



(12) PATENT

(19) NO

(11) 333597

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

E21B 36/00 (2006.01)

F28D 1/047 (2006.01)

F28D 1/02 (2006.01)

### Patentstyret

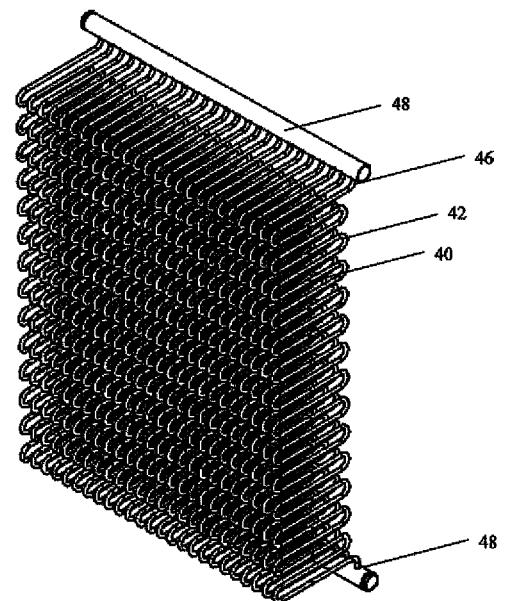
---

(21)	Søknadsnr	20092684	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2009.07.15	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2009.07.15	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2011.01.17		
(45)	Meddelt	2013.07.15		
(73)	Innehaver	FMC Kongsberg Subsea AS, Postboks 1012, 3601 KONGSBERG, Norge		
(72)	Oppfinner	Tine Bauck Dahl, Gimleveien 23, 1358 JAR, Norge Brian Gyles, Østre Jansrud 39A, 1383 ASKER, Norge Magnus Huse, Aspegt. 1, 6005 ÅLESUND, Norge		
(74)	Fullmektig	Onsagers AS, Postboks 1813 Vika, 0123 OSLO, Norge		

---

(54)	Benevnelse	<b>Undervannskjøler</b>
(56)	Anførte publikasjoner	WO 2008/147219 A2 - US 4573911 A
(57)	Sammendrag	

Den foreliggende oppfinnelse angår en undersjøisk kjølingsenhet omfattende et første samlerør, et andre samlerør som har sin lengdeakse hovedsakelig parallelt med og i en avstand fra det første samlerøret, og anordnet mellom det første og det andre samlerøret, i det minste ett sett med kjølecoiler; hvor det i det minste ene settet er formet slik at coilene i det ene settet er anordnet i ett plan.



Den foreliggende oppfinnelse angår en undersjøisk kjølingsenhet. Kjølere er selvsagt generelt vel kjente innen forskjellige tekniske områder, f.eks. som radiatorer i biler eller kjøleskapssystemer. Et eksempel på en representativ kjøler er vist i GB 2 145 806, hvilken viser en stabling av serpentincoiler benyttet i en kjøler for kjøleskap. Et annet eksempel av et kjølesystem er beskrevet i WO 2009/046566, 5 hvilken viser en kjølingsenhet som er sammenstilt av flere svinger og rette stykker av rustfritt stål. Det er også kjent undersjøiske kjølere, et eksempel er WO2008/004885, hvilken beskriver en lettvekts undervannskjølingssammenstilling.

Det er vel kjent at kompressorenes funksjon er delvis avhengig av temperaturen til mediet som skal komprimeres, og det er også vist at kjøling av mediet øker 10 effektiviteten av kompressoren. I et undersjøisk miljø er det spesielt viktig, siden dette ligger fjernt unna og er vanskelig tilgjengelig, hvilket gjør at man, for en undersjøisk installasjon har spesielt behov for effektiv kjøling siden dette medfører innsparinger i kompressoren. I tillegg til dette så har man at fjerntliggenheten 15 skaper sine egne utfordringer i forhold til stabilitet og feilfri kjøring. Imidlertid, kjøling av hydrokarbonstrømmer kan danne andre problemer, siden vann normalt er en bestanddel i brønnstrømmen, og kjølingen muliggjør at vannet separeres ut som fritt vann, hvor dette kan føre til hydratdannelser. Det er derfor viktig at en undersjøisk kjølingsenhet er vel tilpasset til den spesielle bruken av mengden og 20 sammensetningen av mediet som skal kjøles.

Det er derfor et behov for en kjøler som enkelt kan sammenstilles og tilpasses for den spesifikke undersjøiske bruken, for å oppnå den nødvendige kjølingen.

En kjølingsenhet som definert i de vedføyde krav tilveiebringer en løsning på dette behovet.

25 I henhold til oppfinnelsen er det tilveiebrakt en undersjøisk kjølingsenhet omfattende et første samlerør, et andre samlerør som har sin lengdeakse hovedsakelig parallelt med, og i en avstand fra det første samlerøret, og anordnet mellom det første og andre samlerøret, i det minste ett sett med kjølecoils; hvor det i det minste ene settet er formet slik at coilene er anordnet i ett plan. Det første 30 samlerøret er tilpasset for kommunikasjon med i det minste én hydrokarbonbrønn, og danner et felles innløp før den undersjøiske kjølingsenheten. Det andre samlerøret er tilpasset for kommunikasjon med en strømningslinje, og danner et felles utløp for den undersjøiske kjølingsenheten. Hvert sett av kjølecoils er individuelt forbundet til begge samlerørene.

35 Disse samlerørene er som sagt tilpasset til å forbindes til undersjøisk prosessutstyr, og danner et innløp og utløp for den undersjøiske kjølingsenheten. Kjølingsenheten kan benyttes for å kjøle et medium med f.eks. sjøvann. Mediet som skal kjøles kan derved føres gjennom samlerørene og coilene, slik at det kjøles med sjøvann på utsiden av rørene.

Lengden av strømningsveien i et sett av kjølecoiler kan enkelt tilpasses. Antallet av sett av kjølecoiler kan også enkelt tilpasses. Dette gir en kjølingsenhet som enkelt kan tilpasses for den spesifikke bruken, og den ønskede kjøleeffekten som er nødvendig ved det spesielle stedet. Ved å ha coilene forløpene i ett plan, kan flere sett enkelt stables ved siden av hverandre. Ved det kan man enkelt tilpasse kjøleeffekten ved å tilføre eller redusere antallet sett anordnet mellom og i direkte kommunikasjon med begge samlerørene, og man kan samtidig muligens også justere lengden av samlerørene for å tilpasse dem det nødvendige antallet av sett med kjølecoiler. Kjøleeffekten av kjøleenheten kan muligens også endres under livstiden for kjøleenheten, ved å ha samlerørene konfigurert slik at de kan motta ytterligere sett av kjølecoiler under livet av kjøleenheten.

I henhold til et annet aspekt har samlerørene lengdeakser som er anordnet hovedsakelig parallelt, og et plan hvori coilene av ett sett er anordnet, kan være anordnet transversalt til lengdeaksen av samlerørene. Om lengdeaksen av ett samlerør danner en X-akse i et koordinatsystem, er lengdeaksen av de to samlerørene anordnet i et plan med både X- og Y-aksen, og en Z-akse transvers til dette X/Y-planet, slik at man danner et koordinatsystem. Planet av kjølecoilene kan dermed være anordnet parallelt med Z-aksen og Y-aksen, og transvers til X-aksen. Alternativt kan planet av kjølecoilene være anordnet med en vinkling i forhold til X- og Y-aksen, og parallelt til Z-aksen. Alternativt kan planet til kjølecoilene være anordnet vinklet i forhold til Z-aksen og X-aksen, og parallelt til Y-aksen. Alternativt kan kjølecoilene være anordnet vinklet i forhold til alle de tre aksene.

I henhold til et annet aspekt kan kjøleenheten omfatte flere sett forbundet til samlerørene, hvor settene kan være anordnet med deres hovedplan for coilene i parallell.

Rørene som benyttes for kjølecoilene har en nominell diameter  $D$ . Terminologien "nominell diameter" er velkjent for de som er fagpersoner innen området, og et eksempel på en slik nominell diameter er gitt i ANSI B.36.19-standarden. I henhold til et annet aspekt kan rørene som danner coilene av ett sett ha en nominell diameter  $D$ , hvor  $D$  kan være fra 1-2 inches (2,54 cm til 5,08 cm), fortrinnsvis 1,5 inches (3,81 cm).

I henhold til et ytterligere aspekt av oppfinnelsen kan det i det minste ene settet med kjølecoiler danne en serpentinkonfigurasjon, og kan omfatte i det minste tre rette rør, og i det minste to 180 graders svinger, hvor de rette rørene og svingene er anordnet slik at de danner en kontinuerlig coil, som danner en innvendig strømningsvei og to forbindelsesenheter, én ved hver ende av strømningsveien for forbindelse av settet med kjølecoiler med samlerørene. De rette rørene og svingene er fortrinnsvis prefabrikkerte standard enheter. Sammensetningen av de rette rørene og svingene vil deretter forme en serpentinstømningsvei. Ved å sammenstille et antall av disse, kan man tilpasse settet med kjølecoiler til den lengde som er

nødvendig for den spesifikke bruken, hvilket gir en stor fleksibilitet i forhold til kjøleenheten. Standardiseringen av elementene som danner kjøleenheten gjør den også kostnadseffektiv og enkelt tilpasningsbar.

5 I et ytterligere aspekt kan settet være formet med rørdiameter  $D$ , svingene med en radius  $R$ , og en avstand  $S$  mellom hvert av de rette rørene, som har en lengde  $L$ , hvor  $R$  kan være mellom  $3,1D$  og  $1,9D$ .

I et ytterligere aspekt kan settet være formet med rør med diameter  $D$ , svingene med en radius  $R$ , og en avstand  $S$  mellom hvert av de rette rørene som har en lengde  $L$ , hvor  $S$  kan være mellom  $3,0D$  og  $4,0D$ .

10 I et ytterligere aspekt kan settet være formet med rør med diameter  $D$ , svingene med en radius  $R$ , og en avstand  $S$  mellom hvert av de rette rørene som har en lengde  $L$ , hvor  $L$  fordelaktig er mellom  $20D$  og  $35D$ , fortrinnsvis  $30D$ .

I henhold til et ytterligere aspekt kan kjøleenheten omfatte flere sett, hvor avstanden mellom de rette rørene i naboliggende sett kan være mellom  $3,0D$  og  $4,0D$ , hvor  $D$  er diameteren til rørene.

15

Det kan også være en kjølingsenhet som har noen eller alle av de ovenfor nevnte aspekter.

Det beskrives også en fremgangsmåte for fremstilling av en undersjøisk kjøler, omfattende trinnene å tilveiebringe et antall av identiske rette rør og svinger, sammenstille de rette rørene og svingene i en serpentinkonfigurasjon, og danne dem i ett plan, og forbinde en konnektor ved hver ende av sammenstillingen, forberede andre identiske sammenstillinger, og forbinde hver sammenstilling til første og andre samlerør, resulterende i en modulær kjøleenhet. I henhold til ett aspekt kan rørene sveises sammen. I henhold til et annet aspekt kan sammenstillingen dannet med i det minste tre rette rør, og i det minste to  $180$  graders svinger.

20

25

Oppfinnelsen vil nå forklares med ikke-begrensede eksempler med referanse til de vedføyde tegningene, hvor:

Fig. 1 viser en standard gasskompresjonslayout,

Fig. 2 viser ett sett av kjølecoiler,

30 Fig. 2b viser en detalj av fig. 2,

Fig. 3 er en sideskisse av en kjølingsenhet i henhold til oppfinnelsen,

Fig. 4 er en elevert skisse av enheten på fig. 3,

Fig. 5a-5d er prinsipielle skisser av orienteringen av kjølecoilene relativt i forhold til samlerørene,

35 Fig. 6a-6c og fig. 7 er forskjellige utførelser av sett med kjølecoiler.

Det er først referert til fig. 1, som viser en standard undersjøisk gasskompresjonslayout. En strømningslinje 10 som fører brønnhydrokarbonene fra én eller flere brønner (ikke vist) passerer gjennom kjøleren 12 inn i en skrubber 14. I skrubberen separeres væsker (dvs. vann og olje) ut fra gassen og væsken passerer gjennom linjen 16, og er trykksatt ved en pumpe 18. Gassen passerer gjennom linjen 20 til en gasskompressor 22. Gass og væske er igjen samlet inn i en eksport strømningslinje 24 til en mottakende fasilitet, hvilken kan befinne seg topside på en plattform eller på land. En anti-surge sløyfe 26 er anvendt for å resirkulere gass tilbake inn i separatorene. I anti-surge sløyfen er det tilveiebrakt en spesiell ventil (en anti-surge ventil) 28, og en andre kjøler 30. Den andre kjøleren er anordnet for å kjøle ned gass som har blitt oppvarmet når den har vært gjennom kompressoren.

Kjøleren som vist på fig. 3 omfatter et antall av identiske standardmoduler eller sagt med andre ord, et sett av kjølecoiler 400 som vil bli sammenstilt som vist, slik at de danner en kjølingssammenstilling. En kjølemodul eller sett 400 er vist på fig. 2. Kjølemodulen er i form av en coil som omfatter et antall av rette rør 40, forbundet med alternerende 180 graders svinger 42 og 44. Rørene 40 og svingene 42, 44 ligger alle innenfor det samme planet i den viste utførelsen. Ved hver ende av strømningsveien som er dannet av de rette rørene 40 og svingene 42, 44, er det forbundet konnektorer 46, 48 for fluidkobling med et samlerør 50, 52 (fig. 3). Rørene 40, svingene 42, 44 og konnektorene 46, 48 danner en innvendig strømningsvei gjennom settet eller kjølemodulen 400.

Fluid fra strømningslinjen 10 forløper inn i samlerøret 48 og strømmer gjennom rør 40 til det andre samlerør 46. Samlerørene er benyttet for å distribuere fluid jevnt mellom hver modul. Det modulære designet muliggjør en sammenstilling av et antall av identiske moduler i henhold til strømnings- og kjølingskravene. Som man ser på fig. 3, er hver kjølemodul sammenstilt med samlerørene for å danne kjølingssammenstillingen.

Kjølemodulene har rør anordnet i et plan, hvor både de rette rørene og svingene alle har akser som faller innenfor det samme planet. Dette gjør det enkelt å stable modulene i parallell som vist på fig. 3. Dette resulterer i effektiv stabling med maksimal kjøleeffekt.

Rørene har en diameter  $D$ , fortrinnsvis mellom 1 og 2 inches (2,5-5 cm). I en foretrukket utførelse har rørene en nominell diameter på 1,5 inch tabell 40 (ANSI B36,19) hvilke vil gi dem en ytre diameter på 48,3 mm. Lengden av hver rette seksjon er  $L$ , som f.eks. kan være 1 meter. Svingene har en radius  $R$ . Avstanden mellom de rette rørene som målt fra aksene, er  $S$ .

Vi har funnet at man mest effektivt kan oppnå kjøling når  $R$  er mindre enn  $3,1D$ , men større enn  $1,9D$ , og  $S$  er mindre enn  $4,0D$ , men større enn  $3,0D$ . Avstanden mellom hver modul (som målt mellom planene) kan fortrinnsvis være den samme avstanden  $S$ .

På fig. 5a-5d er det vist forskjellige konfigurasjoner av orienteringen av settene av kjølecoiler eller moduler i forhold til samlerørene. På fig. 5a er et plan av settene av kjølecoiler, som indikert med P1-P4, anordnet transversalt til en lengdeakse Mx av samlerøret. Denne lengdeaksen av samlerøret Mx, danner en X-akse i et imaginært koordinatsystem. Samlerørene har begge en lengdeakse hvilken vil være i det imaginære XY-planet, og en Z-akse vil være transvers til dette XY-planet. Planet av kjølecoilene på fig. 5a er derfor parallelt til både Z-aksen og Y-aksen. På fig. 5b er planet av kjølecoilene reorientert sammenlignet med fig. 5a. Planene P1-P3 av kjølecoilene er parallelt til Z-aksen, men danner en vinkel i forhold til både X- og Y-aksene. Planet er derved vinklet i én retning. På fig. 5c er planene P1-P3 igjen reorientert, for å være vinklet i én retning, men dreid i sammenligning med fig. 5b. På fig. 5c er planene parallelle med Y-aksen, og vinklet i forhold til X-aksen og Z-aksen. På fig. 5d er det vist enda en ytterligere konfigurasjon hvor planene P1-P2 er gitt både en vinkling som vist på fig. 5b og 5c, og derved også vinklet i forhold til alle tre aksene.

På fig. 6a-6b er det vist forskjellige utførelser av et kjølecoilsett. På fig. 6a er settet dannet med ni svinger og ti rette rør. På fig. 6b er det tjue rette rør, og på fig. 6c er det trettifire rette rør. På fig. 7 er det vist en utførelse med et kjølesett, hvor lengden av de tjueåtte rette rørene er lengre enn i utførelsene vist på fig. 6. Det er bare vist kjølesett med et partall av rette rør, men det kan også være et oddetall om samlerørene er anordnet forflyttet og ikke på én side av kjølecoilsettene. Dette viser at kjølecoilsettene kan tilpasses til den spesifikke bruken, ved å tilpasse lengden av kjølecoilene. Når det er sagt at kjølecoilsettene omfatter svinger og rette rør, så kan en enhet for sammenstilling av et kjølecoilsett i henhold til oppfinnelsen også alternativt være en enhet i form av en sving, og i tillegg en annen enhet i form av et rett rør, være en enhet omfattende en sving og i det minste en del av et rett rør. En mulig utførelse av denne løsningen er å ha alle enhetene like, hvor hver enhet er formet av en sving og et rett rør, eller hvor hver enhet er formet av en sving og deler av to rette rør. En slik konfigurasjon vil mulig føre til et mindre antall forbindelsespunkter sammenlignet med systemet som sammenstilles fra separate svinger og rette rør, som forklart tidligere. Dette vil igjen f.eks. bety at man trenger mindre sveising for å sammenstille kjølingsenheten.

Designet gir et antall av fordeler som ikke kan sees i tidligere kjent teknikk. For det første kan antallet av svinger og rette enheter tilpasses til det rommet som er tilgjengelig, f.eks. høyden. For det andre kan modulene stables sammen i en ramme for å gi det kompakte designet. Den endelige størrelsen vil bli bestemt ved strømningsraten og kjølingseffekten. Designet resulterer også i en enklere og mer effektiv måte å produsere sammenstillingen på og muliggjør en optimalt katodisk produksjonsanordning ettersom elementene som danner den undersjøiske kjøleren er standard enhetselementer, hvor katodebeskyttelsen også kan standardiseres.

En spesiell fordel med oppfinnelsen er at siden alle deler (hjørner og rette deler) er standardisert, kan delene produseres i store mengder, og deretter sammenstilles, dvs. sveises sammen i den konfigurasjonen som er mest passende for de fysiske karakteristika av brønnstrømmene og den ønskede kjøleeffekten. Dette gir et

5 sluttresultat som er mer effektivt og derfor en billigere produksjon av kjøleren.

Oppfinnelsen er nå forklart med én utførelse. En fagperson vil forstå at det kan gjøres endringer og modifikasjoner til den beskrevne utførelsen, som er innenfor rammen av oppfinnelsen som definert i de vedføyde krav.

## PATENTKRAV

1. Undersjøisk kjølingsenhet omfattende et første samlerør (48) tilpasset for kommunikasjon med i det minste én hydrokarbonbrønn, og som danner et felles innløp, et andre samlerør (48) tilpasset for kommunikasjon med en strømningslinje  
5 (10) som danner et felles utløp, som har sin lengdeakse hovedsakelig parallell med og i en avstand fra det første samlerøret (48),  
karakterisert ved at det mellom det første og andre samlerøret (48), er anordnet et flertall sett av kjølecoiler (400); hvor hvert sett (400) er formet slik at coilene i ett sett (400) er anordnet i ett plan, og hvert sett er individuelt forbundet til  
10 samlerørene (48).
2. Undersjøisk kjølingsenhet i henhold til krav 1,  
karakterisert ved at planet av coilene (400) i det i det minste ene settet (400), er anordnet transversalt til lengdeaksen av samlerørene (48).
3. Undersjøisk kjølingsenhet i henhold til et av de foregående krav,  
15 karakterisert ved at den omfatter flere coilsett (400) anordnet med planet av coilsettene (400) hovedsakelig parallelt.
4. Undersjøisk kjølingsenhet i henhold til et av de foregående krav,  
karakterisert ved at et sett med kjølecoiler (400) omfatter i det minste tre rette rør (40) og i det minste to 180 graders svinger (42, 44), og to konnektorer (46),  
20 for forbindelse av settene (400) til samlerørene (48).
5. Undersjøisk kjølingsenhet i henhold til krav 4,  
karakterisert ved at rørene har en diameter  $D$ , de rette rørene (40) har en lengde  $L$ , og svingene (42, 44) har en radius  $R$ .
6. Undersjøisk kjølingsenhet i henhold til krav 5,  
25 karakterisert ved at  $D$  er i området 1-2 inches (2,54 cm til 5,08 cm), fortrinnsvis 1,5 inches (3,81 cm).
7. Undersjøisk kjølingsenhet i henhold til krav 5 eller 6,  
karakterisert ved at  $R$  er mellom  $3,1D$  og  $1,9D$ .
8. Undersjøisk kjølingsenhet i henhold til et av kravene 5-7,  
30 karakterisert ved at  $L$  er mellom  $20D$  og  $35D$ , fortrinnsvis  $30D$ .
9. Undersjøisk kjølingsenhet i henhold til et av kravene 5-8, hvor de rette rørene (40) befinner seg i en avstand  $S$  fra hverandre,  
karakterisert ved at  $S$  er mellom  $3,0D$  og  $4,0D$ .
10. Undersjøisk kjølingsenhet i henhold til et av kravene 5-9,  
35 karakterisert ved at avstanden mellom planene som danner nabosett (400) er mellom  $3,0D$  og  $4,0D$ .



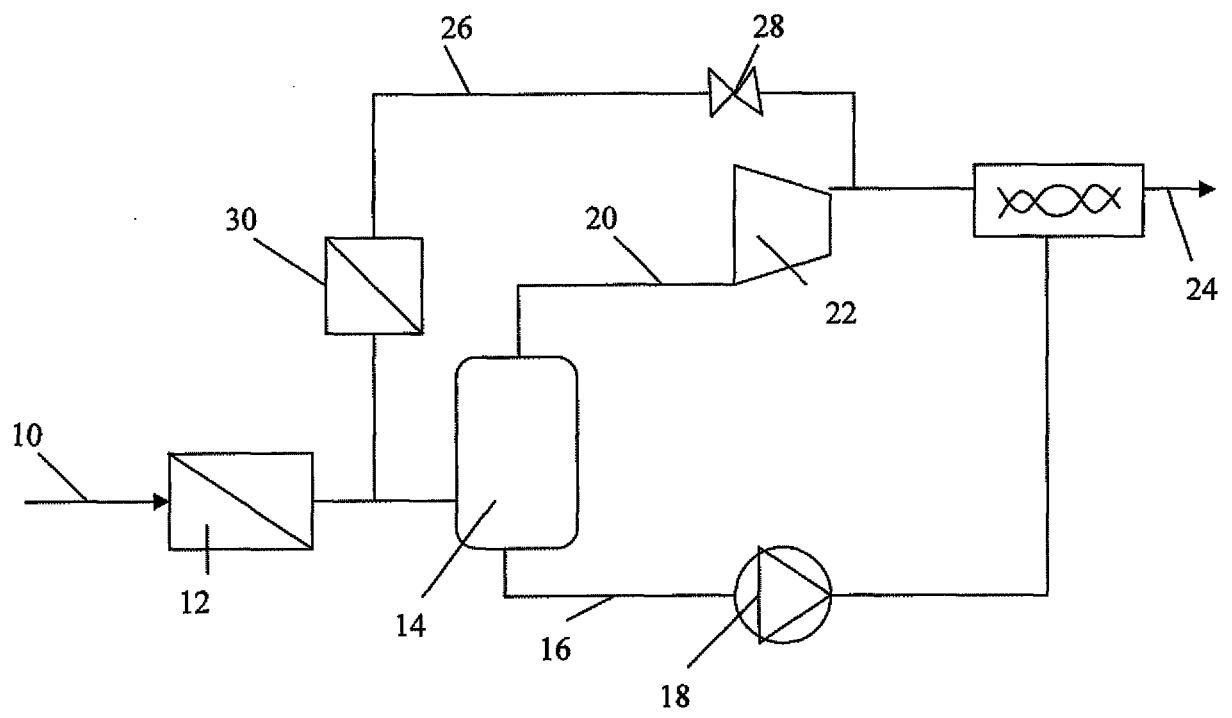


Fig. 1

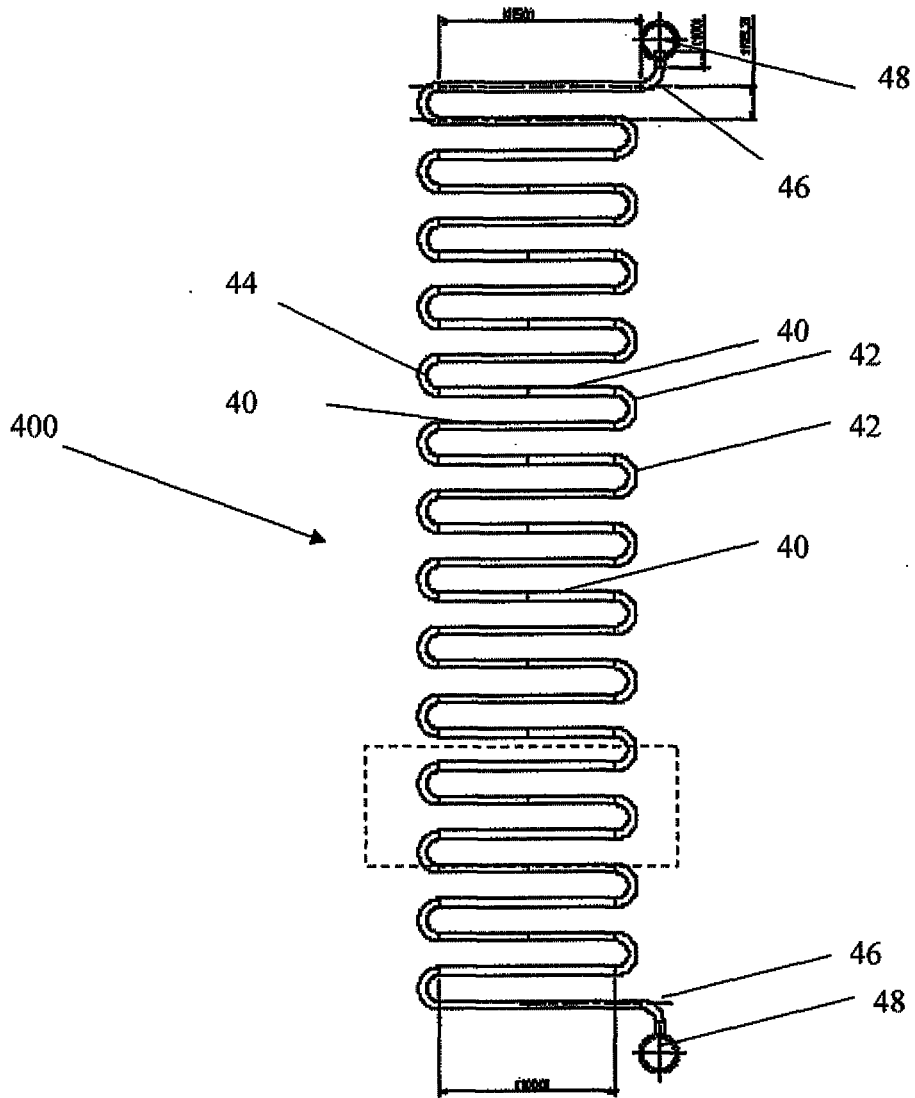


Fig. 2

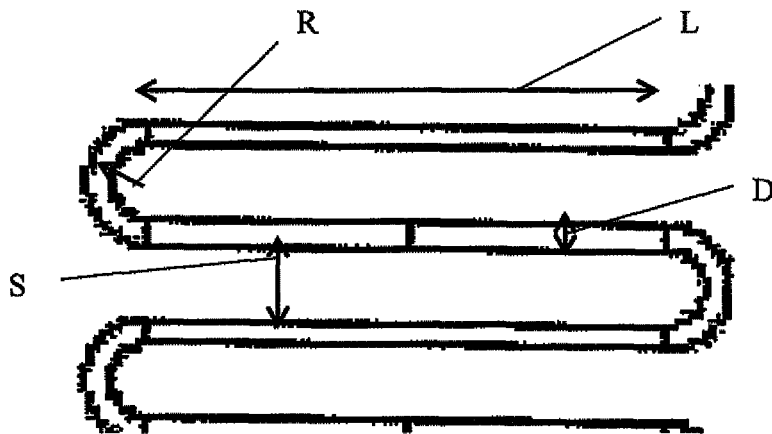


Fig. 2b

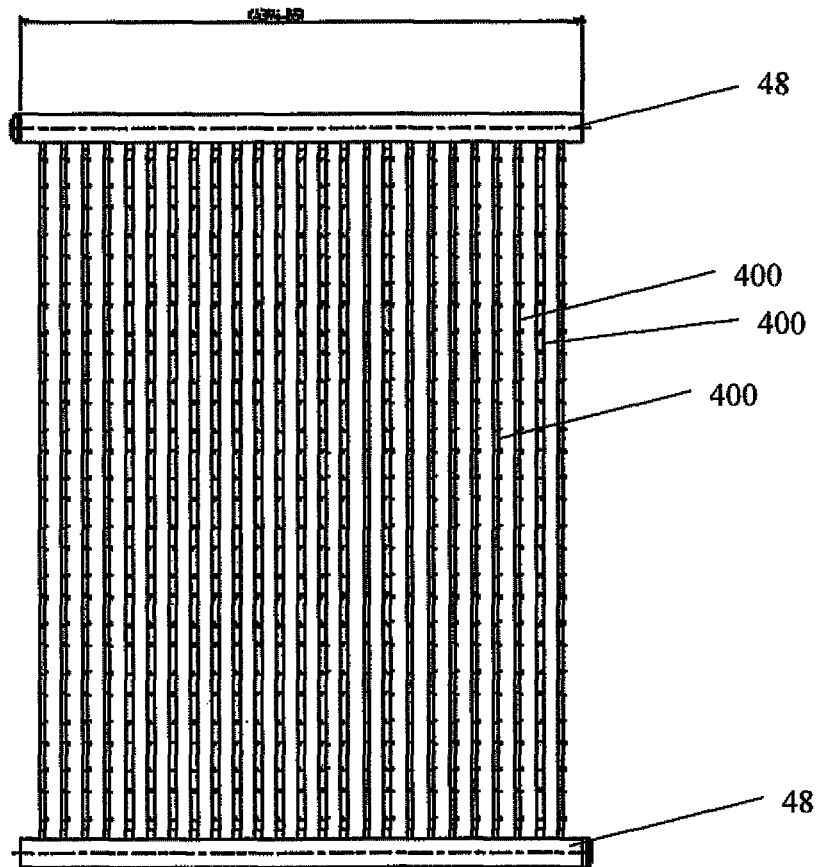


Fig. 3

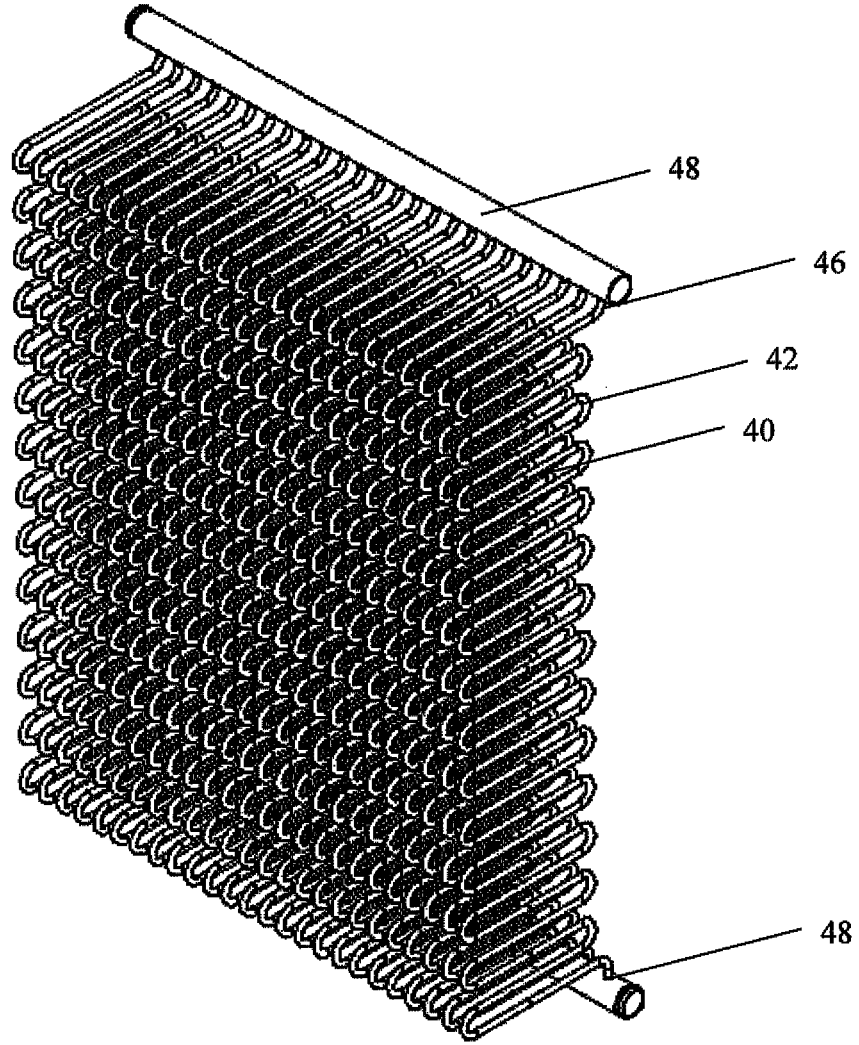


Fig. 4

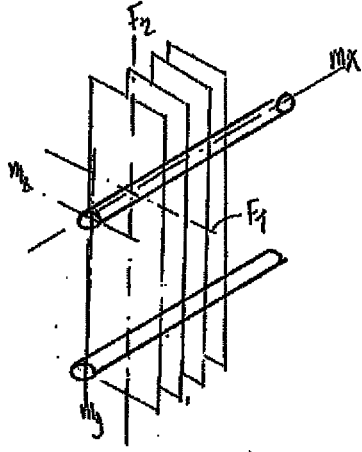


Fig. 5a

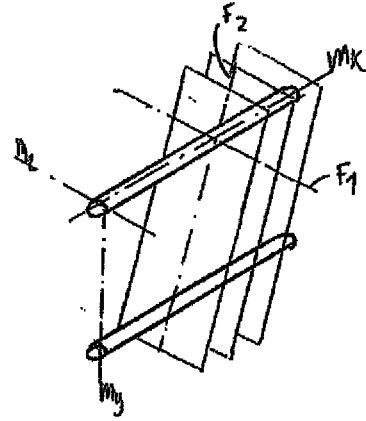


Fig. 5b

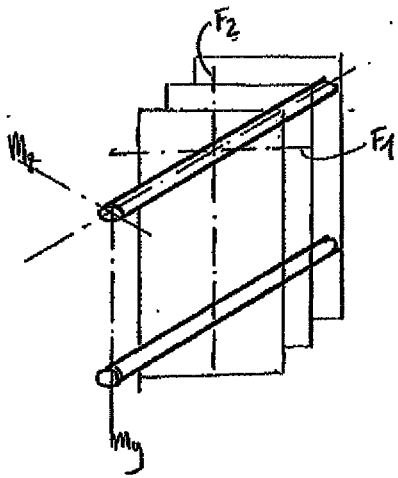


Fig. 5c

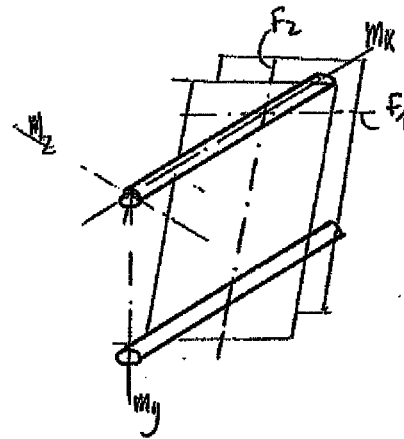


fig. 5d

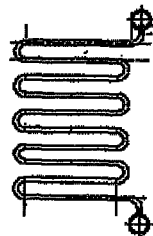


Fig 6a

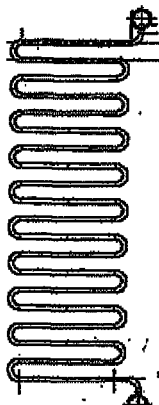


Fig 6b

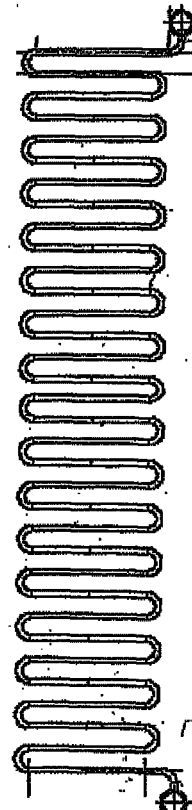


Fig 6c

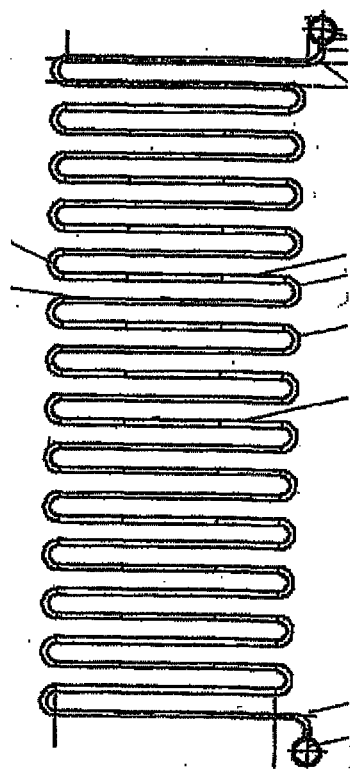


Fig. 7