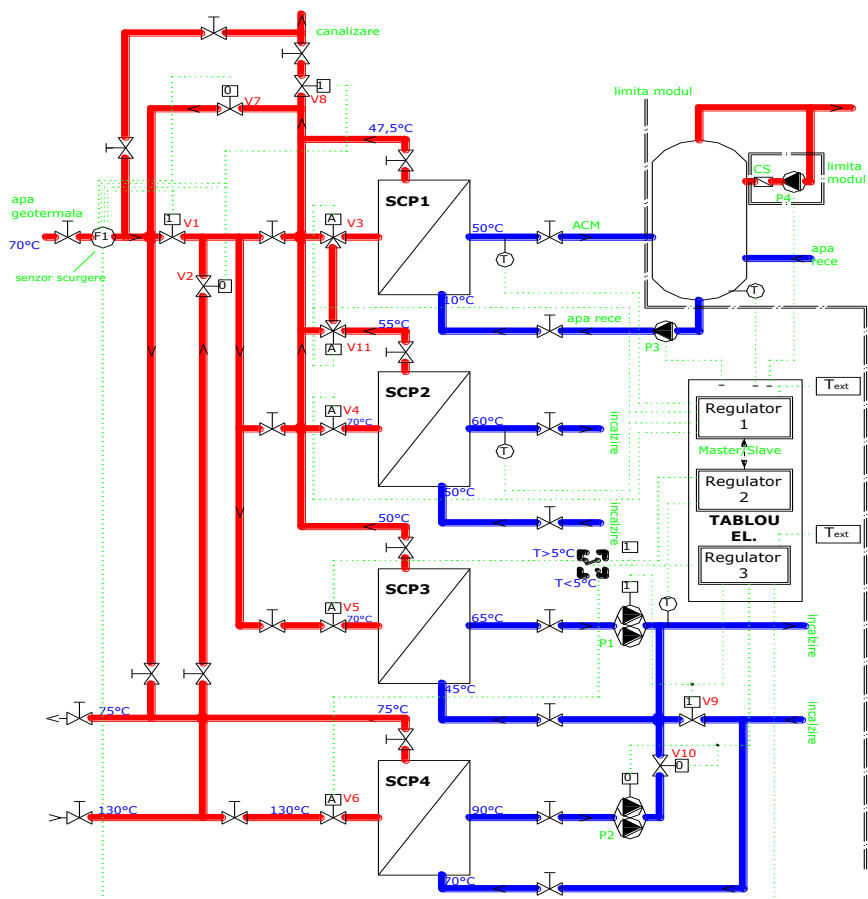


Fig.4.13 - Punct termic cu apă geotermală/agent termic CET și legarea în paralel a schimbătoarelor [6]

Schema de principiu indicată în figura 4.14 oferă posibilitatea legării schimbătoarelor de căldură cu plăci toate în serie, toate în paralel sau orice altă combinație serie / paralel și pot funcționa pe apă geotermală sau agent termic de la CET.

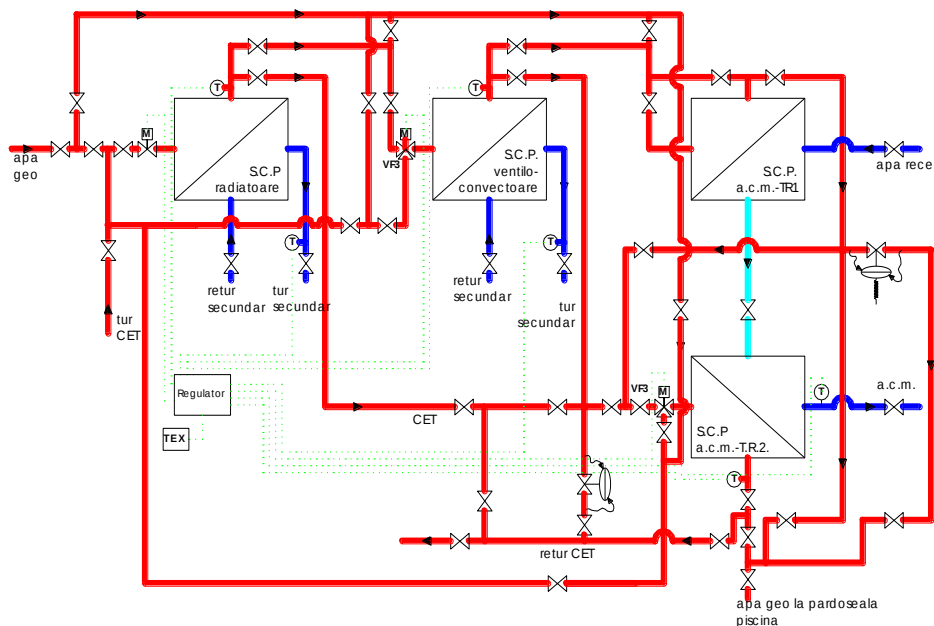


Fig.4.14 - Schema de principiu a instalației cu legarea schimbătoarelor toate în serie sau toate în paralel ori altă combinație serie / paralel [6]

Apa geotermală poate fi utilizată și în instalații cu încălzire multiplă, în care căldura înmagazinată în aceasta este transferată prin intermediul schimbătoarelor de căldură cu plăci apei din circuitul de încălzire a locației, sau pentru prepararea apei calde menajere (fig.4.15).

Din SCP1 apa încălzită va merge spre încălzirea cu corpuri statice, din SCP2 apa caldă este dirijată către sistemul de încălzire prin pardoseală, iar SCP3 va prepara apa caldă menajeră. Apa geotermală răcită va fi deversată în piscină, a cărei temperatură se reglează și prin injecție directă cu vana motorizată M.

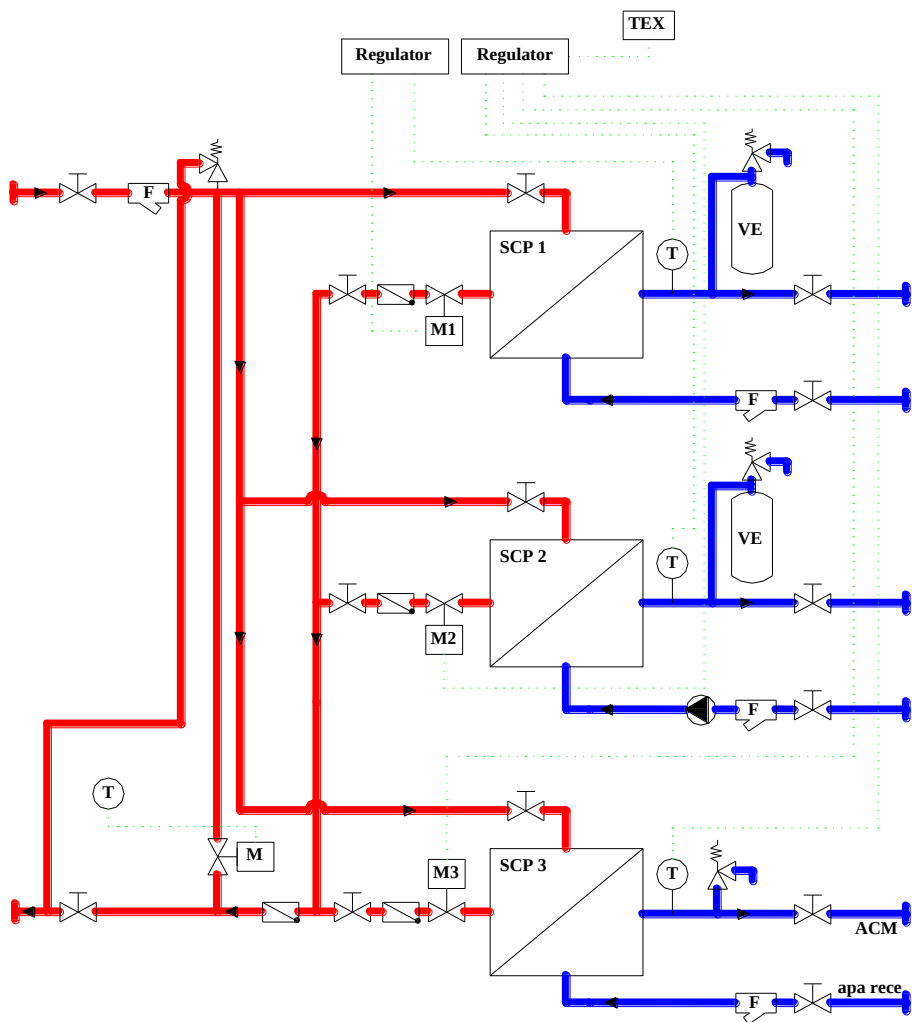
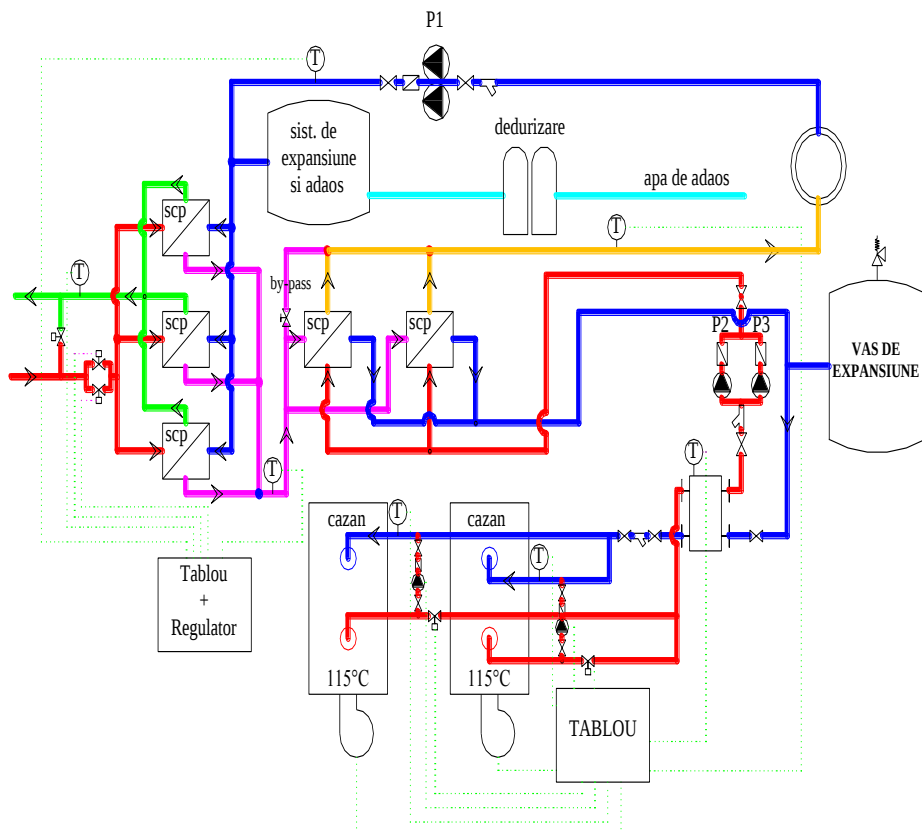


Fig.4.15 - Schema de principiu pentru utilizarea directă a apei geotermale [6]

Instalația a cărei principiu de funcționare este redat în fig.4.16, îndeplinește rol de centrală / punct termic de furnizare a agentului termic primar / intermediar către punctele termice din aval. Pentru situația în care temperatura de tur a agentului termic primar nu e suficientă, vor intra în funcțiune, automat, cazanele. În vederea realizării unei răcirii cât



**Fig.4.16 - Centrală / punct termic cu apă
geotermală și cazane de vârf [6]**

mai bune a apei geotermale, debitul agentului primar va fi variat prin intermediul unei stații de pompare P1, în funcție de mai mulți parametri, printre care temperatura exterioară și temperatura de retur a agentului intermediar.

4.3 Module termice

Un modul termic este un ansamblu de echipamente și instalații prin intermediul cărora se transferă energia termică din rețeaua primară în rețeaua secundară. El cuprinde toate echipamentele necesare satisfacerii scopului de mai sus și în plus este montat compact pe un suport, astfel încât la montarea lui sunt necesare doar câteva racordări la instalația existentă. Acest lucru realizează economie de spațiu pentru amplasare, reduce manopera de montaj și asigură performanțe funcționale superioare prin faptul că verificarea funcționării întregului ansamblu și probele de etanșitate și de funcționare sunt făcute la producător, în condiții de laborator.

În funcție de destinația consumului de căldură, modulele termice se împart în:

- module termice care prepară agent termic secundar pentru încălzire și apă caldă de consum;
- module termice care prepară apă caldă de consum, iar pentru încălzire sunt doar puncte de predare-primire;
- puncte termice numai pentru încălzire sau numai pentru apă caldă de consum.

Agenții termici primari pentru modulele termice sunt:

- apa fierbinte, care are temperatura pe conducta de tur de maxim 150 °C furnizată de rețeaua de termoficare;
- apă caldă, care are temperatura pe conducta de tur de maxim 110 °C furnizată de o centrală termică sau de un punct termic urban.

Agenții termici secundari și parametrii de temperatură ai acestora sunt:

- apă caldă pentru încălzire cu temperatura maximă de 95 °C;
- apă caldă de consum cu temperatura maximă de 60 °C.

Elementele componente ale unui modul sunt următoarele [8]:

- cele standard: schimbătoarele de căldură cu plăci, elementele de automatizare și de reglaj a temperaturii și/sau presiunii, vase de

expansiune, pompe de circulație, elemente de siguranță la suprapresiune, armături de legătură, izolare și de filtrare, termometre, manometre, elemente de susținere (frames);

- cele opționale: recircularea ACM între punctul termic și consumatori, tablou electric, vase de acumulare ACM, contoare, sisteme de adaos automate, contoare de energie termică și de debit, sisteme electro-magnetice anti-calcar, interfețe de monitorizare și telegestiune.

Explicații referitoare la codificările folosite pentru identificare a gamei standard:

- **ACM**: preparare de apă caldă menajeră în regim instantaneu;
- **ACM-(SI)**: preparare de ACM în regim semi-instantaneu;
- **(... I)**: volumul în litri a vasului de acumulare a ACM;
- **INC-D**: încălzire directă (fără schimbător de căldură);
- **INC/P**: încălzire indirectă (cu schimbător de căldură) în paralel cu ACM;
- **INC/S**: încălzire indirectă (cu schimbător de căldură) în serie cu ACM;
- **INC**: încălzire fără preparare de ACM;
- **... kW/ ... kW**: capacitatea termică instalată (în funcție de parametrii de dimensionare stabiliți), în kW, pe circuitul de încălzire și pe cel de ACM;
- **GEO**: folosirea de agent termic apă geo-termală;

În figura 4.17 este prezentată schema de principiu a unui modul de preparare apă caldă menajeră într-un schimbător de căldură, în regim instantaneu (sau semi-instantaneu), cu sarcini termice cuprinse între 20 și 5000 kW. Principalele funcțiuni asigurate de acest modul sunt [8]:

- producerea de ACM în regim direct, ori printr-un vas de acumulare, la temperatură constantă, cu posibilitatea setării unui regim de funcționare zilnic și orar prestabilit;
- în funcție de schema aleasă (cu vană motorizată cu 2 sau 3 căi + pompă), se poate realiza circulația agentului termic de la sursă spre schimbătorul de căldură al ACM.

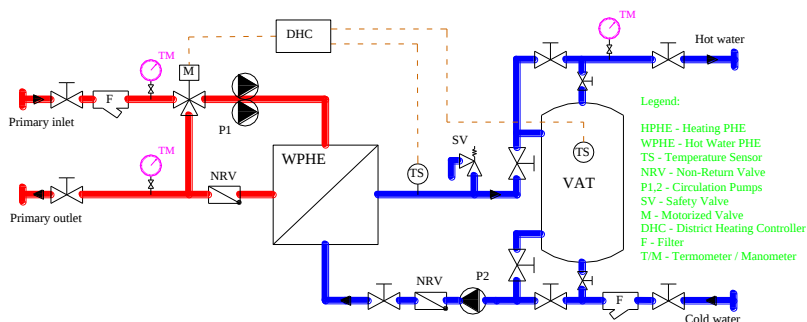


Fig.4.17 – Modul de preparare ACM în regim semi-instantaneu [8]

Un modul din seria "SONDEX INC-D/P-ACM-(SI) ... kW/ ... kW - (... l)" de încălzire directă - fără schimbător de căldură, cu reglaj calitativ al sarcinii termice, în funcție de temperatura exterioară și de preparare de ACM într-un schimbător de căldură, în regim instantaneu (sau semi-instantaneu) în paralel cu încălzirea este prezentat în figura 4.18. Sarcinile termice oferite de această gamă de modul se încadrează între 20 ... 5000 kW pentru încălzire și 20 ... 25000 kW pentru ACM [8].

Principalele funcțiuni asigurate sunt [8]:

- reglajul temperaturii agentului termic de încălzire în funcție de temperatura exterioară și de gradul de pierderi energetice ale clădirilor deservite, cu posibilitatea setării unui regim de funcționare zilnic și orar prestabilit;
- circulația agentului termic de încălzire de la sursă spre consumatori;
- producerea de ACM în regim direct, ori printr-un vas de acumulare, la temperatura constantă, cu posibilitatea setării unui regim de funcționare zilnic și orar prestabilit;
- în funcție de schema aleasă (cu vană motorizată cu 2 sau 3 căi + pompă), se poate realiza circulația agentului termic de la sursă spre schimbătorul de căldură al ACM.

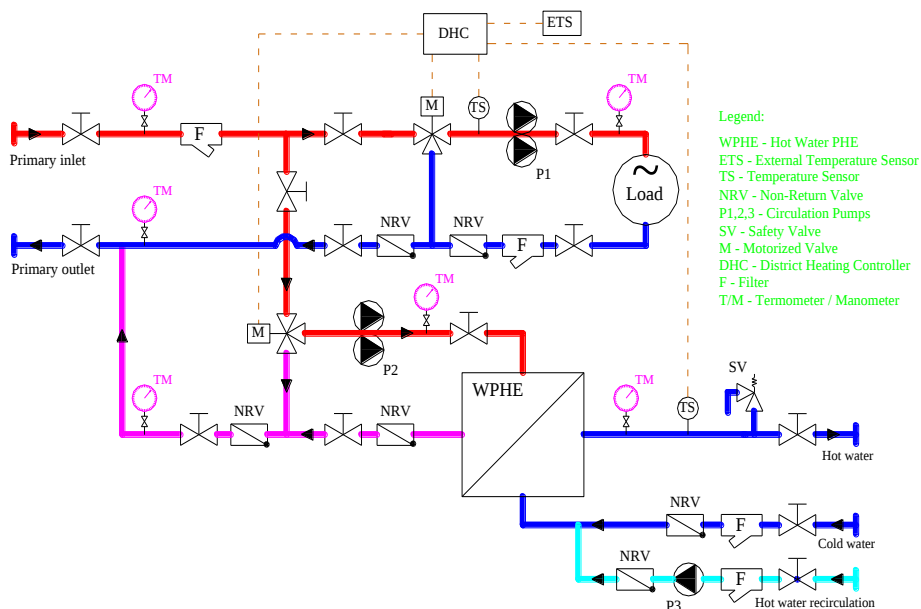


Fig.4.18 - Punct termic de încălzire directă, fără schimbător de căldură și preparare ACM [8]

SR-CS3 reprezintă module seria "**SONDEX INC/P-ACM-(SI) ... kW/ ... kW - (... l)**" (fig.4.19 respectiv 4.20) destinate încălzirii indirecte - cu schimbător de căldură, cu reglaj calitativ al sarcinii termice în funcție de temperatura exterioară și preparării de ACM în schimbător de căldură, în regim instantaneu (sau semi-instantaneu) în paralel cu încălzirea, pentru gama de sarcini termice: 20 ...5000 kW pentru încălzire și 20 ... 25000 kW pentru preparare apă caldă menajeră.

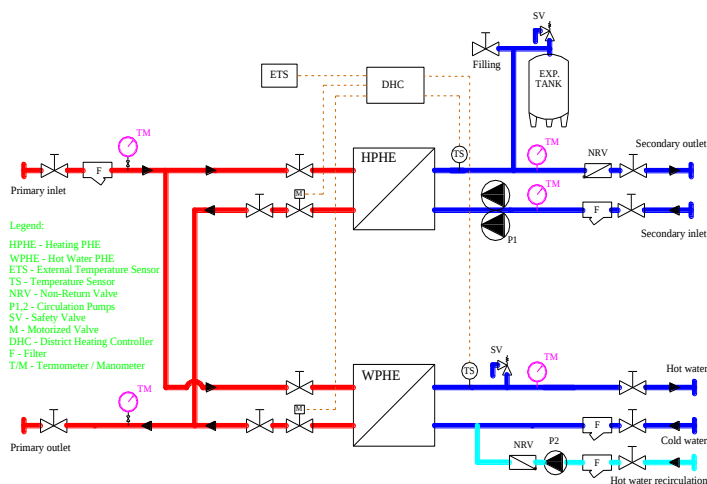


Fig.4.19 - Punct termic de încălzire indirectă cu schimbător de căldură și preparare ACM – schema de principiu [8]

Principalele funcțiuni asigurate:

- reglajul temperaturii agentului termic de încălzire în funcție de temperatura exterioară și de gradul de pierderi energetice ale clădirilor deservite, cu posibilitatea setării unui regim de funcționare zilnic și orar prestabilit;
- circulația agentului termic de încălzire între punctul termic și consumatori;
- expansiunea pe circuitul consumatorului de încălzire;
- producerea de ACM în regim direct, ori printr-un vas de acumulare, la temperatură constantă, cu posibilitatea setării unui regim de funcționare zilnic și orar prestabilit;
- în funcție de schema aleasă (cu vană motorizată cu 2 sau 3 căi + pompă), se poate realiza circulația agentului termic de la sursă spre schimbătoarele de căldură al ACM și al încălzirii.



Fig.4.20 – Modul SR-CS3 tip SONDEX [8]

În continuare vor fi prezentate scheme ale principiului de funcționare pentru diverse combinații de montaj ale schimbătoarelor de căldură cu plăci, dar în toate cazurile utilizând agent termic produs de centrala termică (agent termic primar) și apa de la rețeaua de apă potabilă rece din sistemul de încălzire (agent termic secundar).

Figura 4.21 redă schema de principiu a unui punct termic cu vane cu 3 căi, utilizat pentru încălzire indirectă și preparare de apă menajeră cu legarea schimbătoarelor de căldură aferente instalației în montaj serie / paralel.

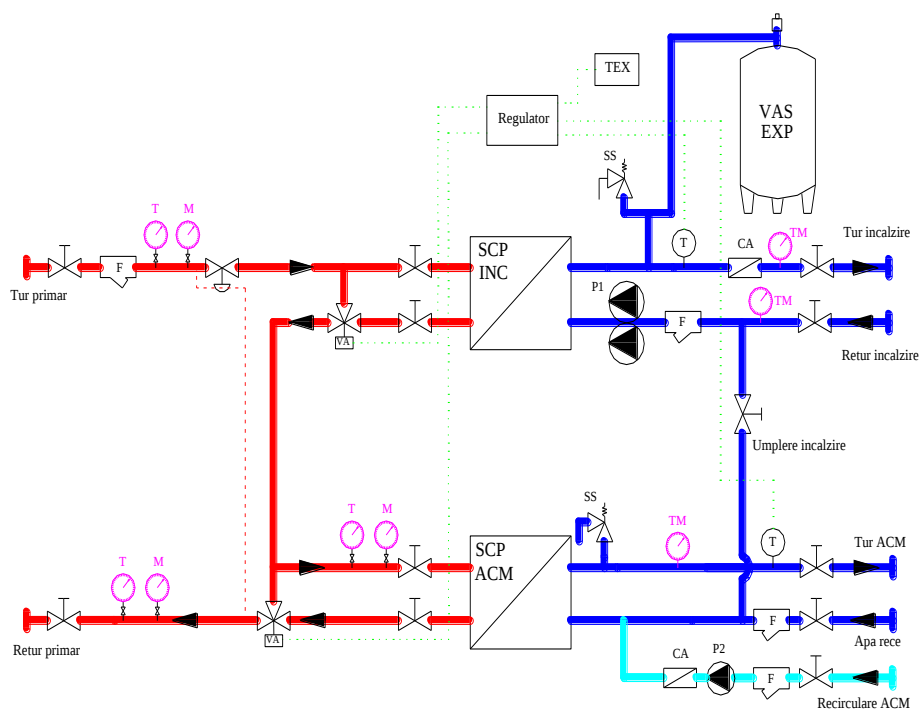


Fig.4.21 - Punct termic cu vane cu 3 căi, cu încălzire indirectă și preparare de apă menajeră cu legarea SCP serie / paralel [6]

Legendă:

SCP înc - Schimbător de căldură încălzire

SCP acm - Schimbător de căldură apă caldă menajeră

TEX - senzor de temperatură exterioră

T - senzor de temperatură de contact / imersie

CA - clapetă antiretur

S - supapă de siguranță

VA - vană de acționare cu trei căi

ECL - regulator

F - filtru

T/M - termometru / manometru

În figura 4.22 este reprezentată schema de principiu a unui punct termic cu vane cu 2 căi, cu încălzire indirectă prin schimbătoare de căldură intermediare și legarea schimbătoarelor în paralel.

Modulul de punct termic pentru încălzire și preparare apă caldă menajeră este o instalație compactă, complet automatizată, dotată opțional cu interfață de comunicație cu sistemul de monitorizare.

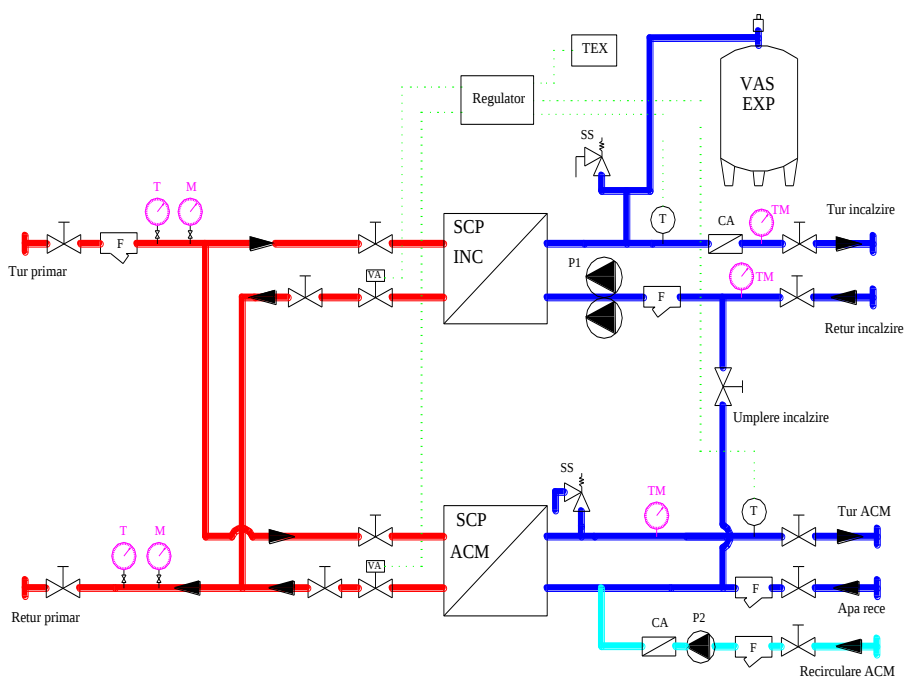


Fig.4.22 - Schema de principiu a unui punct termic cu încălzire indirectă și preparare de apă caldă menajeră și legarea schimbătoarelor în paralel [6]

Acest modul are drept scop producerea de agent termic pentru încălzire, corelat cu evoluția temperaturii exterioare și producerea concomitentă de apă caldă menajeră, în funcție de cerințele consumatorilor, în cele mai bune condiții.

Pentru îndeplinirea acestui scop, modulul utilizează ca sursă agentul din rețeaua de termoficare urbană, iar prepararea apei calde menajere se face din apă potabilă preluată din rețeaua de apă potabilă urbană. Un modul cu funcții similare celui expus anterior, dar de capacitate mai reduse este indicat în figura 4.23.

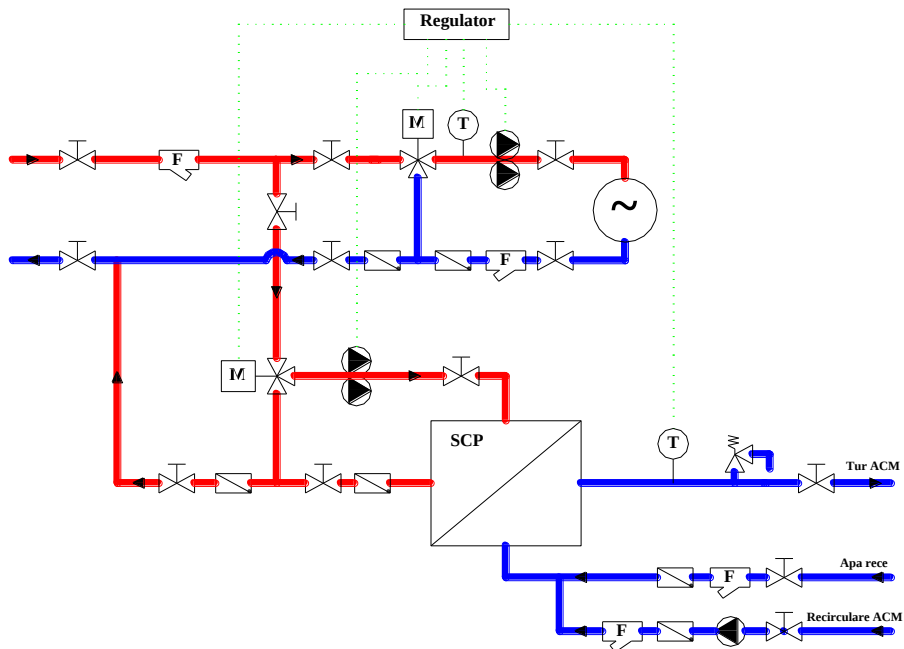


Fig.4.23 - Schema de principiu a unui punct termic cu încălzire directă și preparare apă caldă menajeră [6]

4.4 BIBLIOGRAFIE Cap. 4

- [1] RADCENCO, V. s.a., *Instalații de pompe de căldură*, Editura Tehnică, București, 1985.
- [2] ***EcoSystem International, *Pompe de căldură având ca sursă solul. Încălzire / răcire*
- [3] SARBU, I., *Instalații frigorifice*, Editura Mirton, Timișoara, 1998
- [4] SARBU, I, KALMAR, F. *Optimizarea energetică a clădirilor*, Instalatorul, nr. 7, 2001
- [5] ***VIESSMANN, *Sisteme solare*
- [6] Grieb C. F., *Stadiul actual privind construcția și funcționarea schimbătoarelor de căldură cu plăci*, Referat 1, Univ. Tehnică Cluj-Napoca, 2005
- [7] ***Prospect VIESSMANN, *Colectori solari Vitasol*
- [8] ***Prospect SONDEX România, *Module automatizate de punct termic*

5 CAPITOLUL 5 EFICIENȚA ÎNLOCUIRII SISTEMELOR CLASICE CU SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ CU PLĂCI

5.1 Evoluția pieței

Până la inventarea schimbătoarelor de căldură cu plăci, schimbătoarele tubulare (țeavă în țeavă sau fascicul de țevi în manta) erau singurele aparate disponibile pentru cele mai multe aplicații. Multitudinea tipurilor de schimbătoare cu plăci oferă posibilitatea unor soluții viabile, pentru o gamă largă de aplicații în toate ramurile industriale.

Rămânând dominante în industria alimentară, schimbătoarele de căldură cu plăci și-au crescut segmentul de piață în celelalte industrii, ocupând peste 25 %. Creșterea puternică a segmentului ocupat de ele în ansamblul pieței schimbătoarelor de căldură, demonstrează că tendința este de înlocuire a schimbătoarelor tubulare cu schimbătoare cu plăci (fig.5.1).

Principala cauză a acestui succes este paleta largă de mărimi și caracteristici asociate plăcilor. Aceasta flexibilitate asigură creșterea utilizării schimbătoarelor de căldură cu plăci în mai toate procesele termice.

Domeniile cu utilizare predilectă a schimbătoarelor cu plăci sunt industria alimentară, termoficare, aplicațiile legate de protecția mediului și orice domeniu în care este importantă recuperarea la un nivel ridicat al energiei.

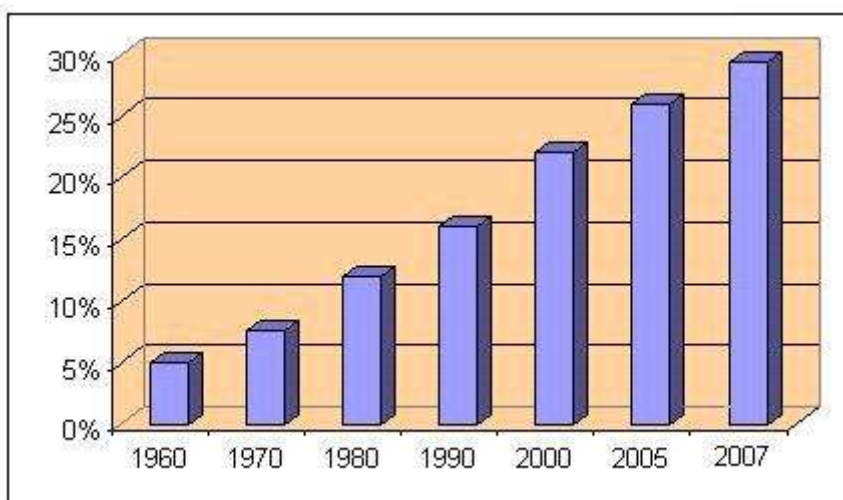


Fig.5.1 - Segmentele de piață ocupate de schimbătoarele de căldură cu plăci

5.2 Analiză comparativă

Domeniile de aplicare ale tehnologiilor pe care le cunoaștem și pe care le întâlnim astăzi pe piața schimbătoarelor de căldură, pot fi caracterizate prin patru variabile principale:

- temperaturile fluidelor cald și rece,
- presiunile de funcționare,
- numărul de funcții care pot fi asigurate, cum ar fi :
vaporizare, condensare, schimbător gaz/gaz, gaz/lichid, lichid/lichid, gaz/solid, încălzire, preîncălzire, recuperare, răcire,
- NUT (numărul de unități de transfer termic), care poate fi considerat ca fiind un indicator al performanțelor termice ale schimbătoarelor.

Schimbătoarele tubulare pot fi utilizate la temperaturi și presiuni ridicate, până la 1000 °C și (100...150) bar și să asigure toată gama de funcții și combinații de faze necesare (gaz/gaz, gaz/lichid, lichid/lichid, vaporizare, condensare) exceptând gaz/solid. Cu toate acestea, performanțele lor sunt limitate, deoarece în medie NUT are o valoare apropiată de 1.

Schimbătoarele de căldură cu plăci și garnituri nu pot fi utilizate în condiții de temperaturi superioare valorii de 200°C și la presiuni mai mari de 25 bar, în schimb, NUT atinge ușor valoarea de 5 unități. În cazuri speciale, de exemplu, la aplicații în domeniul apelor geotermale, NUT poate să atingă și valori de 25 – 30 unități.

Schimbătoarele de căldură cu plăci prezintă însă avantaje care nu se regăsesc la schimbătoarele clasice, cum ar fi: compactitate, flexibilitate, modularitate, întreținere, montare și demontare ușoară, etc.

Schimbătoarele cu plăci sudate constituie un progres remarcabil, deoarece permit atingerea unor temperaturi apropiate de 500°C , pentru presiuni de (40...50) bar, iar în condiții speciale până la 800°C și 100 bar.

Schimbătoarele de căldură cu plăci, prin compactitate, performanțele tehnice înalte și *costuri de investiție și exploatare scăzute*, sunt aparatele ideale pentru rezolvarea problemelor termice într-o gamă largă de aplicații.

Principalul element constructiv al schimbătorului este pachetul de plăci. Numărul de plăci, tipul și forma lor se definesc în funcție de aplicația dorită. La schimbătoare cu plăci și garnituri, fiecare placă este prevăzută cu o garnitură care permite atât reținerea fluidelor în schimbător cât și separarea circuitelor de lucru între ele. Din acest motiv, *suprafața de transfer termic la o valoare mare poate ocupa un volum cu până la 70 % mai mic față de schimbătoarele clasice* (cu fascicul de țevi în manta sau țevă în țevă), conform graficului indicat în figura 5.2.

Pachetul de plăci este montat într-un batiu și strâns astfel încât să se asigure *etanșarea*. Configurația ideală este ca toate racordurile să fie situate pe placa fixă, ceea ce implică un *spațiu de montaj și de întreținere mult mai mic comparativ cu un schimbător tubular de aceeași capacitate*, iar în cazul demontării operația este mult simplificată prin desfacerea schimbătorului la un singur capăt. Pot fi prevăzute racorduri și pe placa mobilă în cazul schimbătoarelor cu mai multe treceri, sau la cererea expresă a beneficiarului.

Caracteristicile termice ale schimbului de căldură și pierderile de presiune ale agenților termici care trec prin spațiul dintre plăci sunt determinate de profilul nervurațiilor de pe plăcile schimbătorului.



Fig.5.2 – Comparație dintre volumele ocupate de diverse tipuri de schimbătoare de căldură

În acest sens, *optimul între mărimea suprafeței de transfer termic și căderea de presiune pe schimbător*, pentru niște cerințe specifice, se obține prin combinarea într-un pachet a unor plăci de diferite modele ale profilului nervurațiilor. Acest obiectiv se realizează *fără consum suplimentar de material și manoperă*, față de cazul nervurării țevelor din schimbătoarele clasice care este foarte costisitor. Exemplificarea diferenței dintre principalii parametri tehnologici realizați de schimbătoarele cu plăci față de schimbătoarele clasice este reprezentată grafic în figura 5.3.

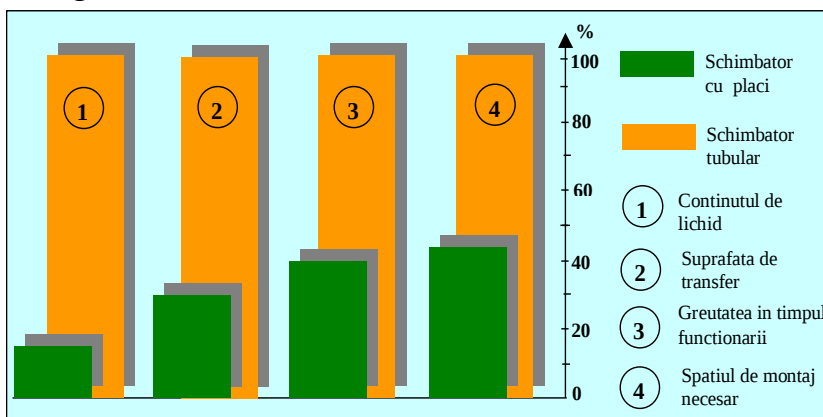


Fig.5.3 - Prezentare comparativă [1]

Principalul material utilizat în compoziția plăcilor, direct implicate în transferul termic și în contact cu agenții de lucru, *este oțelul inoxidabil* de grosimi cuprinse între (0,4...1) mm, care este netoxic, rezistent la coroziune, cu o bună rezistență mecanică, neted și ușor de curățat și care poate fi aliat cu titan, nichel, paladiu și alte metale pentru aplicații speciale. În cazul schimbătoarelor clasice, acest lucru nu se poate realiza pentru fasciculele de țevi, sau devine o soluție deosebit de costisitoare.

Etanșarea prin garnituri, brazarea sau sudarea plăcilor oferă posibilitatea *unei montări simple și eficiente*, lipsită de multitudinea cordoanelor de sudură, a capacelor fasonate și a flanșelor speciale din cazul schimbătoarelor tubulare (fig.5.4).

De asemenea, sistemul de etanșare a schimbătoarelor cu plăci prevede o *dublă etanșare a canalelor de curgere*. Acest sistem elimină orice posibilitate de amestec între agenții termici.

Dacă există cea mai mică scăpare prin garnitura din jurul canalului de curgere prin placă, agentul termic ajunge într-o cameră intermediară, de unde se scurge în exterior, semnalizând începutul unei defecțiuni. Pentru cazuri de importanță deosebită se folosesc plăci duble, sau SONDER SAFE, care elimină complet scurgerile din aparat.



Fig.5.4 - Comparația parametrilor tehnologici și funcționali

Sub garnitură, *canalul de garnitură este ranforsat* pe ambele părți. Profilul acestor canale permite o poziționare exactă a garniturilor și o stabilitate mărită a pachetului de plăci, importantă mai ales la plăcile de dimensiuni mari.

Un element extrem de important este *conținutul redus de lichid*, astfel: spațiul dintre plăci fiind mic, schimbătorul cu plăci conține o cantitate mică din fluidul de proces în comparație cu un schimbător tubular. *Greutatea și gabaritul schimbătorului cu plăci* este considerabil mai mică decât a unui schimbător tubular de aceeași capacitate (fig.5.5).



Fig.5.5 - Comparație gabarit, greutate, conținut de agent termic [2]

Agentul termic parcurge schimbătorul într-un timp foarte scurt și astfel, procesul poate fi oprit rapid sau pot fi schimbați parametrii de lucru, fără a afecta schimbătorul. Pentru că schimbătoarele de căldură cu plăci ating coeficienți de transfer termic ridicați (uneori peste $7000 \text{ W/m}^2\text{K}$), ele au nevoie de *suprafețe de schimb reduse*, lucru care implică *investiții de valoare scăzută*.

Datorită coeficienților de schimb de căldură ridicați și caracteristicilor hidraulice favorabile, schimbătoarele de căldură cu plăci fac posibil, atât din punct de vedere tehnic, cât și economic, realizarea unui *grad de recuperare a energiei termice de 98 % și a unor diferențe de temperatură între agenți de 1°C* .

Din cauza randamentului ridicat, schimbătoarele de căldură cu plăci nu necesită izolație termică, decât la solicitare specială.

Dintre avantajele schimbătoarelor cu plăci care nu se regăsesc la schimbătoarele clasice, este important de reținut *flexibilitatea* acestora, care permite schimbarea cu ușurință a condițiilor de funcționare ale procesului. În acest scop, componența pachetului de plăci poate fi ușor modificată prin scoaterea / adăugarea de plăci sau rearanjarea acestora.

Schimbătoarele de căldură cu plăci oferă posibilitatea automatizării și verificării permanente a parametrilor funcționali, fără ca acest lucru să afecteze gabaritul instalației (fig.5.6).

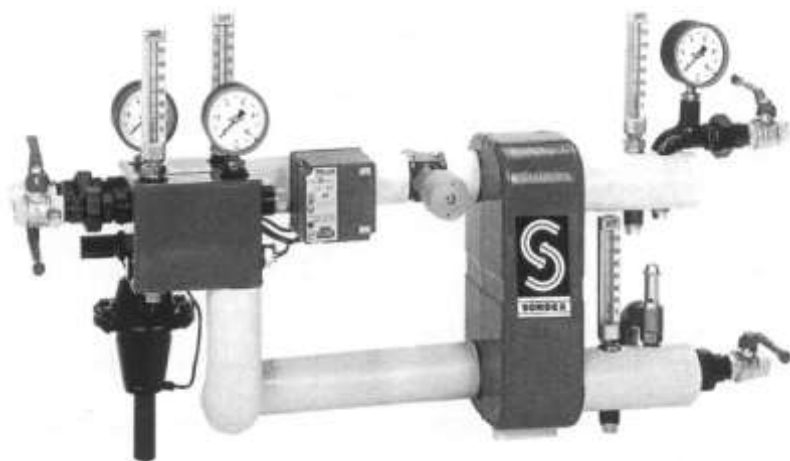


Fig.5.6 - Includerea automatizării în imediata apropiere a schimbătorului [3]

Este posibil ca încă de la dimensionarea inițială a schimbătorului să se prevadă modificarea ulterioară a condițiilor de funcționare. De asemenea, este posibil să se prevadă mai multe secțiuni în același batiu, astfel încât să se realizeze un proces continuu, de exemplu: pasteurizatoarele de lapte conțin 4-5 secțiuni în același batiu și anume două pentru procese de răcire, unul sau două pentru preîncălzire (recuperare – cu ieșire la separatorul de smântână) și unul pentru pasteurizare.

Depunerile de pe suprafețele de transfer ale schimbătoarelor cu plăci sunt extrem de mici. Acestea rezultă dintr-o bună distribuție a agentului termic pe suprafața plăcii, o rugozitate scăzută a suprafeței și un profil constant al vitezei agentului în secțiunea de trecere. Turbulența ridicată a curgerii conduce la un efect de autocurățare care previne fenomenul depunerilor mecanice.

Schimbătoarelor cu plăci sunt ușor de întreținut și curățat, fără demontare, prin sistemul de “spălare pe loc” prin inversarea sensului de circulație a agentului sau prin adăugarea unor soluții de spălare. Controlul suprafețelor plăcilor, înlocuirea garniturilor sau curățarea mecanică a depunerilor se face deosebit de ușor prin demontarea pachetului de plăci deșurubând tiranții, sau scoaterea flanșei de capăt în cazul schimbătoarelor sudate.

Utilizate în sistemele de încălzire și condiționare, în industria alimentară și a băuturilor, industria chimică și farmaceutică, industria navală, în instalații industriale și de procesare, industria frigorifică, industria aeronautică etc., schimbătoarelor de căldură cu plăci răspund necesarului de presiuni înalte și temperaturi ridicate, durată de viață mare, în condiții de lucru cu medii deosebit de corozive, respectând protecția mediului prin desfășurarea proceselor termice în circuite închise.

Echipe de cercetători din întreaga lume, calificate și implicate în conceperea, proiectarea și fabricarea schimbătoarelor de căldură cu plăci, a vaporizatoarelor și a sistemelor termice, rezolvă toate problemele de schimb de căldură pentru o gamă largă de aplicații, bazându-se pe cele mai performante și automatizate tehnici de fabricație și cercetare / proiectare computerizată.

O problemă foarte importantă o reprezintă cercetarea în vederea obținerii de noi tipuri de plăci sau familii de plăci performante, care să se poată folosi într-un domeniu larg, dar mai ales pentru posibilitatea folosirii energiilor neconvenționale (în deosebi energia apelor geotermale).

Ținând cont de evoluția prețurilor purtătorilor de energie termică primară (după previziunile specialiștilor, barilul de țiței poate să ajungă la

peste 100 \$ în următorii 5 – 7 ani), în viitor se va da o importanță deosebită folosirii cât mai eficiente a energiilor neconvenționale.

În țara noastră sunt foarte multe zone (de exemplu Crișana) cu potențial sporit de energie geotermală, dar care nu sunt deloc sau prea puțin exploatare.

În viitor, va deține o importanță deosebită conceperea de sisteme complexe de folosire a energiei apelor geotermale din zonele cu potențial sporit. Aceste sisteme vor avea la bază schimbătoarele de căldură cu plăci și garnituri, în scopul extragerii unei cantități cât mai mari de energie termică geotermală, astfel încât apa geotermală să fie reinjectată (de preferință) sau deversată în emisar, având temperaturi controlate, de maximum (30 ... 35)⁰C. Altfel spus, apa geotermală evacuată din sistem trebuie să fie răcită cât mai mult (un ecart de temperatură cât mai mare), folosind un debit cât se poate de mic.

Acest deziderat se poate obține, în condiții optime, în schimbătoare de căldură cu plăci având mai multe treceri, sau în utilaje special concepute pentru astfel de aplicații, cu o singură trecere, dar având plăci cu înălțime mare. Având în vedere faptul că apele geotermale pot avea depuneri importante, pentru a reduce numărul demontărilor într-o perioadă de timp obișnuită (de obicei 1 an), se recomandă ca aceste plăci să aibă și variante cu adâncime de ambutisare specială. Până în prezent astfel de plăci nu au fost concepute pe plan național, de aceea consider că se impun cercetări în acest domeniu.

5.3 BIBLIOGRAFIE Cap. 5

- [1] API Schmidt-Bretten, *Sigma plattenwarme-ubertrager*
- [2] VAHTERUS – *Applications & Arguments*, Energy Nr. 1, 2004
- [3] ***SONDEX – *Lumea schimbătoarelor de căldură*