



**SUOMI—FINLAND**

**(FI)**

**Patentti- ja rekisterihallitus**  
**Patent- och registerstyrelsen**

**[B] (11) KUULUTUSJULKAISU**  
**UTLÄGGNINGSSKRIFT 66071**

**C** Patentti lausuttu 10.03.1984

**(45)** Patent meddelat

**(51)** Kv.fk.<sup>3</sup>/Int.Cl.<sup>3</sup> F 17 C 3/00, B 63 B 25/16

|                                                                                                 |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>(21)</b> Patentihakemus — Patentansöknin                                                     | 770762   |
| <b>(22)</b> Hakemispäivä — Ansökningsdag                                                        | 09.03.77 |
| <b>(23)</b> Aikupäivä — Giltighetsdag                                                           | 09.03.77 |
| <b>(41)</b> Tulut julkiseksi — Blivit offentlig                                                 | 10.09.77 |
| <b>(44)</b> Nähtävölkäpänön ja kuuljulkaköön pvm. —<br>Ansökan utlagd och utskriften publicerad | 30.04.84 |
| <b>(32)(33)(31)</b> Pyydetty etuolkäus — Begärd prioritet                                       | 09.03.76 |
| 17.01.77 USA(US) 665285, 759910                                                                 |          |

**(71)** MacDonnell Douglas Corporation, 3855 Lakewood Boulevard, Long Beach, California, USA(US)

**(72)** Thomas E. McCown, Huntington Beach, California, USA(US)

**(74)** Oy Kolster Ab

**(54)** Säiliö kryogeenisille, nesteytettyille kaasuille -  
Behållare för kryptiska kondenserade gaser

Nyt esiteltävä keksintö koskee säiliötä kryogeenisille nesteytettyille kaasuille, joka säiliö käsittää säiliön seinän, ainakin yhden kuitulujitteisen muovivahtoeristyskerroksen, joka on sijoitettu säiliön seinän viereen ja matalia lämpötiloja sie-tävän metallivuorauksen, joka on kosketuksessa mainitun ainakin yhden vahtoeristyskerroksen sisäpinaan.

Säiliö tai säiliöälus, joka on tarkoitettu kryogeenisen nesteen varastointiin ja/tai kuljettamiseen, on suunniteltava kestämaan erittäin alhaisia lämpötiloja. Yleensä tämän tyyppisissä aluksissa on tukevarakenteinen ulkoseinä, sen sisäpintaan jär-jestetty lämpöeristyskerros ja sisäpinnassa tämän lisäksi sisäkal-vo eli -levy. Usein käytetään useita epämetallieristyskerroksia, esim. muovivahtoeristystä ja yhtä tai useampaa kalvoa eli levyä, nimenomaan sisävuorausta tai -kalvoa, esimerkiksi nikkeliteräs-vuorausta, joka on yhteydessä ao. kryogeeniseen nesteeseen, sekä

yhtä tai useampaa lisävuorausta vaahtoeristyskerrosten välissä. Pää- eli primäärivuoraus, joka on tavallisesti tehty ohuesta, alhaista lämpötilaa kestävästä materiaalista, esim. nikkelteräksestä, liittyy viereisen lämpöeristyskerroksen pintaan ja siirtää alhaisessa lämpötilassa olevien nestekaasujen kohdistaman sisäisen paineen lämpöeristyskerrosten läpi ulompaan säiliöön eli säiliöaluksen runkoon.

Lisäksi on huomattava, että säiliön ja sen eristysjärjestelmän on pystyttävä kestämaan sekä kylmän nesteen että tasaantumisolmiöiden synnyttämät lämpörasitukset jäähtymis- ja lämpiämisvaiheiden aikana, jotka taas syntyvät nesteiden kuormaamisesta ja purkamisesta, sekä lisäksi myös laivan rungon tai säiliön uppouman työvaiheen aikana aiheuttama mekaaninen rasitus. Koska useimpia suljetussa tilassa olevia aineita kryogeenisiin lämpötiloihin jäähdytettäessä syntyvät lämpörasitukset ovat huomattavan ruusia, ao. säiliömateriaali joutuu pakostakin taipumaan. Tämä koskee nimenomaan vuorauksiin käytettyjä ohuita metallikalvoja eli -levyjä. Taipumisesta syntyy helposti murtumia ao. lämpiämis- ja jäähtymisvaiheiden aikana, mikä aiheuttaa taas järjestelmään toimintahäiriötä. Tämän probleeman ratkaisemiseksi on ehdotettu monia rakenteita ja materiaaleja. Ratkaisuna on kuitenkin yleensä päädytty suhteellisen monimutkaiseen kalvon eli levyn tukijärjestelmiin, jotka on yleensä vaikeita valmistaa. Lisäksi ne ovat kalliita.

Nesteytetyille luonnonkaasulle tarkoitettu varastointijärjestelmä voidaan rakentaa laivan runkoon tai säiliöön useina eri asennusvaiheina. Käytettävästä asennusjärjestyksestä riippumatta lopullinen rakenne voidaan jakaa kahteen ryhmään: 1) kuituvahvisteinen vaahtoeristys, joka on kiinnitetty suoraan laivan runkoon tai säiliön seinämään, tai 2) kuituvahvisteinen vaahtoeristys, joka on kiinnitetty tukirakenteeseen, joka on puolestaan kiinnitetty ao. tavalla ja/tai pulteilla laivan runkoon tai säiliön seinämään. Perusvaikeutena on kun tällainen järjestelmä asennetaan liimakiinnitystä käyttäen suureen säiliöön, 1) säiliön pinnan puhdistaminen liimaamista varten, 2) liimattavan pinnan lämpötilan ja kosteuden tarkkailu ja 3) ao. pinnan saaminen riittävän sileäksi.

Eräs tapa näiden probleemien ratkaisemiseksi on vaahtoeristuksen liimaaminen tukilevyihin näiden kiinnittäminen sitten pul-teilla paikoilleen, jolloin itse laivaan ei jouduta suorittamaan liimakiinnitystä. Laivan runko ei kuitenkaan ole aivan tasainen, niin että eristyslevyjen pinta joudutaan suurelta osalta tukemaan.

Lisäksi, aikaisemmissa eristysmenetelmissä pää- eli primäärilevy menee tiukasti kiinni vaahtoeristuksen pintaan. Ko. kalvon (pääsulku) tai vuorauksen ja säiliön tai laivan rungon välinen ti-la täytetään melkein kokonaan vaahtoeristyksellä (lisä- eli sekun-däärisulku), ja kryogeeninen neste tunkeutuu ko. vaahtoeristykseen. Kun säiliötä tyhjennetään, niin ko. neste - jos sen annetaan muut-tua kaasuksi - muodostaa melkoisen paineen kalvon takana ja aiheut-taa helposti vahinkoja. Mahdollisen vuodon sattuessa kryogeenisen nesteen ja/tai kaasun poistaminen pääsulku-kalvon eli levyn takaa onkin muodostunut pääprobleemaksi.

Keksinnön mukaiselle säiliölle on tunnusomaista, että me-tallivuorauksen viereisen kuitulujitteisen vaahtoeristyskerroksen lujituskuidut ulottuvat vaahtoeristyskerroksen ulkopinnan yli, kannattavat vuorausta ja aikaansaavat tilan vuorauksen ja vaahto-eristyskerroksen väliin kaasujen poistamiseksi mainitusta tilas-ta.

Siten selostettavassa rakenteessa muovieristys - nimenomaan vahvistettuja vaahtomuovieristyskerroksia - on yhdistetty ensimmäi-seen eli primäärilevyyn, joka on nimenomaan alhaista lämpötilaa kestävää nikkelerästä. Ko. levyjä ei ole kuitenkaan liimattu kiinni viereiseen vaahtoeristykseen, vaan se on yhdistetty siihen tietyllä ponttirakenteella, jonka ulokeosat pysyvät paikallaan ka-navissa (urissa), jotka on tehty päävaahtoeristykseen päälevyn viereen sijoitettuihin em. ulokkeiden kiinnitysosiin. Tämä uloke/urajakopinta (siis eräänlainen ponttirakenne) on tehty säiliön ko-ko tasaiselle vaahtoeristyspinnalle, niin että primäärikalvo kel-luu tai liukuu ensimmäisen eli primäärivaahtoeristuksen pinnalla ja on kiinnitetty tukevasti vain tankin tai säiliön kulmiin. Em. kanavia eli uria, jotka on tehty ko. ponttirakenteen ulokkeita varten, käytetään myös ilmaisemaan vuotoja kryogeenisen nesteen tai kaasun päästyä mahdollisesti imeytymään primääri-vuorauksen läpi sitä rajaavaan primäärieristykseen.

66071

Keksinnön mukaiseen eristysjärjestelmään kuuluu lisäksi ns. sekundäärisulku tai -vaahtoeristyskerros, jossa on toinen eli sekundäärivuoraus, esim. alumiinifolio, laskikuitukangas tai polyvinyylifluoridi (Tedlar). Tämä sekundäärisulkujärjestelmä toimii varmistuksena, jos primäärisulkujärjestelmä sattuu pettämään. Vaahtoeristyskerrokset ovat mieluummin esim. lasikuituvahvisteista vaahtoeristysmateriaalia ja ne tehdään myös mieluummin ns. kolmiulotteisesta vahvistetusta lasikuituvaahtoeristysmateriaalista, jossa lasikuidut on järjestetty X-, Y- ja Z-akseleille, koska tällainen kolmiulotteinen vaahtoeristysmateriaali kestää sekä veto- että puristusvoimia. Pääasiassa koko primääri- ja sekundäärivuorauksen eli -kalvojen välinen tila samoin kuin sekundäärivuorauksen ja sitä rajaavan säiliön seinämän tai laivan rungon välinen tila täytetään vaahtoeristyksellä, joka kestää kuormitusta murtumatta. Tällä rakenteella taataan nimittäin se, että kryogeenisen nesteen tai nestemäisen luonnonkaasun päästyä mahdollisesti kalvojen läpi tällaiseen eristyskerrokseen vuoto saadaan yleensä rajoitetuksi tietylle alueelle, jolloin se ei pääse vaarantamaan säiliötä kryogeenisillä lämpötiloilla.

Ja lisäksi, jotta kaasuja olisi helpompi päästää ulos primäärivaahtoeristyskerroksen ja sitä rajaavan primääri-kalvon tai -vuorauksen välistä ko. vuorausta pitkin, vuoraukseen rajoittuvan kuituvahvisteisen vaahtoeristyksen vahvistuskuidut voidaan jättää niin pitkiksi, että ne ulottuvat vaahtoeristyksen ulkopinnan yli. Tällaiset kuitujen päät jäykistetään mieluummin kovalla hartsilla, jolloin ne tukevat primäärikalvoa. Tällaisen vaahtoeristyksen ja kalvon väliin tehdään lisäksi tyhjä tila, johon voidaan saada tyhjä.

Keksinnön erästä suositettavaa rakennetta selostetaan lähemmin seuraavassa viittaamalla tällöin oheiseen piirustukseen, jossa

kuvio 1 on perspektiivi metaanisäiliöaluksen keskilaivan ja keskiviivan kohdalta otetusta leikkauksesta; kuviossa näkyy keksinnön mukainen eristysjärjestelmä,

kuvio 1a on suositeltava, kuituvahvisteinen eristysmateriaalityyppi, jota käytetään kuvion 1 rakennejärjestelmässä ja josta käytetään tässä nimitystä "kolmiulotteinen" ("3D") vaahtoeristys,

kuvio 2 on 90° kulmaleikkaus po. säiliöaluksesta kuvion 1 linjaa 2-2 pitkin ja havainnollistaa pulttia, joka on liitetty pallonivelellä yhdysosaan, niin että eristysmateriaali pääsee vapaasti liikkumaan kulmaosassa,

kuvio 2a esittää kuvion 2 yhdysosa- ja pulttirakenteen vaihtoehtoista sijoitusta,

kuvio 3 on leikkaus vaahtoeristyksestä ja siihen liittyvästä vuorausjärjestelystä kuvion 1 linjaa 3-3 pitkin,

kuvio 4 on leikkaus kuvion 1 linjaa 4-4 pitkin ja esittää po. rakennetta 135° pitkittäiskulmassa,

kuvio 5 on leikkaus kuvion 1 linjaa 5-5 pitkin ja havainnollistaa po. rakennetta 90° kulmassa (vino jakopinta),

kuvio 6 on leikkaus kuvion 1 linjaa 6-6 pitkin ja havainnollistaa ns. kolmitie- 1. kolmisärmiökulmarakennetta,

kuvio 7 on pitkittäisleikkaus kuvion 6 linjaa 7-7 pitkin,

kuvio 8 on suurennos ja havainnollistaa em. ponttirakennetta, jolla primäärikalvo 1. -levy on yhdistetty primääri-eristyskerrokseen (otettu kuviossa 3 nuolella A merkitystä kohdasta),

kuvio 9 on tasokuva kuvion 1 esittämästä kryogeenisestä eristysjärjestelmästä ja siinä nähdään sekä primääri- että sekundäärivuorauksen vuodonilmaisujärjestelmät,

kuvio 10 on eräs vaihtoehtorakenne primäärivuorauksen vuodonilmaisukanavasta,

kuvio 11 havainnollistaa rakennetta, jossa primäärivuoraus on tuettu vahvistuskuitujen päillä (vaahtoeristyspinnan päällä),

kuvio 12 vastaa kuviota 3 ja esittää rakennemuunnelmaa, jossa on ns. eritystukilevy,

kuvio 13 on suurennos kuviossa 12 nuolella B merkitystä kohdasta ja havainnollistaa eristystukilevyä ja laitetta, jolla se tuetaan laivan rungon sisäpuolelle tietyn etäisyyden päähän rungosta, po.

tukilaitteen ollessa keksinnön erään toisen rakennemuodon mukaan 'liimaprofiileja' l. palteita, jotka muodostuvat kovettuessaan lujia kantavia tukirakenteita,

kuvio 14 on kuviota 4 vastaava leikkaus ja esittää po. rakennetta  $135^{\circ}$  pitkittäiskulmassa sekä käsittää kuvion 12 havainnollistaman pystylevyn ja sen kulmatuen,

kuvio 15 on kuviota 2 vastaava leikkaus ja esittää po. rakennetta  $90^{\circ}$  kulmaleikkauksena; rakenteeseen kuuluu eristystukilevy ja sen kulmatuki,

kuvio 16 vastaa kuvion 6 kolmitiekulmarakennetta sekä käsittää tukilevyn, ja

kuvio 17 on kuviota 7 vastaava leikkaus kuvion 16 linjaa 17-17 pitkin ja käsittää tukilevyn.

Kuvio 1 esittää kryogeenisen nesteen kuljettamiseen tarkoitettua säiliöalustaa 10, jossa on sisärunko 12 ja sen ympärille sijoitettu eristysjärjestelmä 13. Eristysjärjestelmään 13 kuuluu tällöin ulompi, kuituvahvisteinen vaahtoeristyskerros 14, joka on sisärunkoa 12 vasten sekä sisempi, samoin kuituvahvisteinen vaahtoeristyskerros 16. Eristyskerrokset ovat mieluummin kolmiulotteisia, lasikuituvahvisteisiä polyuretaanivaahtokerroksia. Po. kuituvahvisteinen eristysmateriaali käsittää levyjä, jotka on valmistettu suljettukerroksesta polyuretaanivaahdosta, jossa on useita lasikuitukerroksia. Jokainen tällainen kerros suuntautuu sekä vaak- että poikittaissuuntaan (X- ja Y-vahvistuskuidut). Rakenteeseen kuuluu myös pystysuoria kuitukerroksia, ns. Z-vahvistuskuituja.

Kuvio 1A havainnollistaa em. materiaalia. Se koostuu suljettukerroksesta polyuretaanivaahfosta valmistetuista levyistä 17. Vaahtoon on upotettu lasikuitukerroksia 19 kuitujen päiden 21 jäädessä tällöin levyn reunan ulkopuolelle, niin että tällaiset vahvistetut polyuretaanilevyt on helpompi kiinnittää ao. rakenneosaan, esim. säiliön seinämään. Levyssä 17 on myös muita lasikuituja 23. Ne ovat pystysuunnassa ja niiden päät 25 on tarkoitettu helpottamaan vierekkäisten levyjen kiinnittämistä toisiinsa sekä lisäksi tukemaan pää- l. primääri-verhousta, kuten myöhemmin selostetaan. Levyssä on vielä muitakin kuitukerroksia 27, jotka sijaitsevat vaakasuorassa, siis kohtisuorassa kuituihin 19 nähden. Tämän tyyppinen vahvistusrakenne tunnetaan ns. X-Y-Z-vahvistena. X-kuidut ovat pitkittäiskuituja, Y-kuidut ovat poikittaiskuituja ja Z-kuidut pystykuituja. Näiden tuloksena saatua

vaahtorakennetta nimitetään kolmiulotteiseksi vaahdoksi ("3D foam"). 3D-vaahtolevyt liitetään toisiinsa mieluummin jollain sopivalla liimalla, esim. polyuretaaniliimalla, jolloin syntyy ulompi eristyskerros 14 ja sisempi eristyskerros 16.

Ohut primäärivuoraus 1. sulkukalvo 18 sijoitetaan sisempään 3D-vaahtoeristyskerrokseen 16 myöhemmin yksityiskohtaisemmin selostettavalla tavalla. Tällainen kalvo on alhaista lämpötilaa kestävä ainetta, esim. nikkelterästä (Invar-laatua), vaikka luonnollisesti voidaan käyttää myös muita materiaaleja, esim. ruostumatonta terästä. Kalvo 18 on siis nestettä läpäisemätön ja muodostaa sisäsäiliön kryogeenista nestettä varten. Toinen 1. sekundäärikerros 20 on pantu ulomman 3D-vaahtoeristyskerroksen 14 ja sisemmän 3D-vaahtoeristyskerroksen 16 väliin. Tällainen vuorauskerros voi olla yhdistelmä rakenne, jossa on lasikuitukangasta ja ohutta metallia, esim. alumiinifolio, tai se voi olla hartsilla kyllästettyä lasikuitukangasta (kyllästämiseen käytetty esim. polyuretaanihartsia). Sekundäärikerroksena voidaan käyttää myös hartsilla kyllästetyn lasikuitukankaan ja polyvinyyli-fluoridikalvon (Tedlar) yhdistelmää. Se voi olla täysin tiivisvuoraus rakenne, joka estää kryogeenisen nesteen pääsyn sisemmästä vaahtoeristyskerroksesta 16 ulompaan vaahtoeristyskerrokseen 14.

Kuviossa 2 nähdään keksinnön mukaisen eristysjärjestelmän 13 ensimmäinen asennusvaihe: useita pultteja 22 on sijoitettu tietyille etäisyyksille toisistaan laivan sisärunkoon 12 ja vastushitsattu siihen kohdassa 24 esitetyllä tavalla. Nämä pultit muodostavat sidepisteet primäärikerroksen (nikkeliteräs- tai Invar-vuoraus) 18 kohdistamille kuormituksille, kuten myöhemmin yksityiskohtaisemmin selostetaan. Kun pultit on hitsattu paikoilleen säiliön seinämään tai laivan sisärunkoon, ulompi 3D-kuituvahvisteinen polyuretaanivaahtoeristyskerros 14 liimataan (kohta 26) runkoon 12. Kuten jo mainittiin, 3D-kuituvahvisteinen polyuretaanivaahtoeristys, joka muodostaa ulomman kerroksen 14, on valmistettu suorakaiteen muotoisina levyinä 17, joiden koko on esim. 60 x 300 cm ja jotka on liimattu yhteen sopivalla liimalla (kohta 28 kuvio 3). Ulompi 1. ensimmäinen vaahtoeristyskerros 14 liimataan runkoon 12 ns. tyhjäsäkkitekniikkaa (vacuum bag) käyttäen tai jollain muulla sopivalla tavalla, niin että osat saadaan paineen avulla pysymään paikallaan liiman kovettuessa.

Hartsikyllästetty lasikuituvuoraus 20 (sekundäärikerros) liimataan ao. levyihin 17, jotka muodostavat ulomman eristyskerroksen 14.

Ennen levyjen liimaamista runkoon 12 niiden väliin pannaan limitys-suikale 30, niin että sekundäärivuoraus 20, jossa on esim. polyuretaanilla kyllästettyä lasikuitukangasta ja polyvinyylifluoridikalvo, peittää tasaisena rakenteena vaahtoeristyksen 14 ulomman kerroksen pinnan.

Ulomman kerroksen 14 3D-vaahtoeristyslevyt 17 on varustettu ne keskenään yhdistävillä kanavilla 32. Kuten kuviosta 9 voidaan todeta, kanavat 32 ovat vaakasuunnassa, ts. levyliitosten kanssa samansuuntaiset, ja liitetty yhteen kulmissa (kohta 38). Jakoputki on yhdistetty tyhjöpumppuun (ei esitetty kuviossa), jolloin on saatu sekundäärivuorauksen vuodonilmaisujärjestelmä. Kanavat 32 voivat olla joko muovia tai lasikuitua ja ne on sijoitettu levyihin 17 tehtyihin vastaaviin uriin 36 (kuvio 3) sekä kiinnitetty liimalla (kohta 37) limityssuikaleisiin 28.

Kun vaahtoeristyksen 14 ensimmäinen eli ulompi kerros 14 ja sekundäärivuoraus 20 on asennettu paikoilleen, sisempi vaahtoeristyskerros 16 kiinnitetään liimalla em. vuoraukseen 20 käyttämällä tällöin samaa asennustapaa kuin ensimmäistä vaahtoeristyskerrosta 14 asennettaessa, ts. käytetään 3D-vaahtoeristyslevyjä 17', jotka vastaavat levyjä 17, ja ne yhdistetään sitten toisiinsa liimalla kohdasta 28'. Kun sisempi kerros 16 on liimattu paikalleen ensimmäisen kerroksen 14 päälle, tehdään sisäkerroksen 16 yläpintaan urat 40, jotka ovat pitkittäispinnoissa yhdensuuntaiset laivan akselin kanssa. Uriin (sisäkerros 16) kiinnitetään vanerista valmistettu kiinnitysrima 42, joka liimataan (kohta 43) sisempään eristyskerrokseen 16 (kuvio 8). Kuten myöhemmin yksityiskohtaisemmin selostetaan, rimat 42 yhdistävät nikkeliteräsvuorauksen 18 sisempään eristyskerrokseen 16. Kuviosta 3 ja 8 nähdään, että primäärivuoraus 18 on muodostettu useista osista 44, joissa on pystylaipat 46. Osien 44 laippojen 46 välissä on uloke 1. kieli 48, joka on tehty mieluummin myös alhaista lämpötilaa kestävästä materiaalista, esim. nikkeliteräksestä. Sen (48) alapää on työnnetty kanavaan 50 (vaneririmassa 42), ja sen (48) sivulle taivutettu osa 52 on taas sijoitettu kanavaan 54 (myös vanerimassa 42), joka on 90° kulmassa kanavaan 50 nähden. Ulokkeen 48 yläosa on hitsattu kohdassa 56 laippoihin 46. Vaneririmaa 42 käytetään siis tukemaan osat 48. Rima 42 pitää primäärikalvon 18 paikallaan sisemmässä eristyskerroksessa 16. Rimat 42 ja ulokkeet 48 on sijoitettu tasaisin välein kerrokseen 16 ja ne pitävät primäärivuorauksen osat 44 paikallaan.

Edellä kuvatun kanavaulokerakenteen ansiosta ulokkeet ja kanavat pääsevät liikkumaan toisiinsa nähden, niin että primäärivuoraus 'kelluu' vaahtoeristyksen pinnan päällä. Vuoraus on näin ollen kiinnitetty säiliöön vain nurmistaan. Tätä selostetaan lähemmin hieman myöhemmin.

Rimassa 42 olevat kanavat 50 ja 54 toimivat lisäksi primäärikalvon vuodonilmaisujärjestelmän kanavana myös ja poistojärjestelmän kanavana hapen poistamiseksi primäärivuorauksen takaa. Vuodonilmaisukanavat 50 ja 54 on liitetty yhteen kohdassa 58 (kuvio 9) ja yhdistetty tyhjäpumppuun (ei esitetty kuviossa). Kanavat 50 ja 54 voidaan liittää toisiinsa myös siinä kohdassa, jossa ne leikkaavat syvennyksen 76 joka on tehty  $90^{\circ}$  kulmiin (kuvio 2). Primäärisulun vuodonilmaisujärjestelmä on monitoiminen: sen avulla voidaan todeta mahdolliset vuodot primäärivuorauksessa  $18^{\circ}$ , se rajoittaa ulkopainetta ja poistaa hapen primäärikalvon takaa, niin ettei se pääse vahingoittamaan (taipuminen tyhjään tai osittain täytettyyn säiliöön). Ko. järjestelmän avulla voidaan siis poistaa nesteet tai kaasut, jotka vuotavat primäärikalvon läpi. Lisäksi sitä voidaan käyttää koestusjärjestelmänä tarkkaillaessa toisen l. sekunfäärivuorauksulkujärjestelmän kuntoa. Edellä selostettua sekunfäärikanavajärjestelmää käytetään taas ilmaisemaan sekunfäärivuorauksessa 20 mahdollisesti esiintyviä vuotoja.

Kuvioissa 2 ja 2a nähdään keksinnön mukaisen järjestelmän suolakulmarakenne vaaka- ja pystyosien jakopinnassa. Po. rakenne on tarkoitettu ottamaan vastaan vetokuormia- sekä vaaka- että pystysuunnassa  $90^{\circ}$  kulmassa - jotka kohdistuvat primäärikalvosta 18 laivan runkoon 12. Rakenteeseen kuuluu useita liitäntäjärjestelmiä l. osia 60, jotka on sijoitettu suunnilleen tasaisin välein vaahtoeristyskerroksiin 14 ja 16 kuviossa 2 näkyvään tasoon nähden kohtisuoraan tasoon, sekä lisäksi useita samanlaisia osia  $60'$ , jotka ovat suorassa kulmassa osiin 60 nähden ja toisistaan tietyn etäisyyden päässä kuvion 2 tasoon nähden kohtisuorassa tasossa ja myöskin kohtisuorassa osien 60 tasoon nähden. Osat  $60'$  on sijoitettu vuorotellen vierekkäisten osien 60 väliin (kuvio 2a) ja samalla tavalla eristyskerroksiin 14 ja 16.

Liitosjärjestelmään 60 kuuluu putkenmuotoinen, mieluummin muovinen yhdysosa 62, joka sijoitetaan pultin 22 ympärille ja joka menee ulomman vaahtoeristyskerroksen 14 läpi osittain sisäkerrokseen 16. Muovisten yhdysosien 62 asemesta voidaan käyttää myös metallista valmistettuja osia, esim. terästä. Yhdysosa 62 saadaan pysymään paikallaan

eristyskerroksissa ja runkoa 12 vasten liimaliitoksella 64 tai sidehitsaamalla se pulttiin 22. Sekundäärivuorauksessa 20 on reiät yhdysosia varten. Lisäksi käytetään esim. hartsilla kyllästettyä lasikuituvuorausta 66, joka kiinnitetään liimalla kytkinosan ympäri.

Kuviossa 2 näkyvä kulmaeristys 90° kulmaa varten käsittää nikkeliteräskulmayksikön 68, joka vastaa paksuudeltaan suunnilleen primäärivuorausta 18. Se on muodostettu kulmaosista 70 ja 70', jotka ovat keskenään suorassa kulmassa ja yhdistetty toisiinsa niihin hitsatulla kulmaosalla 72, joka pitää ne paikallaan. Kummankin osan 70 ja 70' sisäpäässä on laippa 74, 74', joka on taivutettu suoraan kulmaan osiin 70 ja 70' nähden.

Sisäeristyskerroksen 16 syvennyksiin 76 ja 76' on em. suoran kulman viereen sijoitettu kaksi vanerista kulmatukea 78 ja 78'. Niiden kummassakin päässä on syvennys 80. Ruuvit 82 pitävät tukiosat 78 ja 78' sekä kulmaosat 70 ja 70' syvennyksissä 76 ja 76' vaahtoeristyskerroksessa 16. Vaikka suositellaankin eristäviä kulmatukiosia 78 ja 78', ne voivat olla myös metallia. Vaneritukiin 78 ja 78' on tehty syvennys 88 asbestista ja ruostumattomasta teräksestä valmistettua eristysosaa 90 varten (hitsaus). Primäärilevyn 18 vierekkäiset päät on hitsattu kohdassa 91 osiin 70 ja 70'.

Vanerikulmatukeen 78 liittyy teräksinen yhdyspultti 84, jonka ulompi pää on yhdistetty yhdysosaan 62 joustoliitännänä, ts. pallonivelellä 85. Tämä pyörii vapaasti osan 62 sisäpäähän tehdyssä istukassa 85a, jonka kaarevuus vastaa pallonivelen 85 kaarevuutta. Termillä "joustava liitäntä" tarkoitetaan tässä yhdyspultin 84 ja yhdysosan 62 välistä liitännää, jolloin pultti 84 pääsee liikkumaan vapaasti yhdysosaan 62 nähden. Toisesta päästään pultti 84 on kiinnitetty vaneritukiosan olakkeeseen 87 mutterilla 86. Yhdysosan 62 keskusta on täytetty vaahtoeristyksellä (kohta 89). Yhdysosat 60' vastaavat rakenteeltaan osia 60.

On huomattava, että kulmaosan 70 laippa 74 on vanerituen 78 sisäolakkeen 92 ympärillä ja kulmaosan 70' laippa 74' taas vastaavasti vanerituen 78' sisäolakkeen 92' ympärillä, jolloin po. kulmaosat kiinnittyvät ao. vaneritukiin. Lisäksi on huomattava, että yhdyspultti 84 on yhdensuuntainen kulmaosan 70 ja siihen liittyvän vuorausosan 18a kanssa. Samalla tavalla pultti 84' on yhdensuuntainen kulmaosan 70' ja tähän liittyvän vuorausosan 18a' kanssa.

Voidaan siis todeta, että laivan ollessa täytetty kryogeenisellä nesteellä, esim. nestemäisellä luonnonkaasulla, yhdysosayksikkö 60, ts. vanerituki 78, pultti 84 ja yhdysosa 62, ottavat vastaan primäärivuorauksen 18 ja vuorausosan 18a sekä kulmayksikön 68 (suora-kulmainen nurkka vaakasuunnassa) synnyttämät vetokuormitukset. Po. voima siirtyy sitten edelleen laivan sisärunkoon 12. Primäärivuorauksen pystysuunnassa synnyttämät vetokuormitukset (kuvio 2) tulevat vastaaville yhdysosayksiköille 60', joista ne siirtyvät edelleen runkoon 12. Koska vanerikulmatuet 78 ja 78' on tuettu vaahtoeristyskerrosten 16 ja 14 avulla, eivätkä jäykällä rungolla, ja koska tällainen vaahtoeristys on suhteellisen pehmeä ja joustava, yksikköjen 60 ja 60' liitospultin 84 pallonivelliitintä 85 päästää kulmarakenteen jonkin verran siirtymään tai kääntymään, kun primäärivuoraus 18 kohdistaa siihen epäsymmetrisen voiman. Tämän vuoksi yhdyspultti on syytä järjestää määrättyyn kulmaan primäärivuoraukseen 18 nähden, eikä sen kanssa yhdensuuntaiseksi (kuvio 2). Pallonivel 85 päästää yhdysosaan 62 liitetyn yhdyspultin 62 pään kääntymään vapaasti, jolloin osiin ei synny suuria rasituksia. Pallonivelliitinnän 85 etuna on lisäksi se, että yhdysosa 62 voidaan järjestää tiettyyn kulma-asentoon pulttiin 84 nähden, esimerkiksi muussakin kuin  $90^{\circ}$  suuruudessa kulmassa.

Pultin 84 tilalla voidaan käyttää esim. terästankoa, jonka ulompi pää liittyy kierteillä yhdysosaan 62 ja sisempi pää kulmatukeen 78. Käytettäessä tällaista kierteillä varustettua tankoa kierteisiin pyrkii kuitenkin aivan tavallisissakin käyttöolosuhteissa jonkin ajan kuluttua tulemaan väsymismurtumia.

KytKentäyksiköt 60 ja 60' siirtävät siis primäärivuorauksesta (suora kulma) tulevat vetokuormitukset suoraan laivan runkoon, ja muoviset yhdysosat 62 ja 62' säätelevät lämpödynaamisia ominaisuuksia, niin että saadaan lisäeristys. Lämpötesteissä on kuitenkin todettu, että myös teräksisiä yhdysosia voidaan käyttää.

Lisäksi osat 62 ja 62' tiivistävät sekundäärivuorauksen 20 ja estävät kryogeenisen nesteen läpipääsyn siinä tapauksessa, että primäärivuoraukseen on tullut reikä, jolloin kryogeenistä nestettä on päässyt sisempään vaahtoeristyskerrokseen 16. Vielä on huomattava, että 3D-vahvisteinen vaahtoeristys ottaa myös vastaan vetokuormituksia, ja kulmissa myös lämpökuormitusta.

Vaahtoeristyksen ollessa kosketuksessa kryogeenisen nesteen kanssa tämä alkaa imeytyä eristysmateriaaliin. Kun neste on ehtinyt

imeytyä tiettyyn syvyyteen, se muuttuu nousseen lämpötilan johdosta kaasuksi ja laajenee. Tämä paikallinen, vahvistetussa vaahtoeristyksestä syntyvä höyryn tai kaasun paine estää nesteen ja kaasun jakopinnan imeutumisen syvemmälle vaahtoeristykseen ja rajaa siis sen syvyyden, johon sakkaa neste pääsee vaahtoeristykseen. Tämä estää taas sen, ettei sisäinen höyryn paine pääse vahingoittamaan vaahtoeristystä. Oletettiin nimittäin, että mikä tahansa johtokyvyltään 'voimakkaampi' aine, joka pääsee imeytymään vaahtoeristykseen, särkee nesteen ja kaasun rajapinnan ja päästää po. aineen imeytymään vielä syvemmälle eristykseen, mistä aiheutuu taas jyrkkä lämpötilan lasku ao. kohdassa toisella puolella eristystä. Aivan odottamatta todettiin kuitenkin, että oikein suunniteltu yhdysosan 62 ja yhdyspultin 84 yhdistelmä - vaikka se on metalliakin - ei mitenkään järkytä tätä nesteen ja kaasun jakopintaa.

Kuvio 5 havainnollistaa yhdysosajärjestelmiä 60a ja 60a' ( $90^{\circ}$  kulma) vinossa pinnassa. Nämä järjestelmät vastaavat edellä selostettuja ja kuviossa 2 havainnollistettuja suorakulmaisen kulman yhdysosajärjestelmiä 60 ja 60'. Kuvion 5 esittämissä järjestelmissä on kuitenkin lyhyet teräsputket 94, 94'. Ne on hitsattu laivan runkoon 12. Lisäksi niissä on muovinen yhdysosa, esim. ruiskupuristettua polyesteriä (96, 96'), joka on liitetty kierteillä teräsputkeen 94 ja 94'. Osan 96, 96' ulompi pää on ontto ja täytettyvaahtoeristeellä 100, ja osien 96, 96' ulommat päät on liimattu (kohta 101) laivan runkoon 12. Nyt voidaan todeta, että kuviossa 5 näkyvä suorakulmaisen kulman tukijärjestelmä toimii aivan samalla tavalla kuin kuviossa 2 on esitetty, ts. se ottaa vastaan vetokuormituksia, joita primäärivuorauksen kahteen, toisiinsa nähden kohtisuoraan suuntaan tapahtunut kutistuminen on aiheuttanut ja lisäksi myös epäsymmetrisiä kuormituksia sekä siirtää nämä vetovoimat tehokkaasti laivan runkoon.

Kuviossa 4 nähdään pitkittäissuuntainen kulmayksikkö  $135^{\circ}$  tylpässä kulmassa. Tämän rakenne poikkeaa  $90^{\circ}$  kulmarakenteesta siinä, että eristystukirakenteen osalle tullut kalvokuormitus on pienempi kuin kuvioden 2 ja 5 havainnollistamissa tapauksissa. Kuviossa 4 nähdään pari vanerista valmistettuja eristysuikaleita 102. Ne on pantu sisemmässä vaahtoeristyskerroksessa 16 oleviin syvennyksiin 104 ja ne suuntautuvat kulman molemmille sivuille. Suikaleet 102 on liimattu vaahtoeristykseen kohdassa 106. Haluttaessa voidaan käyttää myös metallitukia 102, vaikka suositellaankin eristävää materiaalia.  $135^{\circ}$  nikke-

literäksinen kulmalevy 108 on pantu vanerisuikaleiden 102 päälle ja kiinnitetty niihin joko niiteillä tai puuruuveilla. Primäärivuorauksen 18 kulmaosan 108 limittyvät päät on hitsattu (kohta 110). Kuten jo mainittiin,  $135^{\circ}$  kulman vetokuormitukset, jotka aiheutuvat primääri-  
vuorauksen kutistumisesta ja jotka siirretään laivan runkoon, ovat suhteellisesti pienemmät kuin vastaavat kuormitukset  $90^{\circ}$  kulmissa. Kuviossa 2 esitetyssä  $90^{\circ}$  kulman tukirakenteessa käytettyä hitsaus-  
eristysosaa 90 (asbesti/tuostumaton teräs) voidaan tarvittaessa käyttää myös tässä kuviossa (4) näkyvässä  $135^{\circ}$  kulmarakenteessa. Tällöin vanerisuikaleet 102 upotetaan po. levyn (ruostumaton teräs/asbesti) paksuutta vastaavaan syvyyteen.

Kuviossa 6 on ns. kolmitie- l. kolmisärmiörakenne  $135^{\circ}$  ka  $90^{\circ}$  kulmien leikkauspisteissä. Tällainen rakenne kestää sekä veto- että taivutuskuormitusta. Kuten kuvioissa 6 ja 7 esitetään, po. rakenteesseen kuuluu teräksinen kolmisärmiökulmaosa 114, jonka kaksi sivua 116 muodostavat  $135^{\circ}$  kulman, kolmennen sivun 118 muodostaessa taas  $90^{\circ}$  kulman molempien muiden sivujen 116 kanssa.  $135^{\circ}$  kulman sivut 116 on sijoitettu vanerituen 120 päälle, joka on puolestaan upotettu sisempään vaahtoeristyskerrokseen 16 tehtyihin syvennyksiin 122. Kolmas sivu 118 liittyy taas sisemmässä vaahtoeristyksessä 16 olevaan syvennykseen 126 sijoitettuun vaneritukeen 124, joka on  $90^{\circ}$  kulmassa vaneritukiin 120 nähden. Näin ollen osien 120 ja 124 muodostama vanerituki on myös kolmisärmiön muotoinen ja tehdään mieluummin eristävästä materiaalista, myös metallituet ovat mahdollisia.

Kolmisärmiökulman 114 kaksi sivua 116 ja sen kolmas sivu 118 on tuettu lasikuitu- tai teräspatkiliittimeen 128, joka menee sekä sisemmän että ulomman vaahtoeristyskerroksen 16 ja 14 läpi kolmisärmiön ao. sivuilta laivan runkoon 12. Putkien 128 ulommat päät on yhdistetty kierteillä teräsputkeen 130, joka on hitsattu runkoon 12 kohdassa 132.

Liitinputket 128 on liimattu ja tiivistetty vaahtokerrokseen 14 ja 16 kohdassa 134. Lasikuituinen sekundäärivuorausvahvike 136 on kiinnitetty putken 128 ympärille sekä liimattu ja tiivistetty paikalleen.

Teräspala 138 on kiinnitetty kierteillä putkien 128 yläpäähän. Siihen (138) liittyy pultti, joka yhdistää sivut 116 ja 118 lasikuitu-putkiin. Putkien 128 sisäpuoli on teräspalan 138 ja rungon 12 välissä täytetty polyuretaanivaahdolla 142. Primäärivuorauksen 18 (nikkeli-terästä) päät (kohta 142) on hitsattu kohdassa 146 kolmisärmiökulman sivuihin 116 ja 118.

Kuviosta 7 nähdään, että ko. kolmisärmiökulmarakenteen  $90^\circ$  kulmaosien vetokuormitukset, jotka aiheutuvat primäärivuorauksen 18 kutistumisesta, siirtyvät molemmissa suunnissa  $90^\circ$  kulmassa toisiinsa nähden laivan runkoon lasikuituputkien 128 kautta. Nämä uretaanivaahdotäytettä 134 sisältävät putket 128 muodostavat tällöin tehokkaan eristyksen teräksisen kolmisärmiökulman 114 ja laivan rungon 12 väliin. Kuviosta 6 nähdään, että mahdolliset taivutusrasitukset, jotka aiheutuvat vuorauksen 18 kutistumisesta kolmisärmiökulmassa, tulevat lasikuituputkille 128, jotka on yhdistetty sivuihin 116. Putket 128 on puolestaan kiinnitetty laivan runkoon.

Kuviosta 8 voidaan todeta, että kanavat 50 ja 52, jotka on tehty vaneririmoihin 42, toimivat vuodonilmaisukanavina ulokkeiden 48 ja nikkeliteräskalvon 1. -vuorauksen 18 liitännöissä. Tästä huolimatta voidaan muihin paikkoihin järjestää lisää vuodonilmaisukanavia, ts. eristyskerrokseen 16. Kuviossa 10 esitetään vanerista valmistettu kanava 148. Tällaisia kanavia 148 voidaan sijoittaa primäärieristyskerroksen 16 syvennyksiin 150 tiettyjen välimatkojen päähän, siis vuorauskerroksen 18 alle. Po. vanerikanavissa on ura 1. kanava 152. Useita tällaisia kanavia on yhdistetty jakoputkilla toisiinsa, kuten jo aikaisemmin selostettiin, sekä tarvittaessa myös tyhjöpumppuun. Niiden tarkoituksena on toimia vuodonilmaisijoina ja johtaa happi ulos prijäärikalvon 18 ja sisävahtokerroksen 16 välisestä tilasta. Tämä toiminto liittyy muuten palosuojelukysymyksiin. Tämä alue täytetään sitten po. kanavien avulla tyypellä.

Eräänä vaihtoehtona kuvion 10 vuodonilmaisujärjestelmälle ja eräänä samoin keksinnön lisäpiirteenä, kun on kysymys kalvon 18 ja sisävahtokerroksen 16 välissä olevien kaasujen poisjohtamisesta ja po. tilan tuulettamisesta, kuviossa 11 nähdään tila, joka voidaan tehdä kalvon 18 pintaan ulottamalla 3D-vaahtoeristyksen Z-vahvistuskuidut vahtokerroksen 16 pinnan yläpuolelle. Tätä varten (ks. myös kuvio 1a) kerroksessa 16 olevien pystysuuntaisten vahvistuskuitujen 23 vapaisiin päihin sivellään kovaa hartsia, esim. polyesteriä, joka jäykistää Z-kuitujen päät, jolloin vahtokerroksen yli menevät, kuitujen tuke mattomat päät 25 pysyvät jäykkinä. Primäärivuoraus 18 on tällöin tuettu Z-kuitujen päihin eikä vahtokerroksen pintaan, jolloin vaahto-kerroksen ja vuorauskalvon väliin jää pieni aukko 154. Kun tällaiseen tilaan 154 ja/tai kanaviin 50 ja 54 (kuvio 8) muodostetaan tyhjö, primäärivuoraus 18 pysyy kevyesti mutta kuitenkin lujasti kiinni si-

semässä vaahtokerroksessa 16.

Kalvo 18 voidaan vahvistetun vaahtoeristyskerroksen 16 kuitujen ulkoneviin päihin suoritettavan tukemisen asemesta tukea po. vaahtokerroksen pintaan joko karhentamalla se tai muodostamalla siihen uria, jolloin saadaan vuodonilmaisukanavia.

Kuviossa 12 ja 13 nähdään vielä eräs muunnelma po. järjestelmästä. Ulompaa vaahtoeristyskerrosta 14 ei nyt kiinnitetäkään kuvioihin 2 ja 3 havainnollistamalla tavalla suoraan laivan runkoon 12, vaan tässä rakenteessa käytetään laitetta, jolla ulompi vaahtokerros 14 tuetaan ja pidetään erillään laivan rungosta, niin ettei eristykseen 14 ulkopintaa jouduta kiinnittämään runkoon 12. Tällöin rungon 12 sisäpintaa ei tarvitse puhdistaa ennen liimaamista eikä liimattavaa pintaa tarvitse kuumentaa kerroksen 14 kiinnittämiseksi siihen. Lisäksi tämän rakenteen avulla syntyy syvennys, johon rungon läpi mahdollisesti vuotava vesi kerääntyy.

Kuvioissa 12 ja 13 eristystukilevy 156 on käytännöllisesti katsoen koko vaahtoeristysjärjestelmän 13 ympärillä. Se tukee eristyskerrosta 14 ja on itse tuettu tietylle etäisyydelle rungosta 12. Levy 156 voidaan valmistaa jostain sopivasta aineesta, esim. hartsilla kyllästetystä, lasikuituvahvisteisesta muovista (polyvinyylifluoridi) tai vanerista, joka on niin vahvaa, että se pystyy tukemaan eristysjärjestelmää 13 ja samalla myös lisäämään eristystehoa.

Levyyn 156 kuuluu useita levyosia 158, jotka on liitetty yhteen ja tuettu määrätyle etäisyydelle laivan rungosta 12 kohdassa 160 esitetyllä liitosrakenteella. Osat 158 on liimattu (kohta 162) eristyskerroksen 14 ulkopintaan. Liitosrakenteeseen 160 kuuluu välilevy 164, joka on sopivan vahvuinen teräslevy. Se on valittu niin, että rungon 12 ja levyn 156 väliin jää sopiva väli, esim. 4-12 mm. Levy 164 voidaan joko liimata runkoon 12 (kohta 167) tai pistehitsata.

Levyosien 158 reunat 168 on työnnetty hartsilla kyllästettyjen lasikuituvahvisteisten muoviosien tai vaneriosien 170 väliin. Rakenneyksikkö pysyy koossa teräksisen välilevyn 172 ja pulttiin 176 kierretyn mutterin 174 avulla: pultti 176 on hitsattu laivan runkoon 12 kohdassa 178. Levyosien 158 ulompien reunaosien 168 toisiinsa liittyvät pinnat ja suikaleet 170 on liimattu toisiinsa jo ennen niiden kokoamista, jolloin vierekkäiset osat 158 on saatu tiiviisti yhteen. Po. rakenne 160 on sijoitettu ulompaan vaahtoeristyslevyyn 14 tehtyyn syvennykseen 179 (kuvio 12). Runkoon 12 on (eristysjärjestelmään 13) tehty useita tällaisia rakenteita 160 sopivan matkan päähän toisistaan.

Eristystukilevyjen 158 keskiosat 180 on tuettu ja/tai kiinnitetty laivan runkoon 12 useilla, toisistaan tietyn etäisyyden päässä sijaitsevilla muovimiimalaipoilla 1. palteilla 182, jotka on tehty levyosien 158 ja rungon 12 väliin suunnilleen yhdensuuntaisina koko laivan rungon ympäri. Liimalaippojen 182 paksuus on sellainen, että eristystukilevyosat 158 pysyvät tasaisina ja käytännöllisesti katsoen yhdensuuntaisina laivan rungon 12 kanssa koko eristysrakenteen 13 tukilevyn 156 kehän pituudella. Koska laivan rungon sisäpinta ei ole sileä, ja lisäksi, koska levyosat 158 joudutaan tukemaan melkein niiden koko pinnan osalta, liimapalteita 182 käytetään käsittelyn alkuvaiheessa pehmeänä välisosana kompensoimaan laivan rungon pinnan epätasaisuuksia. Tätä varten valitaan sopiva elastinen muoviliima, esim. epoksi- tai polyesterihartsia tai mastiksi, josta sitten muodostetaan palteet, 182. Tällaiset, vielä pehmeät liimapalteet tehdään joko eristystukilevyosiin 158 tai runkoon 12, ja tukilevyosat 158 kiinnitetään paikalleen pulttirakenteilla 160. Tukipalteet suositellaan sijoitettavaksi tasaisin välein koko eristystukilevyn 156 pituudelle. Koska liimapalteet 182 ovat niitä tehtäessä vielä nestemäisiä, vaikkakin jo suhteellisen jäykkiä, niin tukilevyjen 158 puristuessa niihin ne (182) 'juoksevat' ja täyttävät rungon 12 ja tasaisten tukilevyosien 158 välisen tilan 166 (kuvio 13) sekä tarttuvat rungon 12 ja levyosien 158 pintoihin rungossa 12 mahdollisesti olevista epätasaisuuksista riippumatta.

Liimassa (182) on jokin sopiva, tunnettu katalyytti, joka kovettaa liimalaipat huonelämpötilassa, jolloin eristystukilevylle muodostuu tukeva, kantava tukirakenne ja myös kiinnitystyyny. Koska liima kovettuu huone- tai ympäristön lämpötilassa, runkoa ei jouduta lämmittämään. Näin syntynyt tila 166 (kuvio 12) muodostaa syvennyksen, johon mahdollisten väsymismurtumien johdosta laivan runkoon kerääntynyt vuotovesi voidaan koota. Vuoto on merkki rungossa olevista vaarallisista rasitusrepeämisistä. Syvennyksestä vuotovesi voidaan sitten kanavoida laivan pohjaan ja poistaa sieltä ao. laitteilla (ei kuviossa).

Liitosrakenteiden 160 yläpuolella olevat tilat 179 ja 184 on täytetty 3D-vahtoeristysuihkaleilla 186 ja 188, joiden välissä on toinen 1. sekundäärivuorauslevy 190, esim. hartsilla kyllästettyä lasikuitua. Suikaleet 186 ja 188 on liimattu vastaaviin vahtoeristyskerroksiin 14 ja 16 kohdissa 191 ja 193.

Kuviot 12 ja 13 havainnollistavat levyn 156 rakennetta ja si-

jaintia säiliön sisäpinnan kaikissa muissa osissa, mutta ei kulmissa. Kuviossa 14 nähdään  $135^\circ$  pitkittäiskulma, joka vastaa kuviossa 4 esitettyä. Liitosrakenteet 160 on sijoitettu kulman kärjen molemmille puolille, ja eristystukilevy 194, jossa on myös  $135^\circ$  kulma, on sijoitettu osien 160 väliin ja yhdistetty päistään levyyn 156.

Kuviossa 15 nähdään tukilevyrakenne  $90^\circ$  kulmassa (ks. kuvio 2). Teräksinen tukilevy 196 on taivutettu suoraan kulmaan ja kiinnitetty molemmista päistään laivan runkoon 12 hitsatuilla pulteilla 198. Tätä varten levyn 196 päihin on tehty kulmaosat 200, jotka pysyvät paikallaan pulteilla 198 ja niihin liittyvillä muttereilla 202. Osat 200 on taivutettu Z-muotoisiksi kulmatukilevyn 196 päiden ympäri, jolloin on saatu litteä ulospäin suuntautuva osa 204, joka on tuettu paikalleen liitososilla 160. Osien 200 päät 204 ja levyn 196 päiden ulkopinta (pulttien 198 kohdalla) on kiinnitetty liimalla laivan runkoon (kohta 206). Nyt on huomattava, että liimakerroksen 206 on oltava niin paksu, että tukilevy 196 jää jonkin matkan päähän rungosta.

Kuviossa 15 näkyvässä kulmarakenteessa olevat Nelson-pultit 22, joihin yhdysosat 62 on liitetty, on kiinnitetty kulmatukilevyyn 196 eikä laivan runkoon 12, kuten kuviossa 2 näkyvässä rakenteessa, jossa ei ole lainkaan kulmatukea.

Kolmisärmiökulman tukilevyrakenne, joka on muodostettu  $135^\circ$  ja  $90^\circ$  kulmista (kuviot 6 ja 7), vastaa kuvioita 14 ja 15, kuitenkin sillä erotuksella, että kulmatukilevy, joka vastaa kuvioiden 14 ja 15 osia 194 ja 196, on kolmisärmiön muotoinen, ts. samanlainen kuin kuvioiden 6 ja 7 teräksinen kolmisärmiökulma 114, mutta siitä tietyn etäisyyden päässä (kuvio 15).

Tällainen tukilevyrakenne, joka on siis tarkoitettu kolmisärmiö-1. kolmitiekulmaa varten, on esitetty kuvioissa 16 ja 17. Taivutettu tukilevy 208 on kolmisärmiön muotoinen; sen kaksi sivua 210 muodostavat keskenään  $135^\circ$  kulman, ja kolmas sivu 212 muodostaa taas näiden kanssa  $90^\circ$  kulman. Kolmisärmiötukilevyn 208 sivut 210 ja 212 ovat tietyn etäisyyden päässä laivan rungosta 12 aivan samalla tavalla kuin kuvioissa 14 ja 15 esitetyt kulmatukilevyt 194 ja 196, ts. liitosrakenteilla 160 sekä tuki- ja liitososilla 198, 200, 202 ja 204 (kuviot 14 ja 15). Levy 208 on kiinnitetty molemmista päistään päätukilevyyn 156. Kuvioista 16 ja 17 voidaan kuitenkin todeta, että liitosputkien 128 päät on yhdistetty kierteillä teräsputkiin 130, jotka on puolestaan hitsattu kolmisärmiötukilevyyn 208. Tässä rakenteessa sekä

veto- että taivutuskuormitukset, jotka johtuvat primäärivuorauksen 18 kutistumisesta, siirretään liitososilla 128 tukilevyyn 208 ja siitä edelleen runkoon 12.

Edellä esitetystä voidaan todeta, että keksintö koskee uusia tukijärjestelmiä säiliöiden ja laivojen kryogeenisen erityisjärjestelmän primäärivuorausta varten. Keksinnön mukaisesti rakenteisiin kuuluu vahvistettuja vaahtoeristyskerroksia ja nimenomaan erilaisia kulmia käsittäviä kulmarakenteita, jotka on suunniteltu lähinnä siirtämään sekä veto- että taivutuskuormituksia primäärikalvosta laivan sisärunkoon, niin että voidaan välttää primäärilevyn taipuminen lommoille ja murtuminen. Keksinnön mukaisesti rakenteisiin kuuluu lisäksi primäärikalvon ja säiliön seinämän tai laivan rungon välissä olevat vaahtoeristyskerrokset. Keksintö edellyttää myös uusia rakenteita, joilla primäärikalvo tuetaan siihen liittyvään eristyskerrokseen ja joilla po. vuorauuskalvo kiinnitetään eristyskerrokseen ilman näiden väliin tulevaa liimakerrosta. Lisäksi keksintöön kuuluu erilaisia laitteita ja rakenteita, joilla pystytään ilmaisemaan mahdolliset vuodot sekä primäärikalvoon liittyvässä pääeristysjärjestelmässä että sekundäärivuoraukskalvoon liittyvässä sekundäärieristysjärjestelmässä. Edelleen keksintö käsittää laitteita ja menetelmiä, joiden avulla vaahtoeristysjärjestelmä pystytään tukemaan tietyn etäisyyden päähän säiliön tai laivan rungon sisäseinämästä, vaikka ao. seinämä tai laivan runko olisikin epätasainen. Tällöin välttytään eristyksen kiinnittämiseltä suoraan säiliön seinämään tai laivan runkoon ja samalla saadaan syvennys, johon laivan rungossa oleva vesi voidaan koota. Keksinnön eräänä tärkeänä piirteenä on myös uuden rakenteen soveltaminen yhdistettäessä primäärivuorausta 1. -kalvoa säiliön seinämään tai laivan runkoon näiden kulmissa. Keksinnön mukaan tällainen liitosrakenne ja vaahtoeristyskerros pääsevät liikkumaan toisiinsa nähden ao. kulmassa po. vuorauuskalvon 1. -levyn synnyttämien ja ao. kulmassa säiliön seinämään tai laivan runkoon siirrettyjen vetokuormitusten alaisina.

Vaikkakin keksinnön mukainen kryogeeninen eristysjärjestelmä on erittäin tehokas laivoissa ja säiliöaluksissa, sitä voidaan käyttää myös missä tahansa muussakin kryogeeniselle nesteelle tarkoitettussa säiliössä, esim. proomuissa, varastosäiliöissä, lentokoneissa ja avaruusaluksissa. Kolmiulotteisella (3D) kuituvahvisteella varustetun vaahtoeristyksen paksuutta voidaan vaihdella kulloinkin kyseeseen tulevan rakenteen mukaan.

Edellä on keksinnön havainnollistamiseksi selostettu vain muutamia erikoisrakenteita. Alan asiantuntijoiden mieleen tulee var-

masti muitakin muunnelmia ja rakennevaihtoehtoja. Näin ollen keksintö on rajattu vain oheisten patenttivaatimusten suojapiiriin puitteissa.

#### Patenttivaatimukset

1. Säiliö kryogeenisille nesteytetyille kaasuille, joka säiliö käsittää säiliön seinän (12), ainakin yhden kuitulujitteisen muovivaahoeristyskerroksen (14,16), joka on sijoitettu säiliön seinän viereen ja matalia lämpötiloja sietävän metallivuorauksen (18), joka on kosketuksessa mainitun ainakin yhden vaahoeristyskerroksen sisäpintaan, t u n n e t t u siitä, että metallivuorauksen (18) viereisen kuitulujitteisen vaahoeristyskerroksen (16) lujituskuidut (23) ulottuvat vaahoeristyskerroksen (16) ulkopinnan yli, kannattavat vuorausta (18) ja aikaansaavat tilan vuorauksen ja vaahoeristyskerroksen väliin kaasujen poistamiseksi mainitusta tilasta.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säiliö, t u n n e t t u siitä, että kuitulujitteisen vaahoeristyskerroksen (16) näkyviin jäävät kuitujen päät (25), jotka ulottuvat vaahoeristyskerroksen (16) ulkopinnan yli, on jäykistetty.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen säiliö, t u n n e t t u siitä, että vaahoeristyskerros on X-, Y- ja Z-kuitulujitteinen polyuretaanivaahokerros ja ulospäin suuntautuvat näkyviin jäävät kuitujen päät (25) ovat Z-kuitujen päitä, jotka on jäykistetty levittämällä kovaa hartsia kuitujen päihin (25).

4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen säiliö, t u n n e t t u siitä, että siinä on toinen kuitulujitteinen muovivaahoeristyskerros (14) mainitun ainakin yhden vaahoeristyskerroksen (16) vieressä ja sijoitettuna säiliön seinän (12) viereen, ja toinen vuoraus (20) sijoitettuna ensimmäisen (16) ja toisen vaahoeristyskerroksen (14) väliin, joka toinen vuoraus (20) toimii sulkuuna kryogeenisen nesteen kululle ensimmäisestä vaahoeristyskerroksesta (16) toiseen vaahoeristyskerroksen (14).

## Patentkrav:

1. Behållare för kryotiska kondenserade gaser, vilka behållare omfattar en behållarvägg (12), åtminstone ett fiberförstärkt plastskumisoleringsskikt (14, 16), vilket anordnats intill behållarväggen och en mot låga temperaturer hållfast metallfodring (18), vilken står i beröring med innerytan av nämnda åtminstone ett skumisoleringsskikt, k ä n n e t e c k n a d därav, att förstärkningsfibrerna (23) i det intill metallfodringen (18) liggande fiberförstärkta skumisoleringsskiktet (16) sträcker sig över skumisoleringsskiktets (16) yttre yta, uppbär fodringen (18) och åstadkommer ett utrymme mellan fodringen och skumisoleringsskiktet för eliminering av gaserna ur det nämnda utrymmet.

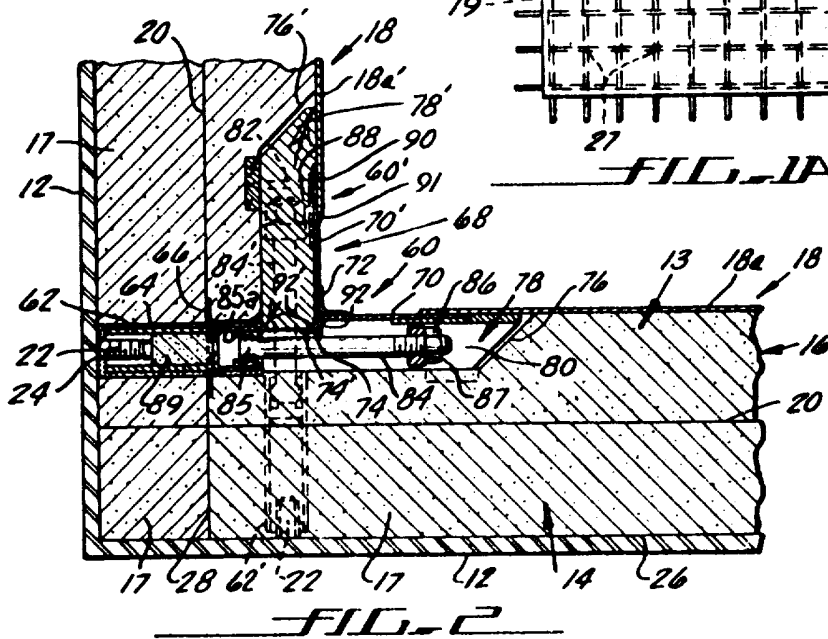
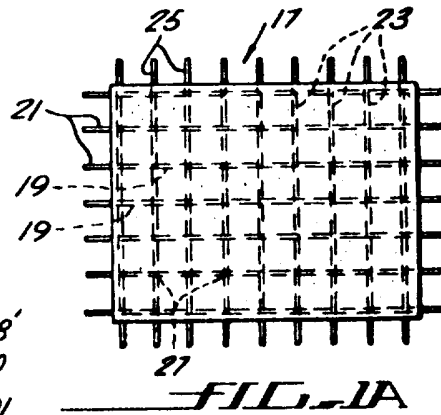
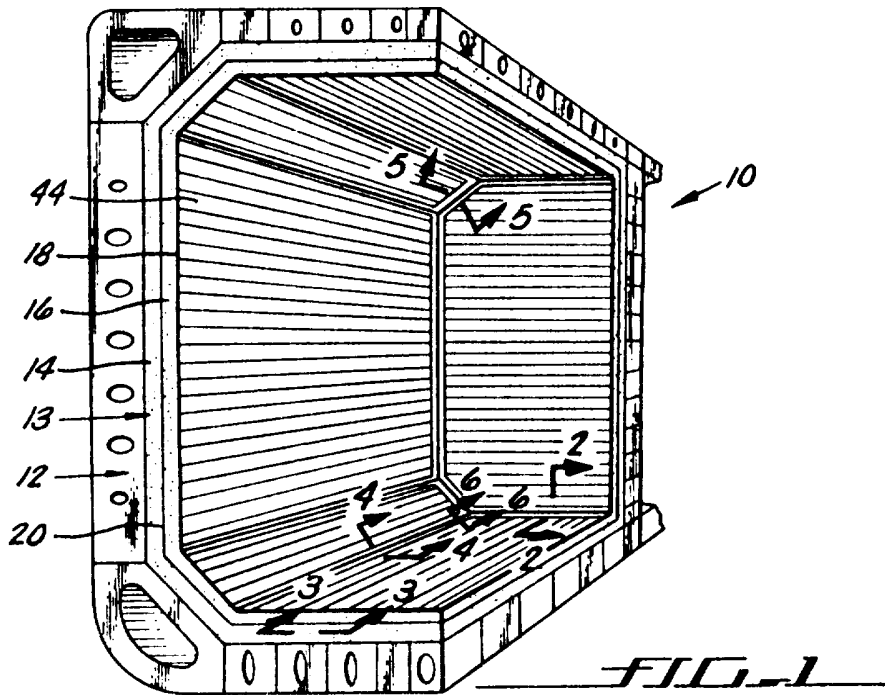
2. Behållare enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att fiberändarna (25) av det fiberförstärkta skumisoleringsskiktet (16), vilka förblir synliga och vilka sträcker sig över yttre ytan av skumisoleringsskiktet (16), har förstyvats.

3. Behållare enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a d därav, att skumisoleringsskiktet är ett X-, Y- och Z-fiberförstärkt polyuretanskumskikt och de utåt riktade fiberändarna (25) som förblir synliga, är ändar av Z-fibrerna, vilka förstyvats genom att på fiberändarna (25) stryka hårt harts.

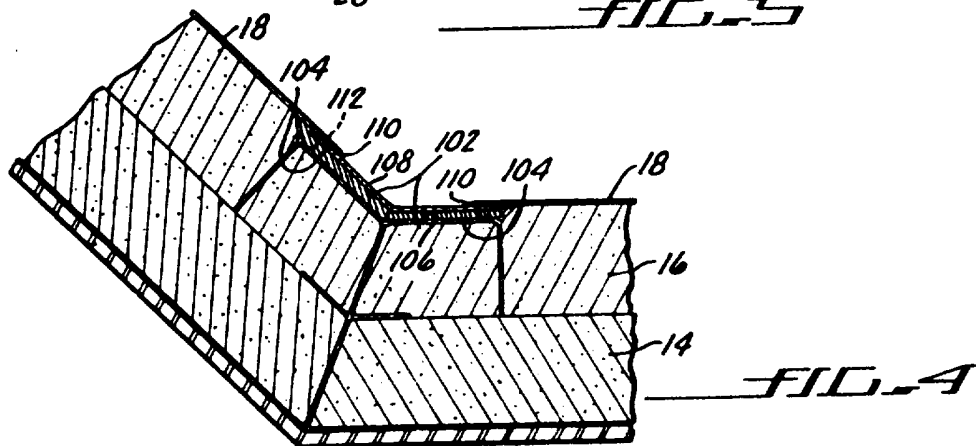
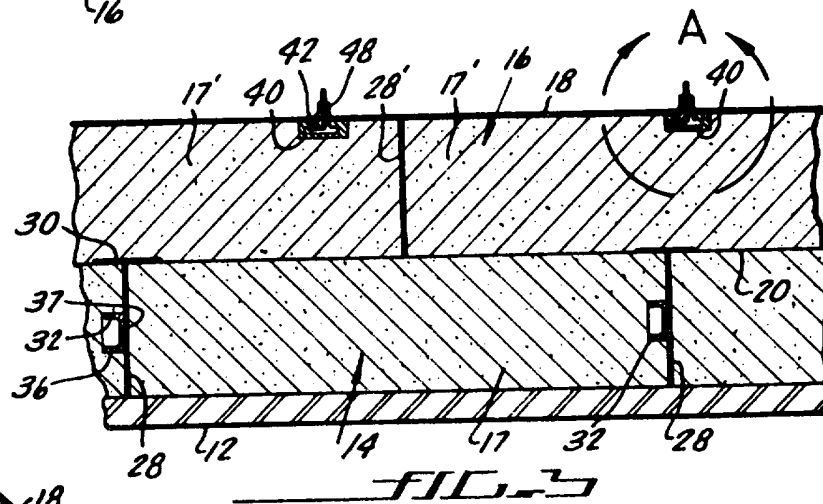
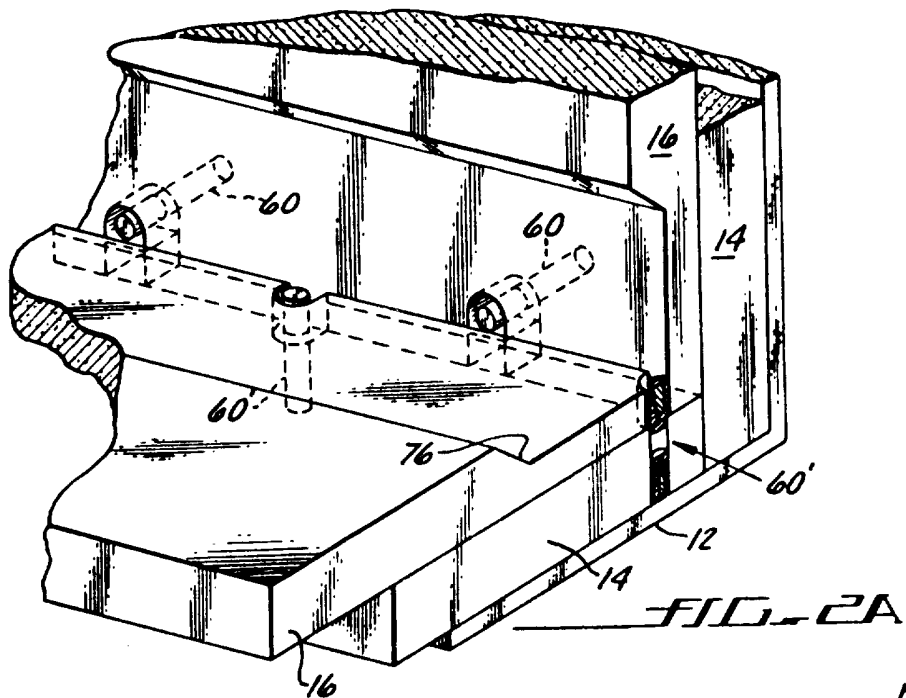
4. Behållare enligt patentkravet 1, 2 eller 3, k ä n n e t e c k n a d därav, att den uppvisar ett andra fiberförstärkt plastskumisoleringsskikt (14) intill ett av nämnda åtminstone ett skumisoleringsskikt (16) och är anordnat intill behållarväggen (12), och en, mellan det första (16) och det andra skumisoleringsskiktet placerad andra fodring (20), vilken andra fodring (20) verkar som spärr för den kryotiska vätskans förlopp från det första skumisoleringsskiktet (16) till det andra skumisoleringsskiktet (14).

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Kuulutusjulkaisuja:-Utläggningsskrifter: Norja-Norge(NO) 117 984, 119 745, 124 959, 127 771 (F 17 C 3/00), 127 123 (F 17 C 3/04). Saksan Liittotasavalta-Förbundsrepubliken Tyskland(DE) 2 228 325 (F 17 C 3/04).  
Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: USA(US) 3 155 266 (220-15), 3 392 866 (220-15), 3 547 302 (B 65 D 25/00), 3 339 783 (220-15), 3 399 800 (220-15), 3 403 651 (114-74).



66071



65071

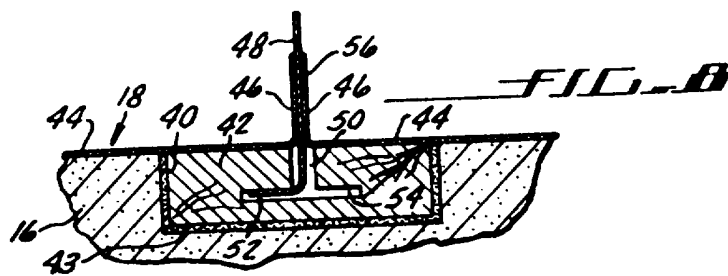
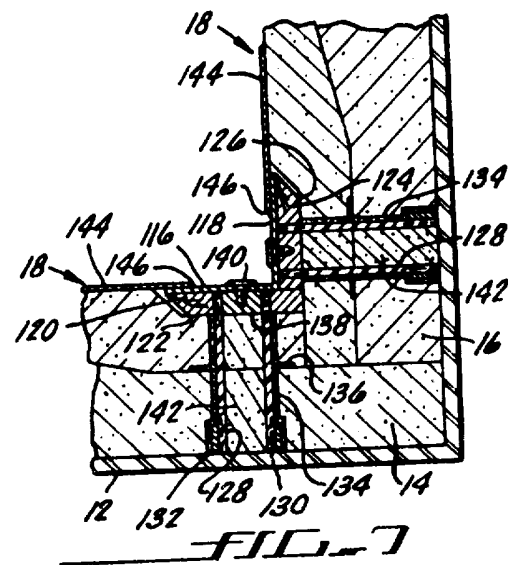
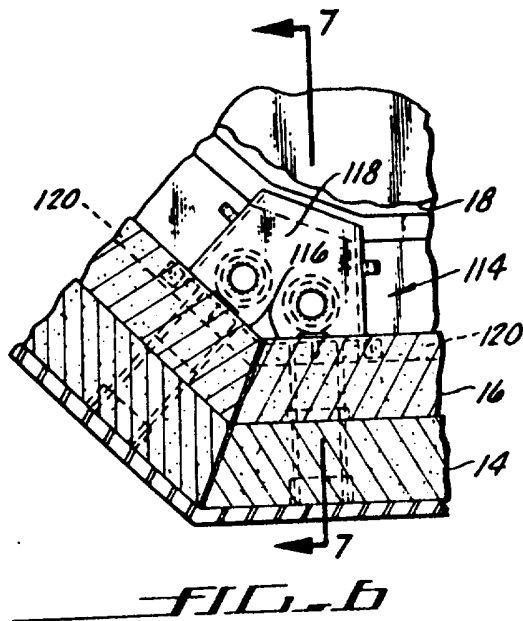
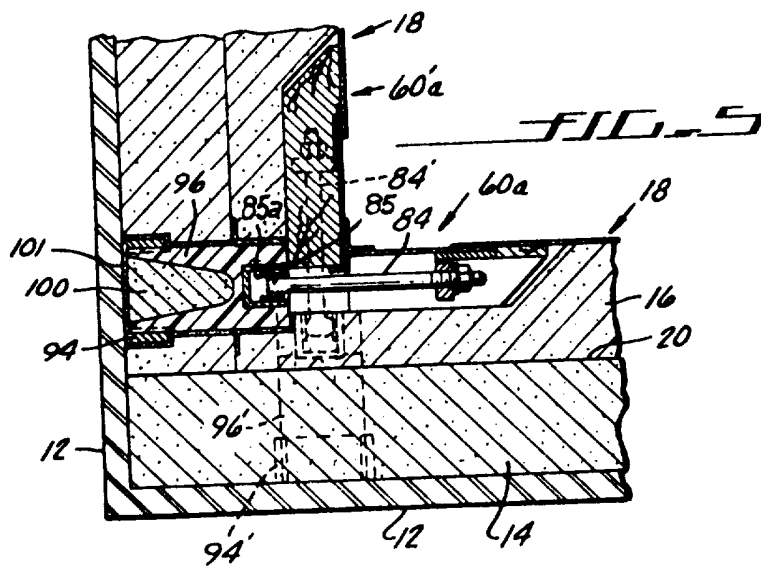


FIG. 9

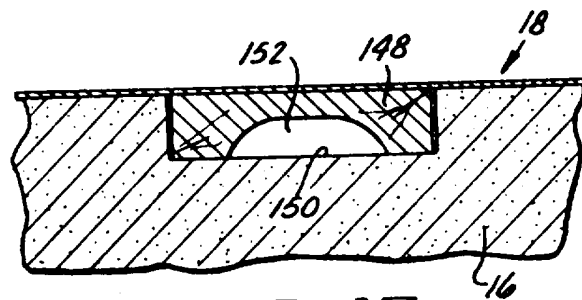
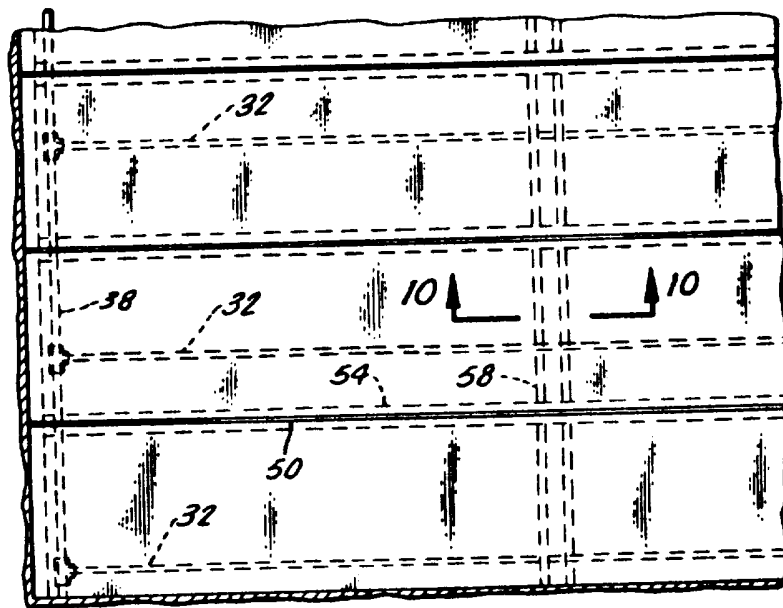


FIG. 10

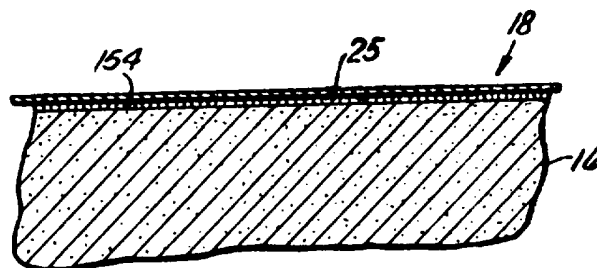


FIG. 11

