

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN  
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 129268 B**  
(12) **PATENTTIJULKAISU**  
**PATENTSKRIFT**  
**PATENT SPECIFICATION**

- (45) Patentti myönnetty - Patent beviljats - Patent granted **29.10.2021**
- (51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -  
International patent classification  
**F17C 3/08 (2006.01)**  
**F25D 19/00 (2006.01)**
- (21) Patenttihakemus - Patentansökning - Patent application 20205481
- (22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **13.05.2020**
- (23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **13.05.2020**
- (43) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **29.10.2021**

(73) Haltija - Innehavare - Proprietor  
**1 • Bluefors Oy, Arinatie 10, 00370 HELSINKI, SUOMI - FINLAND, (FI)**

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor  
**1 • Salmela, Anssi, HELSINKI, SUOMI - FINLAND, (FI)**  
**2 • Vorselman, Pieter, HELSINKI, SUOMI - FINLAND, (FI)**  
**3 • Blaauwgeers, Rob, HELSINKI, SUOMI - FINLAND, (FI)**

(74) Asiamies - Ombud - Agent  
**Papula Oy, PL 981, 00101 Helsinki**

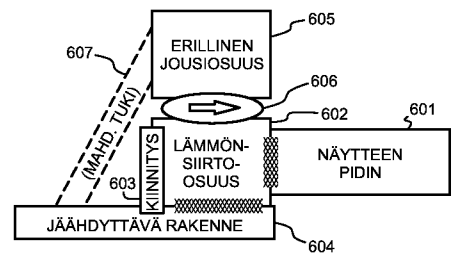
(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention  
**LAITE JA MENETELMÄ LÄMPÖÄ JOHTAVAN KYTKENNÄN TEKEMISEKSI**  
**Anordning och förfarande för att göra en värmeledande koppling**  
**Device and method for providing a thermally conductive coupling**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer - References cited  
JP H09287837 A, GB 2538084 A

(57) Tiivistelmä - Sammandrag - Abstract

Kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen (601) jäädytykseen tarkoitettussa laitteessa on lämmönsiirtoosuus (602), joka muodostaa kosketuspinnan mainittua kappaletta (601) varten, ja välineet lämmönsiirto-osuuden (602) kiinnittämiseksi jäädytettävään rakenteeseen (105, 107, 111, 604) niin, että mainittu kosketuspinta jää vapaaksi. Laitteessa on jousisuus (605), joka on mainitusta lämmönsiirto-osuudesta (602) erillinen ja joka on järjestetty kohdistamaan lämmönsiirto-osuuteen (602) jousivoima (606), joka painaa mainittua kosketuspintaa siihen suuntaan, jossa se on tarkoitettu koskettamaan mainittua kappaletta (601).

Anordningen för kylning av ett stycke (601) som ska förflyttas inuti en kryostat uppvisar ett värmeöverföringsavsnitt (602), som bildar en kontaktyta för nämnda stycke (601), och medel för att fästa värmeöverföringsavsnittet (602) i en kylande konstruktion (105, 107, 111, 604), så att nämnda kontaktyta blir fri. Anordningen uppvisar ett fjäderavschnitt (605), som är separat från nämnda värmeöverföringsavschnitt (602) och som är anordnat att rikta på värmeöverföringsavschnittet (602) en fjäderkraft (606), som trycker nämnda kontaktyta i den riktning där den är avsedd att vidröra nämnda stycke (601).



## LAITE JA MENETELMÄ LÄMPÖÄ JOHTAVAN KYTKENNÄN TEKE- MISEKSI

### 5 KEKSINNÖN ALA

Keksintö koskee yleisesti kryostaatteja, joissa jäähdytettävä kappale voidaan tuoda kryostaatin sisään niin, että siitä on johdettava lämpöä pois kryostaatin rakenteisiin. Erityisesti keksintö koskee  
10 sitä, miten lämpöä johtava kytkentä voidaan tehdä tehokkaaksi.

### KEKSINNÖN TAUSTA

Kryostaatteja käytetään kappaleiden jäähdyttämiseksi erittäin mataliin lämpötiloihin. Jäähdytettävää kappaletta on tavattu kutsua yleisesti näytteeksi (engl. sample) ja paikkaa, jossa se jäähtyy alimpiin lämpötiloihinsa, kohdealueeksi (target region). Näytteen saamiseksi kohdealueelle on kaksi toisistaan  
20 poikkeavaa vaihtoehtoa. Perinteisimmässä menetelmässä koko kryostaatti lämmitetään ja avataan, näyte kiinnitetään kohdealueelle käsin ja kryostaatti suljetaan, minkä jälkeen koko kryostaatti näytteineen on jäähdytettävä uudelleen. Nopeampia näytteen vaihtoja varten  
25 kryostaatti on mahdollista varustaa näytteen vaihtimella (sample changer).

Kuva 1 on yksinkertaistettu esitys näytteen vaihtimella varustetusta kryostaatista. Tässä on kyseessä kaksivaiheista mekaanista esijäähdytystä käyttävä kryostaatti, jonka sisimmässä osassa on laimennusjäähdytin (engl. dilution refrigerator). Kryostaatin uloimpana osana toimiva tyhjiökammio 101 on esitetty katkoviivoin. Sen kantena toimii huoneenlämpölaippa 102, johon mekaanisen esijäähdyttimen ylin osa  
30 103 on kiinnitetty. Mekaanisen esijäähdyttimen ensimmäinen aste 104 on kiinni ensimmäisessä kylmälaipassa

105 ja toinen aste 106 toisessa kylmälaipassa 107. Kolmannella kylmälaipalla 108 sijaitsee laimennusjäähdyttimen haihdutusastia (still) 109. Laimennusjäähdyttimen sekoituskammio (mixing chamber) 110 on kiinni  
5 neljännessä kylmälaipassa 111. Laippojen välillä voi olla lämmönjohtavuudeltaan säädettäviä kytkentöjä, joita ei selkeyden vuoksi ole esitetty tässä. Kohdealue 112, johon näyte kiinnitetään, on eräs neljännen kylmälaipan 111 osa tai muuten niin hyvässä lämpöä  
10 johtavassa yhteydessä sekoituskammioon 110 kuin mahdollista. Käytön aikana ensimmäisen kylmälaipan 105 lämpötila voi olla useita kymmeniä kelvinasteita, toisen kylmälaipan 107 lämpötila noin 4 K, kolmannen kylmälaipan 108 noin 1 K ja neljännen kylmälaipan 111  
15 lämpötila vain joitakin millikelvinejä.

Kuvan 1 kryostaatissa on yläpuolityyppinen näytteen vaihdin (engl. top loader); tekniikan tasosta tunnetaan myös alapuolityyppisiä (bottom loader) tai tyhjiökammion kylkeen kiinnittyviä ratkaisuja. Näytteen vaihtimeen kuuluu tyhjiöputki 113, joka kiinnitetään  
20 ilmatiiviisti tyhjiökammion porttiventtiiliin 114. Näyte, jota ei ole erikseen esitetty kuvassa 1, on kiinni näytteen pitimessä 115, joka on aluksi vedettynä tyhjiöputken 113 sisään. Kun tyhjiöputki 113 on kiinnitetty porttiventtiiliin 114 ja pumpattu tyhjäksi ilmasta, näytteen pidin 115 voidaan työntää paikalleen kohdealueelle 112 siirtovartta (probe) 116 tai  
25 -varsia käyttäen. Tätä varten kaikissa sen reitillä olevissa laipoissa ja muissa rakenteissa on oltava kohdakkain osuvat reiät, jotka muodostavat ns. siirtoväylän (clearshot).

Jos näyte ja näytteen pidin 115 ovat huoneenlämpöisiä saapuessaan kohdealueelle 112, niiden sisältämä lämpö on siirrettävä pois läpi koko kryostaatin  
35 sen sisimmästä osasta ulos saakka. Tämä on mahdollista mutta hidasta, koska ymmärrettävistä syistä kaikenlainen lämmön siirtyminen ulkoilman ja kryostaatin sisim-

män osan välillä pyritään käytön aikana minimoimaan. Lisäksi kryostaatin sisimmät jäähdyttävät laitteet ovat jäähdytysteholtaan heikoimpia, vaikka pystyvätkin saavuttamaan alimpia lämpötiloja. Usein on edullisem-

5 paa pyrkiä esijäähdyttämään näytettä ja näytteen pidintä matkalla kohti kohdealuetta. Lämpöä johtavan kytkennän muodostamiseksi näytteen pitimen ja sopivan jäähdyttävän osan välille voidaan käyttää mekaanista kontaktia tai lämpöä johtavaa kaasua.

10 Kuvat 2 ja 3 esittävät esijäähdytysperiaatetta, joka tunnetaan patenttijulkaisusta EP 2409096 B1. Siinä laipoissa olevat reiät 201 ja näytteen pidin 115 eivät ole pyöreitä vaan ne on muotoiltu niin, että eräässä kiertoasennossa näytteen pitimen 115 uloimmat

15 kohdat osuvat laippaan reiän 201 vieressä. Näissä kohdissa on ruuvinreiät 301. Keskitetyn siirtovarren 116 lisäksi tai asemesta näytteen vaihtimessa on ruuvausvarret 202, joiden uloimmassa päässä olevien kierteiden (tai joiden välityksellä kierrettävien erillisten

20 pulttien) avulla näytteen pidin 115 voidaan väliaikaisesti kiinnittää laippaan kuten kuvassa 2. Kun riittävä esijäähdytys on saatu aikaan, kie rteet tai pultit kierretään auki ja näytteen vaihdin kierretään sopivaan asentoon, jossa se mahtuu kulkemaan laipassa olevan reiän 201 läpi kuten kuvassa 3. Samoja kie rteitä tai pultteja voidaan käyttää myös näytteen pitimen 115 kiinnittämiseksi paikalleen kohdealueella.

Kuvien 2 ja 3 mukaisessa ratkaisussa on useita haittapuolia. Ensinnäkin se rajoittaa näytteen pitimen muotoilua ja tekee laipoissa olevien reikien työstämisestä monimutkaisempaa. Toiseksi on huomioitava kitka, joka aiheutuu kierteiden tai pulttien kiristämisestä. Koska metallien ja muiden kiinteiden aineiden ominaislämpökapasiteetti kylmänä on hyvin pieni,

35 pienikin määrä kitkan tuottamaa lämpöä voi riittää lämmittämään sen kanssa tekemisissä olevia kappaleita useiden asteiden verran. Rakenne on myös hyvin riippu-

vainen mekaanisten kappaleiden fyysisistä ulottuvuuksista, jotka pienenevät lämpötilan laskiessa. Mekaanisen yhteensopivuuden vaatimus voi aiheuttaa ongelmia mekanismin toimivuudelle, kun kylmeneminen muuttaa  
5 kappaleiden ulottuvuuksia.

Tekniikan tasosta tunnetaan myös lämpöä johtavien jousien käyttö, jota havainnollistavat kuvat 4 ja 5. Näyte 401 on kiinnitetty näytteen pitimeen 115, joka on tässä tapauksessa oleellisesti kiekkomainen ja  
10 valmistettu lämpöä hyvin johtavasta materiaalista. Laipassa 105 olevan reiän ympärille on kiinnitetty joukko jousia 402, joiden materiaali on sekä joustavaa että lämpöä johtavaa. Kun näytteen pidin 115 työntyy jousien väliin kuvan 5 mukaisesti, ne joustavat ulospäin ja painautuvat jousivoimallaan näytteen pitimen  
15 115 reunoja vasten.

Kuvien 4 ja 5 mukaisen ratkaisun haittapuolet liittyvät siihen, että ainakaan toistaiseksi ei tunneta materiaalia, joka olisi riittävän joustavaa ja jonka lämmönjohtokyky olisi samaan aikaan riittävän suuri. Hyvää joustavuutta tarvitaan, koska kahden kiinteän kappaleen koskettaessa toisiaan lämmönjohtavuus riippuu merkittävästi niistä toisiinsa painavan voiman suuruudesta. Kupari on hyvä esimerkki materiaalista,  
20 joka johtaa hyvin lämpöä mutta joka ei juuri jousta: jos "jousina" käytettäisiin kuparikielekkeitä, ne taipuisivat ulompaan asentoonsa ensimmäisellä käyttökeralla ja jäisivät palautumatta, jolloin kaikki myöhemät esijäähdytysyritykset kariutuisivat liian heikkoon  
30 kontaktiin. Beryllium-kupariseoksesta taas saa ominaisuuksensa hyvin säilyttäviä jousia, mutta sen lämmönjohtavuus on niin huono, että jouset on pinnoitettava esimerkiksi kullalla tai hopealla. Pinnoite jää kuitenkin vääjäämättä niin ohueksi, että yhteenlaskettu  
35 hyvin lämpöä johtava poikkipinta näytteen pitimen 115 ja laipan 105 välillä on verrattain pieni.

Tekniikan tasosta tunnetaan julkaisu JP H09287837 A, jossa keskeinen ajatus on kryostaattia jäähdyttävän jäähdytinlaitteen tekeminen liikkuvaksi niin, että se saadaan tarpeen tullen koskettamaan 5 jäähdytettävää pintaa kryostaatin sisällä.

Tekniikan tasosta tunnetaan myös julkaisu GB 2538084 A. Siinä esitetään eräs mekanismi, jolla on mahdollista kohdistaa mekaaninen voima kryostaatin sisällä olevaan jäähdytettyyn kappaleeseen käyttämällä 10 liikkuvia osia, jotka osin ulottuvat kryostaatin seinämien läpi.

#### KEKSINNÖN YHTEENVETO

15 Esillä olevan keksinnön tavoitteena on esittää laite ja menetelmä, joilla kryostaattiin sisään vietävän esineen jäähdyttäminen on tehokasta. Keksinnön tavoitteena on myös, että sen mukaiset laite ja menetelmä kestävät hyvin käyttöä menettämättä tehoaan 20 useidenkaan käyttökertojen jälkeen. Keksinnön tavoitteena on lisäksi, että ne ovat sovellettavissa monille eri kokoisille ja muotoisille jäähdytettävillä esineille. Keksinnön tavoitteena on edelleen, että sen edellyttämät laiteosat on mahdollista tehdä yleisesti 25 saatavilla olevista materiaaleista ja tavanomaisia työstömenetelmiä käyttäen.

Keksinnön tavoitteet saavutetaan käyttämällä rakenteessa lämmönsiirto-osaa ja erillistä jousiosaa, jonka joustavuus pakottaa lämmönsiirto-osan hyvään 30 kontaktiin jäähdytettävän esineen kanssa.

Keksinnön mukaisessa laitteessa lämpöä johtavan kytkennän tekemiseksi kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen jäähdytystä varten on:

35 - lämmönsiirto-osuus, joka muodostaa kosketuspinnan mainittua kappaletta varten,

- välineet lämmönsiirto-osuuden kiinnittämiseksi jäädyttävään rakenteeseen niin, että mainittu kosketuspinta jää vapaaksi ja

5 - jousiosuus, joka on mainitusta lämmönsiirto-osuudesta erillinen ja joka on järjestetty kohdistamaan lämmönsiirto-osuuteen jousivoima, joka painaa mainittua kosketuspintaa siihen suuntaan, jossa se on tarkoitettu koskettamaan mainittua kappaletta.

10 Erään suoritusmuodon mukaan lämmönsiirto-osuudessa on useita kehän muotoon asetettuja lämmönsiirto-osia, jolloin mainittu kosketuspinta muodostuu lämmönsiirto-osien niistä pinnoista, jotka ovat kehän sisään päin. Tällä saavutetaan se etu, että suuri osa kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen ulkopinnasta voidaan valjastaa lämmönsiirron tarpeisiin.

20 Erään suoritusmuodon mukaan mainitussa jousiosuudessa on yksi tai useampia jousiosia, joka on tai jotka ovat mainittujen kehän muotoon asetettujen lämmönsiirto-osien ulkopuolella ja joka painaa tai jotka painavat lämmönsiirto-osia kohti kehän keskipistettä. Tällä saavutetaan se etu, että tehokkaaseen lämmönsiirtoon tarvittava puristava voima voidaan kohdistaa symmetrisesti kryostaatin sisällä liikutettavaan kappaleeseen.

25 Erään suoritusmuodon mukaan laitteessa on välineet mainitun jousiosuuden tukemiseksi mainittuun jäädyttävään rakenteeseen. Tällä saavutetaan se etu, että aikaansaatavan jousivoiman määrän ja suunnan hallitseminen on yksinkertaista.

30 Erään suoritusmuodon mukaan mainitussa lämmönsiirto-osuudessa on kiinnitysrengas, jolla on sisempi reuna, ja joukko lämmönsiirtoliuskvoja, jotka kiinnittyvät yhdestä päästään kiinnitysrenkaan sisempään reunaan ja joiden toinen, vapaa pää suuntautuu  
35 suuntaan, joka on oleellisesti kiinnitysrenkaan määräämää tasoa vastaan kohtisuorassa. Tällä saavutetaan

se etu, että lämmönsiirto-osuuden valmistaminen juuri halutun kokoiseksi ja muotoiseksi on helppoa.

Erään suoritusmuodon mukaan mainitussa jousiosuudessa on tukirengas, joka on kiinnitetty mainitun kiinnitysrenkaan päälle ja jolla on sisempi pinta, ja joukko jousiliuskoja, jotka tukeutuvat mainitun tukirenkaan sisempään pintaan ja jotka on järjestetty kohdistamaan mainittuihin lämmönsiirtoliuskoihin mainittu jousivoima. Tällä saavutetaan se etu, että jousivoima saadaan kohdistumaan lämmönsiirto-osuuteen halutulla tavalla.

Erään suoritusmuodon mukaan mainitut jousiliuskat muodostavat yhtenäisen, ympäri mainitun tukirenkaan sisempää pintaa jatkuvan jousiliuskanauhan, joka tukeutuu yhteen tai useampaan uraan mainitun tukirenkaan sisemmässä pinnassa. Tällä saavutetaan valmistusteknistä etua jousiosuuden valmistamisessa.

Erään suoritusmuodon mukaan laitteessa on lisäksi ylempi kiinnitysrengas, joka on kiinnitetty mainitun tukirenkaan päälle ja joka on järjestetty tukemaan kunkin mainituista lämmönsiirtoliuskoista vapaa pää asentoon, joka on kauempana lämmönsiirtoliuskojen muodostaman kehän keskilinjasta kuin lämmönsiirtoliuskojen keskikohta. Tällä saavutetaan se etu, että lämmönsiirtoliuskojen asento on erityisen hyvä kryostaattin sisällä liikutettavan kappaleen liikuttamista ajatellen.

Erään suoritusmuodon mukaan mainittu lämmönsiirto-osuus on valmistettu kuparista tai hopeasta. Tällä saavutetaan se etu, että lämmönsiirto-osuuden lämmönjohtavuus on suuri.

Erään suoritusmuodon mukaan kuparista tai hopeasta valmistettu lämmönsiirto-osuus on pinnoitettu kullalla. Tällä saavutetaan se etu, että lämmönsiirto-osuuden tärkeät pinnat eivät hapetu ja että niiden lämmönjohtokyky säilyy hyvänä pitkään.

Erään suoritusmuodon mukaan mainittu jousiosuus on valmistettu beryllium-kupariseoksesta. Tällä saavutetaan se etu, että jousiosuuden jousto-  
ominaisuudet sopivat hyvin käytettäväksi kryostaatin  
5 kaltaisessa, hyvin alhaisia lämpötiloja sisältävässä  
ympäristössä.

Keksinnön mukaisessa järjestelyssä kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen jäähdyttämiseksi, on jäähdyttävä rakenne ja siihen kiinnitettynä laite,  
10 joka on jonkin edellä annetun kuvauksen mukainen.

Erään suoritusmuodon mukaan järjestelyssä on ensimmäinen jäähdyttävä rakenne ja siihen kiinnitettynä ensimmäinen laite, joka on edellä annetun kuvauksen mukainen. Järjestelyssä voi tällöin olla toinen jäähdyttävä rakenne ja siihen kiinnitettynä toinen laite,  
15 joka sekin on jonkin edellä annetun kuvauksen mukainen. Ensimmäisessä jäähdyttävässä rakenteessa voi olla aukko, joka on samankeskinen mainittujen ensimmäisen ja toisen laitteen kanssa. Mainituissa ensimmäisessä  
20 laitteissa laitteen kosketuspinta voi muodostaa kehän, jolla on ensimmäinen halkaisija. Mainituissa toisissa laitteissa laitteen kosketuspinta voi muodostaa kehän, jolla on toinen halkaisija, joka on pienempi kuin ensimmäinen halkaisija. Mainitun aukon halkaisija voi  
25 olla suurempi kuin mainitut ensimmäinen ja toinen halkaisija. Tällä saavutetaan se etu, että kryostaatin sisällä liikutettavassa kappaleessa voi olla kaksi halkaisijaltaan erilaista osaa, joista kumpikin on sovitettu vastaamaan lämmönsiirtoa aivan tietyn laitteen  
30 kautta.

Erään suoritusmuodon mukaan mainittu toinen jäähdyttävä rakenne muodostaa kohdealueen kryostaatissa jäähdytettävän kappaleen kiinnittämistä varten. Tällä saavutetaan se etu, että tässä sijainnissa lämmönsiirto palvelee kappaleen saamista mahdollisimman  
35 kylmäksi.

Erään suoritusmuodon mukaan järjestelyssä on näytteen pidin, joka muodostaa ainakin osan mainitusta kryostaatin sisällä liikutettavasta kappaleesta. Näytteen pitimessä voi tällöin olla ensimmäinen osuus, joka on halkaisijaltaan yhteensopiva mainitun ensimmäisen halkaisijan kanssa, ja toinen osuus, joka on halkaisijaltaan yhteensopiva mainitun toisen halkaisijan kanssa. Mainittu toinen osuus voi olla näytteen pitimen siinä osassa, joka on ensimmäiseen osuuteen nähden samassa suunnassa kuin mitä mainittu toinen jäähdyttävä rakenne on mainittuun ensimmäiseen jäähdyttävään rakenteeseen nähden. Tällä saavutetaan se etu, että toinen osuus säästyy naarmuilta aiemmissa jäähdytysvaiheissa ja on mahdollisimman naarmuttomana käytettävissä sille tarkoitettussa jäähdytysvaiheessa.

#### KUVALUETTELO

- Kuva 1** esittää kryostaattia,
- 20 **kuva 2** esittää erästä tunnettua esijäähdytysratkaisua,
- kuva 3** esittää myöhempää vaihetta kuvan 2 mukaisen ratkaisun käytössä,
- kuva 4** esittää erästä tunnettua esijäähdytysratkaisua,
- 25 **kuva 5** esittää myöhempää vaihetta kuvan 4 mukaisen ratkaisun käytössä,
- kuva 6** esittää tehokkaan esijäähdyttämisen periaatetta,
- 30 **kuva 7** esittää erästä suoritusmuotoa esijäähdytyksen toteuttamiseksi,
- kuva 8** esittää erästä kuvan 7 ratkaisun osaa,
- kuva 9** esittää erästä suoritusmuotoa esijäähdytyksen toteuttamiseksi,
- 35 **kuva 10** esittää erästä suoritusmuotoa esijäähdytyksen toteuttamiseksi,

**kuva 11** esittää erästä suoritusmuotoa esijäähdytyksen toteuttamiseksi ja

**kuva 12** esittää erästä kuvan 11 suoritusmuodon jatkokehitelmää.

5

#### KEKSINNÖN YKSITYISKOHTAINEN SELOSTUS

Kuva 6 on periaatekuva laitteesta lämpöä johtavan kytkennän tekemiseksi, kun tarkoituksena on 10 jäähdyttää kryostaatin sisällä liikutettavaa kappaletta 601. Liikutettava kappale 601 on kuvassa 6 nimetty näytteen pitimeksi, mutta kyseessä voi olla myös jokin toinen liikutettava kappale. Varsinaisena tarkoituksena voi olla liikuttaa ja jäähdyttää jotakin muuta kohdetta, esimerkiksi näytteen pitimeen kiinnitettyä näytettä. Käytännössä voidaan kuitenkin yleensä ajatella 15 tällaista epäsuorasti liikutettavaa kohdetta (kuten näyte) ja sen liikuttamiseen käytettävää kohdetta (kuten näytteen pidin) yhtenä kryostaatin sisällä liikutettavana kappaleena 601. 20

Kuvan 6 esittämän periaatteen mukaisesti laitteessa on lämmönsiirto-osuus 602, joka muodostaa kosketuspinnan kappaletta 601 varten. Tarkoituksena on 25 siis, että liikutettava kappale 601 ja lämmönsiirto-osuus 602 saatetaan fyysiseen kosketukseen keskenään, jolloin lämpö voi siirtyä niiden välillä johtumalla kiinteästä kappaleesta toiseen. Lämpöä johtava, kappaleiden väliseen fyysiseen kosketukseen perustuva kytkentä on esitetty ristiviivoituksella kuvassa 6. Lämmönsiirto-osuus 602 voi koostua yhdestä tai useammasta 30 kappaleesta.

Kuvan 6 esittämän periaatteen mukaisesti laitteessa on välineet 603 lämmönsiirto-osuuden 602 kiinnittämiseksi jäähdyttävään rakenteeseen 604. Tämä 35 kiinnitys on erityisesti tehty niin, että se lämmönsiirto-osuuden 602 kosketuspinta, jonka on tarkoitus muodostaa kosketus liikutettavaan kappaleeseen 601,

jää vapaaksi. Viimeksi mainittu edellytys on sikäli luonnollinen, että jos kosketuspinta ei olisi vapaana, liikutettavan kappaleen 601 saaminen lämpöä johtavaan kosketukseen lämmönsiirto-osuuden 602 kanssa voisi olla vaikeaa tai mahdotonta. Lämmönsiirto-osuuden 602 ja 5 jäähdyttävän rakenteen 604 välillä on lämpöä johtava kytkentä, jota kuvassa 6 havainnollistaa ristiviivitus.

Kuvan 6 esittämän periaatteen mukaisesti 10 laitteessa on jousiosuus 605, joka on lämmönsiirto-osuudesta 602 erillinen ja joka on järjestetty kohdistamaan lämmönsiirto-osuuteen 602 jousivoima 606. Jousivoima 606 painaa lämmönsiirto-osuuden 602 kosketuspintaa siihen suuntaan, jossa se on tarkoitettu koskettamaan liikutettavaa kappaletta 601. 15

Jousiosuuden 605 ja lämmönsiirto-osuuden 602 erillisuus tarkoittaa, että - tekniikan tasosta poiketen - lämmön johtumista kappaleen 601 ja jäähdyttävän rakenteen 604 välillä ja lämpöä johtavaa kosketusta 20 ylläpitävää voimaa ei yritetä saada aikaan samalla rakenteellisella osalla. Erillisuus ei tarkoita, että jousiosuuden 605 ja lämmönsiirto-osuuden 602 olisi sijaittava kokonaan erillään toisistaan, rakenteen eri osissa. Se tarkoittaa, että jousiosuus 605 voi olla 25 eräs kappale (tai joukko eräitä kappaleita) ja lämmönsiirto-osuus 602 voi olla eräs toinen kappale (tai joukko eräitä toisia kappaleita). Kappale tai kappaleet, jotka muodostavat jousiosuuden 605, voi olla valmistettu eri materiaalista kuin se toinen kappale 30 tai ne toiset kappaleet, jotka muodostavat lämmönsiirto-osuuden. Tämä on jopa suositeltavaa, koska näiltä osuuksilta edellytetään kovin erilaisia ominaisuuksia: lämmönsiirto-osuuden 602 tärkein ominaisuus on lämmön mahdollisimman tehokas johtaminen liikutettavan kappaleen 601 ja jäähdyttävän rakenteen 604 välillä, kun taas jousiosuuden 605 tärkein ominaisuus on hyvän jousivoiman 606 aikaansaaminen. 35

Jousiosuus 605 voi olla tuettu jäähdyttävään rakenteeseen 604, kuten kuvassa 6 on esitetty viitenumerolla 607. Tämä ei kuitenkaan ole välttämätöntä. Esimerkkejä sekä tuetuista että tukemattomista suoritusmuodoista esitellään tarkemmin jäljempänä.

Kuvassa 7 esitetään erään suoritusmuodon mukainen laite lämpöä johtavan kytkennän tekemiseksi kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen jäähdytystä varten. Liikutettavaa laitetta ei ole esitetty kuvassa 7, mutta sen voidaan olettaa olevan esimerkiksi saman tyyppinen pyöreä kiekko kuin edellä tekniikan tason selostuksessa ja kuvissa 4 ja 5. Jäähdyttävä rakenne on eräs kryostaatin laippa 105. Tässä siis oletetaan, että laippaan 105 on (kuvassa 7 esitetyn alueen ulkopuolella) kytketty lämpöä johtavalla tavalla jokin jäähdyttävä laite, kuten esimerkiksi kryostaatin mekaanisen esijäähdyttimen joku aste tai laimennusjäähdyttimen haihdutusastia. Laipassa 105 on pyöreä aukko, jonka läpi liikutettava kappale on tarkoitus kuljettaa. Jos liikutettava laite on näytteen pidin, joka on tarkoitus kuljettaa kohdealueelle, laipassa 105 oleva aukko on osa tähän tarkoitukseen käytettävää siirtoväylää.

Kuvan 7 esittämän laitteen lämmönsiirto-osassa on useita kehän muotoon asetettuja lämmönsiirto-osia 701. Muodoltaan lämmönsiirto-osat 701 muistuttavat tekniikan tason mukaisissa ratkaisuissa käytettyjä, lämpöä johtavia jousia. Erona on kuitenkin se, että kuvan 7 esittämässä suoritusmuodossa niiltä ei edellytetä minkäänlaista kimmoisuutta. Lämmönsiirto-osat 701 voidaan valmistaa esimerkiksi kuparista, jolloin niiden taivuttaminen on suhteellisen helppoa mutta niillä on luontainen taipumus jäädä siihen asentoon, johon ne on taivutettu.

Kuvan 7 mukaisessa suoritusmuodossa on myös välineet lämmönsiirto-osuuden kiinnittämiseksi jäähdyttävään rakenteeseen. Näihin välineisiin kuuluu

kiinnitysrengas 702 ja ruuvit 703, jotka kiinnittävät kiinnitysrenkaan 702 laippaan 105. Kunkin lämmönsiirto-osan 701 uloin pää puristuu tiukasti kiinnitysrenkaan 702 ja laipan 105 väliin. Tämä varmistaa, että  
5 lämpöä johtava kytkentä lämmönsiirto-osien 701 ja jäähdyttävänä rakenteena toimivan laipan 105 välillä pysyy hyvänä.

Lämmönsiirto-osuuden kosketuspinta, joka on tarkoitettu kryostaatin sisällä liikutettavaa kappaletta varten, muodostuu lämmönsiirto-osien 701 niistä  
10 pinnoista, jotka ovat niiden muodostaman kehän sisään päin. Vertaamalla kuvaa 7 kuviin 4 ja 5 on helppo ymmärtää, miten esimerkiksi kiekkomainen näytteen pidin työnnettäisiin lämmönsiirto-osien 701 muodostaman ke-  
15 hän keskelle niin, että sen sylinterimäinen ulkopinta koskettaisi samanaikaisesti jokaiseen lämmönsiirto-osaan 701.

Kuvan 7 esittämässä suoritusmuodossa laitteen jousiosuuteen kuuluu jousiosa 704, joka on kehän muotoon  
20 asetettujen lämmönsiirto-osien 701 ulkopuolella ja joka painaa lämmönsiirto-osia 701 kohti kehän keskipistettä. Jousiosa 704 on esitetty irrallaan kuvassa 8. Se on rengasmainen ja valmistettu jousiteräksestä, beryllium-kupariseoksesta tai muusta vastaavasta ai-  
25 neesta, joka säilyttää kimmoisuutensa myös kryostaatin kylmyydessä.

Jousiosa 704 on mitoitettu niin, että lepotilassa (kun liikutettava kappale ei ole kosketuksissa lämmönsiirto-osiin 701) se puristaa lämmönsiirto-osien  
30 701 yhdessä muodostaman kehämäisen kosketuspinnan halkaisijaltaan pienemmäksi kuin laipassa 105 oleva aukko (ja siis myös pienemmäksi kuin sen liikutettavan kappaleen halkaisija, jota on tarkoitus jäähdyttää). Kun liikutettava kappale sitten painetaan kehän keskelle,  
35 se vääntää lämmönsiirto-osien 701 vapaita päitä ulospäin taivuttaen kutakin lämmönsiirto-osaa 701 sen mutkan kohdalta, jossa lämmönsiirto-osan pystysuora osuus

vaihtuu vaakasuoraksi osuudeksi. Suuntiin viittaavilla termeillä kuten pystysuora ja vaakasuora viitataan koko tässä tekstissä vain kuvissa käytettyyn esitystapaan eikä niillä ole mitään rajoittavaa vaikutusta sen suhteen, miten vastaavat osat suuntautuvat oikeassa laitteessa.

Jousiosan 704 tuottama jousivoima vastustaa edellä kuvattua lämmönsiirto-osien 701 taipumista. Tästä syntyy voima, joka painaa lämmönsiirto-osat 701 voimakkaasti kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen pintaa vasten, jolloin lämmön johtuminen näiden osien välillä on tehokasta. Kun sitten liikutettava kappale siirretään pois lämmönsiirto-osien 701 muodostaman kehän keskeltä, jousiosa 704 puristaa lämmönsiirto-osat 701 takaisin siihen asentoon, jossa ne olivat ennen liikutettavan kappaleen tuloa. Näin kuvan 7 esittämä laite lämpöä johtavan kytkennän tekemiseksi on valmis seuraavaan kertaan, kun kryostaatin sisällä liikutettavaa kappaletta on jäähdytettävä sen kohdalla.

Kuva 9 esittää erään toisen suoritusmuodon mukaista laitetta lämpöä johtavan kytkennän tekemiseksi kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen jäähdytystä varten. Kuvan 9 laitteessa lämmönsiirto-osuus, joka muodostaa kosketuspinnan mainittua kappaletta varten, koostuu useista, kehän muotoon asetetuista lämmönsiirto-osista 901. Kosketuspinta muodostuu tässäkin lämmönsiirto-osien 901 niistä pinnoista, jotka ovat kehän sisään päin. Lämmönsiirto-osat 901 on valmistettu materiaalista, joka johtaa hyvin lämpöä kryostaatin toimintalämpötiloissa, kuten kuparista tai hopeasta. Ne voidaan lisäksi päällystää lämmönsiirto-ominaisuuksia parantavalla pinnoitteella kuten kulta-kerroksella.

Jäähdyttävänä rakenteena on tässäkin esitetty eräs kryostaatin laippa 105. Kuvan 9 suoritusmuodossa välineet lämmönsiirto-osuuden kiinnittämiseksi jääh-

dyttävään rakenteeseen koostuvat liukukiskoista 902, joita on yksi kutakin lämmönsiirto-osaa 901 varten. Kukin lämmönsiirto-osa 901 on asennettu sitä vastaavaan liukukiskoon niin, että se pääsee helposti liik-  
5 kumaan lämmönsiirto-osien 901 muodostaman kehän säteen suunnassa. Liukukiskossa 902 sisällä oleva osuus lämmönsiirto-osasta 901 ja/tai itse liukukisko voidaan tarvittaessa päällystää pinnoitteella, jolla on sekä hyvät lämmönjohto-ominaisuudet että pieni kitka kryostaatin toimintaa vastaavissa lämpötiloissa.  
10

Kuvan 9 suoritusmuodossa on edellä esitetyn periaatteen mukaisesti jousiosuus, joka on lämmönsiirto-osuudesta erillinen. Jousiosuus on järjestetty kohdistamaan lämmönsiirto-osuuteen jousivoima, joka painaa lämmönsiirto-osuuden kosketuspintaa siihen suuntaan, jossa se on tarkoitettu koskettamaan kryostaatin sisällä liikutettavaa kappaletta. Kuvan 9 suoritusmuodossa jousiosuudessa on useita jousiosia 903, jotka ovat kehän muotoon asetettujen lämmönsiirto-osien 901  
15 ulkopuolella. Tarkalleen ottaen tässä suoritusmuodossa on yhtä monta jousiosaa 903 kuin lämmönsiirto-osaakin. Kutakin lämmönsiirto-osaa 901 vastaava jousiosa painaa sitä kohti kehän keskipistettä. Jousiosat 903 ovat puristusjousia, jotka on valmistettu jousiteräksestä, beryllium-kupariseoksesta tai muusta vastaavasta aineesta, joka säilyttää kimmoisuutensa myös kryostaatin kylmyydessä.  
20  
25

Kuvan 7 suoritusmuodosta poiketen kuvan 9 suoritusmuodossa on välineet jousiosuuden tukemiseksi jäädyttävään rakenteeseen. Näihin välineisiin kuuluu kiinnitysrengas 904 ja pultit 905, jotka kiinnittävät kiinnitysrenkaan 904 laippaan 105. Kiinnitysrenkaan 904 sisäpinnassa on edullisimmin syvennys jokaisen jousiosan 903 päätä varten, jotta jousiosat 903 pysyvät paikallaan ja oikeassa suunnassa.  
30  
35

Kuvan 9 suoritusmuodossa on kuvaan 7 verrattuna se etu, että lämmönsiirto-osiin 901 ei kohdistu

jatkuvaa edestakaista taivuttelua, jolloin niissä ei ilmene metallin väsymistä ja siitä mahdollisesti aiheutuvia murtumia. Toisaalta kuvan 9 suoritusmuodon haittapuolena on kitka, jota väistämättä esiintyy liukukukiskoissa 902 ja joka voi tuottaa haitallisia määriä lämpöä, sekä liukukiskomekanismin lämmönjohtavuus, joka voi olla pienempi kuin kuvan 7 puristusliitoksissa. Mikäli metallin väsyminen ei ole merkittävä ongelma, kuvien 7 ja 9 esittämiä periaatteita on mahdollista yhdistellä esimerkiksi kuvan 10 esittämällä tavalla. Kuvan 10 esittämässä suoritusmuodossa on samanlaiset lämmönsiirto-osat 701 kuin kuvassa 7, mutta jousiosuus koostuu samanlaisista jousiosista 903 kuin kuvassa 9. Kiinnitysvälineisiin kuuluu kiinnitysrenkaan 904 ja pulttien 905 lisäksi korokerengas 1001, joka on erityisesti muotoiltu puristamaan lämmönsiirto-osien 701 vaakasuorat päät laippaa 105 vasten. Luonnollisesti voidaan käyttää myös yhtä yhteistä rengasta, joka yhdistää kuvassa 10 esitettyjen renkaiden 904 ja 1001 ominaisuudet.

Vielä eräs mahdollinen muunnelma kuvan 9 suoritusmuodosta on sellainen, jossa liukukiskojen 902 asemesta käytetään saranoita. Jokaisen lämmönsiirto-osan 901 pystysuoran osuuden tyvessä olisi siis kiertoakseliltaan vaakasuora, kehän tangentin suuntainen sarana, jonka varassa pystysuora osuus voisi kiertyä kohti kehän keskipistettä ja poispäin siitä. Saranat ovat rakenteena monimutkaisempia kuin liukukiskot ja vaativat kokoonpanovaiheessa enemmän erillisiä osia ja työtä, mutta niillä on mahdollista päästä pienempään kitkaan ja sitä kautta varmempaan toimintaan ja vähäisempään ylimääräiseen lämmöntuottoon kuin liukukiskoilla.

Kuva 11 esittää erään suoritusmuodon mukaista laitetta lämpöä johtavan kytkennän tekemiseksi kryostaatin sisällä liikutettavan laitteen jäähdytystä varten. Kuvan 11 suoritusmuoto on yhdenmukainen edellä

esitetyn kanssa siinä, että laitteessa on lämmönsiirto-osuus, välineet sen kiinnittämiseksi jäähdyttävään rakenteeseen (esimerkkinä laippa 105 kuvassa 11) ja jousiosuus, joka on lämmönsiirto-osuudesta erillinen.

5 Lämmönsiirto-osuus muodostaa kosketuspinnan sitä kryostaatin sisällä liikutettavaa kappaletta varten, jota on tarkoitus jäähdyttää. Kiinnitys jäähdyttävään rakenteeseen on sellainen, että tämä kosketuspinta jää vapaaksi. Jousiosuus on järjestetty kohdistamaan läm-

10 mönsiirto-osuuteen jousivoima, joka painaa kosketuspintaa siihen suuntaan, jossa se on tarkoitettu koskettamaan mainittua kappaletta.

Samaan tapaan kuin edellä esitetyissä muissa suoritusmuodoissa, kuvassa 11 oletetaan, että jäähdytettävä kappale on ainakin eräältä osaltaan sylinterimäinen ja tarkoitettu liikutettavaksi ylös-alasuunnassa laipassa 105 olevan aukon läpi. Lämmönsiirto-osuudessa on useita kehän muotoon asetettuja lämmönsiirto-osia 1101, joita tässä suoritusmuodossa voidaan nimittää myös lämmönsiirtoliuskoiksi. Kosketuspinta muodostuu lämmönsiirtoliuskosten 1101 niistä pinnoista, jotka ovat kehän sisään päin. Jousiosuudessa on useita jousiosia 1102, jotka ovat kehän muotoon asetettujen lämmönsiirtoliuskosten 1101 ulkopuolella ja

25 jotka painavat lämmönsiirtoliuskon 1101 kohti kehän keskipistettä. Laitteessa on myös välineet jousiosuuden tukemiseksi jäähdyttävään rakenteeseen. Näihin välineisiin kuuluvat renkaat 1103, 1104 ja 1105 sekä pultit 1106, joiden rakennetta ja toimintaa selostetaan tarkemmin jäljempänä.

30

Kuvan 11 suoritusmuodon mukaisen laitteen lämmönsiirto-osuudessa on kiinnitysrengas 1104. Sen sisempi reuna voi olla mitoiltaan suunnilleen samaa luokkaa kuin laipassa 105 oleva aukko, mutta se voi

35 olla myös suurempi tai pienempi. Lämmönsiirtoliuskat 1101 kiinnittyvät yhdestä päästään kiinnitysrengaan 1104 sisempään reunaan. Lämmönsiirtoliuskosten 1101

toinen, vapaa pää suuntautuu suuntaan, joka on oleellisesti kiinnitysrenkaan 1104 määräämää tasoa vastaan kohtisuorassa. Kuvan 11 esittämässä asennossa lämmönsiirtoliuskosten 1101 vapaa pää suuntautuu siis ylöspäin.

Lämmönsiirtoliuskoista 1101 ja kiinnitysrenkaasta 1104 muodostuva kokonaisuus on edullista valmistaa materiaalista, joka johtaa mahdollisimman hyvin lämpöä niissä verrattain matalissa lämpötiloissa, jotka liittyvät kryostaatin normaaliin toimintaan. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi kupari ja hopea. Lisäksi lämmönsiirtoliuskat 1101 ja kiinnitysrengas 1104 voidaan pinnoittaa kullalla ja/tai varustaa muulla sellaisella pinnoitteella tai pintakäsittelyllä, joka parantaa niiden kykyä muodostaa lämpöä johtava kytkentä niiden osien kanssa, joihin ne ovat kosketuksessa. Erityisesti kosketuspinta, joka muodostuu lämmönsiirtoliuskosten 1101 niistä pinnoista, jotka ovat kehän sisään päin, on edullista tehdä melko kovaksi, jotta se ei naarmuuntuisi toistuvista liukuvista kosketuksista jäähdytettävän kappaleen kanssa.

Lämmönsiirtoliuskat 1101 voidaan valmistaa leikkaamalla sopivan paksuisesta materiaalilevystä kampamainen osa, jonka pituus vastaa kiinnitysrenkaan 1104 sisemmän reunan ympäröimää. Kampamaisen osan yhtenäinen reuna voidaan kiinnittää kiertämään kiinnitysrenkaan 1104 sisempää reunaa käyttämällä sopivaa metallien kiinnitysmenetelmää kuten hitsausta tai juotosta.

Kuvan 11 suoritusmuodon mukaisen laitteen jousiosuudessa on tukirengas 1103, joka on kiinnitetty kiinnitysrenkaan 1104 päälle. Jousiosuuden jousiosat ovat joukko jousiliuskoja 1102, jotka tukeutuvat tukirenkaan 1103 sisempään pintaan ja jotka on järjestetty kohdistamaan lämmönsiirtoliuskoihin 1101 se jousivoima, joka painaa niitä kohti lämmönsiirtoliuskoista 1101 muodostuvan kehän keskipistettä.

Jousiliuskat 1102 voivat olla irrallisia tai ne voivat muodostaa yhtenäisen, ympäri tukirenkaan 1103 sisempää pintaa jatkuvan jousiliuskanauhan, joka tukeutuu yhteen tai useampaan uraan tukirenkaan 1103 sisemmässä pinnassa. Jousiliuskojen 1102 asemesta voidaan käyttää kierrejousia kuten kuvien 9 ja 10 suoritusmuodoissa tai jousirengasta kuten kuvan 7 suoritusmuodossa.

Jousiliuskat 1102 tai niiden tilalla käytettävät muut jousiosat on edullista valmistaa materiaalista, joka säilyttää kimmoisuutensa niissä matalissa lämpötiloissa, jotka ovat tavallisia kryostaatin käytössä. Esimerkkejä tällaisista materiaaleista ovat monet jousiteräkset ja beryllium-kupariseokset.

Lämmönsiirtoliuskoja 1101 ja jousiliuskoja 1102 voi olla eri määrä. Tällaisella ratkaisulla saavutetaan useita etuja. Ensinnäkin sekä lämmönsiirtoliuskojen 1101 että jousiliuskojen 1102 mittasuhteet voidaan tällöin optimoida niiden erilaisen tehtävän (lämmön siirto / jousivoiman tuottaminen) mukaan: esimerkiksi lämmönsiirtoliuskoja 1101 ei kannata tehdä kovin kapeiksi niiden pituuteen nähden, koska kapeassa liuskassa lämpöä siirtävää poikkipinta-alaa olisi vähemmän. Toiseksi kun lämmönsiirtoliuskoja 1101 ja jousiliuskoja on eri määrä, niiden pystysuuntaiset reunat eivät satu kohdakkain ainakaan kovin monessa kohdassa. Tämä voi auttaa saamaan jokaisessa kohdassa vierekkäiset lämmönsiirtoliuskat 1101 painumaan mahdollisimman tasaisella voimalla sitä kappaletta vasten, jota on tarkoitus jäähdyttää. Kolmantena etuna voidaan mainita se, että kun lukumäärä ei ole niin tärkeä, että osat täytyisi valmistaa alusta alkaen erityisesti tätä varten, voidaan edullisimmassa tapauksessa käyttää osia, joiden saatavuutta helpottaa niiden käyttö muissakin yhteyksissä.

Edellä selostettujen osien lisäksi kuvan 11 suoritusmuodon mukaisessa laitteessa on ylempi kiinni-

tysrengas 1105, joka on kiinnitetty tukirenkaan 1103 päälle ja joka on järjestetty tukemaan kunkin mainituista lämmönsiirtoliuskkoista 1101 vapaa pää asentoon, joka on kauempana lämmönsiirtoliuskkojen 1101 muodostaman kehän keskilinjasta kuin lämmönsiirtoliuskkojen keskikohta ( $R2 > R1$  kuvassa 11). Yhdessä jousiliuskkojen 1102 kanssa ylempi kiinnitysrengas 1105 siis varmistaa, että kukin lämmönsiirtoliuskka 1101 on taivutettuna kaarelle niin, että kryostaatin sisällä liikutettava kappale on helppo liikuttaa lämmönsiirtoliuskkojen 1101 muodostaman kehän keskelle kummasta suunnasta tahansa. Ylempää kiinnitysrengasta 1105 ei tarvita, jos liikutettavassa kappaleessa on riittävän kartiomaiset muodot lämmönsiirtoliuskkoista 1101 muodostuvan kehän avaamiseksi ja/tai kunkin lämmönsiirtoliuskan 1101 vapaa pää saadaan mulla tavoin pidettynä taivutettuna riittävän paljon pois päin kehän keskilinjasta.

Kiinnityspultit 1106 kulkevat kuvan 11 esittämässä suoritusmuodossa kiinnitysrenkaan 1104, tukirenkaan 1103 ja ylempään kiinnitysrenkaan 1106 läpi. Tämä ei sinänsä ole välttämätöntä, vaan kukin rengas voidaan kiinnittää sen alla olevaan rakenteeseen omilla, renkaiden 1104 and 1103 tapauksessa uppokantaisilla pulteillaan tai muulla sopivalla tavalla.

Yleisesti ottaen voidaan todeta, että aina kun kryostaatin sisällä liikutettava kappale liukuu kosketuksissa jonkin toisen osan (kuten sen jäädyttämiseen käytettävän laitteen kosketuspinnan) kanssa, toisiaan koskettavat pinnat voivat naarmuuntua ja kulumia. Tämä ilmiö toistuu oleellisesti saman tyyppisenä riippumatta siitä, mikä on jäädyttämiseen käytettävän laitteen tekninen toteutus, joskin eri toteutuksissa naarmuuntumisen ja kuluminen määrä voi tuki vaihdella. Kaikki naarmuuntuminen ja kuluminen on ei-toivottua, koska se voi heikentää lämmön johtumista jäädytettä-

vän kappaleen ja sen jäähdyttämiseen käytettävän laitteen kosketuspinnan välillä.

Erityisen suotavaa olisi, että se lämpöä johtava kytkentä, jonka välityksellä näytettä jäähdytetään kaikkein matalimpiin lämpötiloihin kohdealueella, olisi mahdollisimman hyvä. Jos kuitenkin sama lämpöä johtavan kytkemisen tapa on käytössä myös niissä kohdissa, joissa näytettä (tai yleensä: näytteen pidintä) esijäähdytetään ennen sen saapumista kohdealueelle, niissä voi aiheutua juuri sitä naarmuuntumista ja kulumista, jota haluttaisiin välttää.

Eräänä tavoitteena on siis esittää järjestyly, jolla voitaisiin varmistaa mahdollisimman hyvä lämpöä johtava kytkentä kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen jäähdyttämiseksi kohdealueella siitä huolimatta, että sitä voidaan myös esijäähdyttää kryostaatin muissa osissa ennen sen saapumista kohdealueelle.

Tämä tavoite saavutetaan siten, että kun kryostaatin sisällä liikutettava kappale on saapunut kohdealueelle, sen ja jäähdyttävän rakenteen välille muodostetaan erilainen lämpöä johtava kytkentä kuin se, jota käytettiin liikutettavan kappaleen esijäähdyttämiseen.

Kuva 12 esittää esimerkkiä järjestelystä kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen jäähdyttämiseksi. Järjestelyssä on ensimmäinen jäähdyttävä rakenne (tässä: laippa 108) ja siihen kiinnitettynä ensimmäinen laite 1201, joka on tässä esitetty oleellisesti samanlaisena kuin kuvassa 11 mutta joka voi olla minkä tahansa edellä kuvatun suoritusmuodon mukainen laite. Järjestelyssä on toinen jäähdyttävä rakenne (tässä: laippa 111) ja siihen kiinnitettynä toinen laite 1202. Sekin on tässä esitetty oleellisesti samanlaisena kuin kuvassa 11, mutta myös toinen laite 1202 voi olla minkä tahansa edellä esitetyn suoritusmuodon mukainen. Ensimmäisessä jäähdyttävässä raken-

teessa eli laipassa 108 on aukko 1203, joka on saman-  
keskinen ensimmäisen laitteen 1201 ja toisen laitteen  
1202 kanssa.

Erityistä kuvan 12 mukaisessa järjestelyssä  
5 on se, että ensimmäinen laite 1201 ja toinen laite  
1202 eivät ole aivan saman kokoisia. Ensimmäisessä  
laitteessa 1201 laitteen kosketuspinta muodostaa ke-  
hän, jolla on ensimmäinen halkaisija. Toisessa lait-  
teessa 1202 laitteen kosketuspinta muodostaa kehän,  
10 jolla on toinen halkaisija. Tämä toinen halkaisija on  
pienempi kuin ensimmäinen halkaisija. Erään suoritus-  
muodon mukaan toinen jäähdyttävä rakenne 111 muodostaa  
kohdealueen, johon kryostaatissa jäähdytettävä kappale  
on tarkoitus kiinnittää. Tällöin siis kehän muotoinen  
15 kosketuspinta siinä laitteessa, joka on kohdealueella,  
on halkaisijaltaan pienempi kuin siinä tai niissä  
laitteissa, jota tai joita käytetään kappaleen  
esijäähdyttämiseen ennen sen saapumista kohdealueelle.

Kuvassa 12 on esitetty kryostaatin sisällä  
20 liikutettava kappale, joka tässä tapauksessa on näyt-  
teen pidin 1204. Tarkalleen ottaen näytteen pidin 1204  
muodostaa vain osan kryostaatin sisällä liikutettavas-  
ta kappaleesta, koska sen mukana liikkuvat tässä esi-  
merkissä näytteen pitimeen 1204 kiinnitetty näyte 1205  
25 sekä siirtovarsi 1206. Näytteen pitimessä 1204 on en-  
simmäinen osuus 1207, joka on halkaisijaltaan yhteen-  
sopiva mainitun ensimmäisen halkaisijan eli ensimmäi-  
sen laitteen 1201 kosketuspinnan halkaisijan kanssa.  
Lisäksi näytteen pitimessä 1204 on toinen osuus 1208,  
30 joka on halkaisijaltaan yhteensopiva mainitun toisen  
halkaisijan eli toisen laitteen 1202 kosketuspinnan  
halkaisijan kanssa.

Näytteen pitimessä 1204 olevan osuuden hal-  
kaisijan ja sitä vastaavan, jäähdyttämiseen käytettä-  
35 vän laitteen kosketuspinnan halkaisijan yhteensopi-  
vuutta havainnollistaa vertailu, jossa verrataan en-  
simmäistä laitetta 1201 toiseen laitteeseen 1202 kuvan

12 esittämässä tilanteessa. Näytteen pidin 1204 on  
siinä kohdassa, jossa sen jäähdyttämiseen käytetään  
ensimmäistä laitetta 1201. Näytteen pitimen 1204 suu-  
rempihalkaisijainen osuus 1207 on painuneena ensimmäi-  
5 sen laitteen 1201 kosketuspintaa vasten. Aiemmin se-  
lostetun periaatteen mukaisesti tämä tarkoittaa, että  
ensimmäisessä laitteessa 1201 olevat lämmönsiirtoliu-  
skat ovat painuneet ulospäin siitä ns. lepoasennosta,  
jossa ne olisivat, jos näytteen pidin 1204 ei olisi  
10 niiden kohdalla. Näytteen pitimen 1201 ensimmäisen  
osuuden 1207 halkaisija ei siis ole yhtä suuri kuin  
ensimmäisen laitteen 1201 kosketuspinnan pienin hal-  
kaisija lepoasennossa vaan hiukan suurempi - kuitenkin  
vain sen verran suurempi, että näytteen pidin 1201  
15 mahtuu kulkemaan ensimmäisen laitteen läpi, kun se  
painaa lämmönsiirtokielekkeitä ulospäin kuvassa 12  
esitetyllä tavalla.

Lämmön siirtymisen kannalta tärkeitä suureita  
ovat voima, jolla lämpöä johtavat pinnat painuvat toi-  
20 siinsa, mutta myös se pinta-ala, jonka välityksellä ne  
koskevat toisiinsa. Kuva 12 esittää, miten ensimmäisen  
laitteen 1201 lämmönsiirtoliuskat ovat painuneet asen-  
toon, jossa suuri osa kunkin lämmönsiirtoliuskan pi-  
tuudesta on kosketuksissa näytteen pitimen suurempi-  
25 halkaisijaisen osuuden 1207 kanssa. Tällainen toiminta  
voidaan saavuttaa mitoittamalla rakenteet huolellises-  
ti. Apuna voidaan käyttää mekaanista simulaatiota, jo-  
ka simuloi lämmönsiirtoliuskoiden ja niitä painavien  
jousiliuskoiden muodonmuutoksia sellaisen voiman vaiku-  
30 tuksesta, joka painaa niitä ulospäin.

Vastaavalla tavalla näytteen pitimen 1201  
toisen osuuden 1208 halkaisija ei ole yhtä suuri kuin  
toisen laitteen 1202 kosketuspinnan pienin halkaisija  
lepoasennossa vaan hiukan suurempi. Tätä havainnollis-  
35 tavat kuvassa 12 pystysuorat katkoviivat 1209 ja 1210,  
jotka on piirretty toisen osuuden 1208 alareunasta  
kohti toisen laitteen 1202 lämmönsiirtoliuskoihin. Jos

näytteen pidin liikutettaisiin kuvassa 12 esitetystä asennosta niin paljon alaspäin, että toinen osuus 1208 asettuisi toisen laitteen 1202 kohdalle, toisen laitteen 1202 lämmönsiirtoliuskat asettuisivat samanlaiseen asentoon kuin jossa ensimmäisen laitteen 1201 lämmönsiirtoliuskat ovat kuvassa 12. Ensimmäisen laitteen 1201 lämmönsiirtoliuskat luonnollisesti palautuisivat lepoasentoonsa ensimmäiseen osaan 1201 kuuluvien jousiliuskojen painamina heti, kun näytteen pitimen 10 1204 ensimmäinen osuus 1207 olisi poistunut niiden kohdalta.

Jäähdyttävässä rakenteessa 108 oleva aukko 1203 on halkaisijaltaan suurempi kuin näytteen pitimen 1204 kummankaan osuuden 1207 tai 1208 halkaisija. Tämä 15 edellytys tulee siitä, että näytteen pitimen 1204 ei ole tarkoitus osua aukon 1203 reunoihin missään vaiheessa vaan ainoastaan kulkea sujuvasti sen läpi.

Näytteen pidin 1204 etenee kohdealueelle toinen osuus 1208 edellä. Jotta edellä selostettu toiminta 20 olisi mahdollista, toisen osuuden 1208 on siis oltava näytteen pitimen 1204 siinä osassa, joka on ensimmäiseen osuuteen 1207 nähden samassa suunnassa kuin mitä kohdealue (tai yleisesti ottaen: toinen jäähdyttävä rakenne 111) on ensimmäiseen jäähdyttävään rakenteeseen 108 nähden. Kohdealueelle saavuttaessa toinen 25 osuus 1208 ei ole koskettanut vielä mihinkään aiempaan osaan eikä varsinkaan liukunut mitään aiempaa kosketuspintaa pitkin, joten se on täysin naarmuton ja kulumaton. Vaikka jokainen näytteen vaihto luonnollisesti aiheuttaa kaksi liukuvaa liikettä toisen osuuden 30 1208 ja toisen laitteen 1202 kosketuspinnan välillä (yhden kohdealueelle tuotaessa, toisen sieltä irrottaessa), näitä liukuvia liikkeitä kertyy kuitenkin yhteensä oleellisesti vähemmän kuin jos näytteen pitimen 35 sama osuus liukuisi myös kaikkia esijäähdyttäviä kosketuspintoja vasten sekä mennessä että tullessa.

Kun verrataan tässä esitettyjen suoritusmuotojen mukaista laitetta esimerkiksi tekniikan tason mukaiseen järjestelyyn, joka on esitetty kuvissa 4 ja 5, eräs merkittävä tekijä on lämpöä johtava poikkipinta-ala. Tekniikan tason mukaisessa järjestelyssä jouset 402 olivat tyypillisesti beryllium-kupariseosta, joka oli pinnoitettu kullalla. Beryllium-kupariseoksen lämmönjohtokyky kryogeenisissä lämpötiloissa on niin huono, että lämpöä näytteen pitimestä 115 laippaan 105 johti lähes pelkästään jousien kultapinnoite. Sen paksaus oli tyypillisesti vain joitain mikrometrejä, kun kuvien 7 ja 9-12 kuvien mukaisissa laitteissa lämmönsiirto-osat voivat olla umpinaista, hyvin lämpöä johtavaa kuparia ja liuskamaisissakin suoritusmuodoissa paksuudeltaan esimerkiksi puolesta yhteen millimetriin. On selvää, että lämpöä johtava poikkipinta-ala muodostuu tällöin jopa satoja kertoja suuremmaksi kuin tekniikan tason mukaisessa ratkaisussa.

Tässä esitetyissä suoritusmuodoissa on useita sellaisia edullisia piirteitä, jotka liittyvät lämpöä johtavan kytkennän tekemiseen näytteen pitimen tai muun kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen sivuilta. Yksi niistä on tunteettomuus niille ulottuvuuksien muutoksille, jotka aiheutuvat lämpötilan vaihtelusta. Kun esimerkiksi siirtovarsi kylmetessään lyhenee, se liikuttaa näytteen pidintä samassa suunnassa, jossa näytteen pidin muutenkin liikkuisi. Tämä ei merkittävästi muuta lämpöä johtavan kytkennän luonnetta eikä osien välistä mekaanista yhteensopivuutta edellä esitetyissä suoritusmuodoissa. Toinen etu on se, että näytteen pitimeen voidaan järjestää melko laaja, oleellisesti tasainen pinta (alapinta kuvassa 12), joka on kokonaan käytettävissä muuhun tarkoitukseen kuin lämpöä johtavien kytkentöjen tekemiseen. Kyseiseen pintaan voidaan sijoittaa esimerkiksi elektronisten signaalien siirtämiseen tarkoitettuja liitti-

miä, jotka painuvat kohdealueella oleviin vastakappaleisiin, kun näytteen pidin saapuu kohdealueelle.

Edellä esitettyjä esimerkinomaisia suoritusmuotoja ei ole tarkoitettu rajoittaviksi, vaan laitteen ja järjestelyn monet piirteet on mahdollista toteuttaa myös muilla tavoin. Esimerkiksi mikään ei edellytä, että sen enempää laite kuin näytteen pidinkään olisivat pyörähdyssymmetrisiä. Samaa, edellä selostettua periaatetta voidaan hyvin käyttää esimerkiksi sellaisessa järjestelyssä, jossa näytteen pidin ja siirtoväylän aukot ovat soikeita, nelikulmaisia tai jonkin muun monikulmion muotoisia. Sellaisessa järjestelyssä laite lämpöä johtavan kytkennän tekemiseksi ei siis muodostaisi pyörähdyssymmetristä kosketuspintaa, vaan kosketuspinta voisi muodostua esimerkiksi nelikulmaisen aukon kullakin neljällä sivulla suorassa rivissä olevien lämmönsiirto-osien niistä pinnoista, jotka ovat aukon puolella. Toinen esimerkki laajentumisesta muuhunkin kuin vain edellä esiteltyihin suoritusmuotoihin on se, ettei kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen ole aina oltava näytteen pidin. Samaa periaatetta käyttäen voidaan rakentaa esimerkiksi lämpökytkin eli ohjattava väline lämmön johtumisen säätelemiseksi kryostaatin kahden osan välillä. Liikutettava kappale voi olla lämpöä johtavassa yhteydessä ensimmäiseen osaan ja jonkin edellä käsitellyn suoritusmuodon mukainen laite voi olla kiinni toisessa osassa. Jotakin kryostaatin ulkopuolelta ohjattavaa mekanismia käyttäen voidaan liikuttaa liikutettava kappale valinnan mukaan joko kosketuksiin laitteen kosketuspinnan kanssa tai irti siitä. Tällöin siis valitaan, ovatko kyseiset kryostaatin kaksi osaa lämpöä johtavassa yhteydessä keskenään vai eivät.

35

**PATENTTIVAATIMUKSET**

1. Laite lämpöä johtavan kytkennän tekemiseksi kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen (601) jäähdytystä varten, jossa laitteessa on:

- 5 - lämmönsiirto-osuus (602), joka muodostaa kosketuspinnan mainittua kappaletta (601) varten ja  
- välineet lämmönsiirto-osuuden (602) kiinnittämiseksi jäähdyttävään rakenteeseen (105, 107, 111, 604) niin, että mainittu kosketuspinta jää vapaaksi,
- 10 **tunnettu** siitä, että laitteessa on:  
- jousiosuus (605), joka on mainitusta lämmönsiirto-osuudesta (602) erillinen ja joka on järjestetty kohdistamaan lämmönsiirto-osuuteen (602) jousivoima (606), joka painaa mainittua kosketuspintaa siihen
- 15 suuntaan, jossa se on tarkoitettu koskettamaan mainittua kappaletta (601).

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että lämmönsiirto-osuudessa (602) on useita kehän muotoon asetettuja lämmönsiirto-osia

20 (701, 901, 1101), jolloin mainittu kosketuspinta muodostuu lämmönsiirto-osien (701, 901, 1101) niistä pinnoista, jotka ovat kehän sisään päin.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että mainitussa jousiosuudessa (605) on

25 yksi tai useampia jousiosia (704, 903, 1102), joka on tai jotka ovat mainittujen kehän muotoon asetettujen lämmönsiirto-osien (701, 901, 1101) ulkopuolella ja joka painaa tai jotka painavat lämmönsiirto-osia (701, 901, 1101) kohti kehän keskipistettä.

30 4. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen laite, **tunnettu** siitä, että siinä on välineet (607, 904, 905, 1001, 1103, 1106) mainitun jousiosuuden (605) tukemiseksi mainittuun jäähdyttävään rakenteeseen (105, 107, 111, 604).

5. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen laite, **tunnettu** siitä, että mainitussa lämmönsiirto-osuudessa (602) on:

- kiinnitysrengas (1104), jolla on sisempi reuna, ja
- 5 - joukko lämmönsiirtoliuskkoja (1101), jotka kiinnittyvät yhdestä päästään kiinnitysrenkaan (1104) sisempään reunaan ja joiden toinen, vapaa pää suuntautuu suuntaan, joka on oleellisesti kiinnitysrenkaan (1104) määräämää tasoa vastaan kohtisuorassa.

10 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että mainitussa jousiosuudessa (605) on:

- tukirengas (1103), joka on kiinnitetty mainitun kiinnitysrenkaan (1104) päälle ja jolla on sisempi pinta ja
- 15 - joukko jousiliuskkoja (1102), jotka tukeutuvat mainitun tukirenkaan (1103) sisempään pintaan ja jotka on järjestetty kohdistamaan mainittuihin lämmönsiirtoliuskoihin (1101) mainittu jousivoima (606).

20 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että mainitut jousiliuskat (1102) muodostavat yhtenäisen, ympäri mainitun tukirenkaan (1103) sisempää pintaa jatkuvan jousiliuskanauhan, joka tukeutuu yhteen tai useampaan uraan mainitun tukirenkaan (1103) sisemmässä pinnassa.

25 8. Patenttivaatimuksen 6 tai 7 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että siinä on lisäksi ylempi kiinnitysrengas (1105), joka on kiinnitetty mainitun tukirenkaan (1103) päälle ja joka on järjestetty tukemaan kunkin mainituista lämmönsiirtoliuskkoista (1101) vapaa

30 pää asentoon, joka on kauempana lämmönsiirtoliuskkojen (1101) muodostaman kehän keskilinjasta kuin lämmönsiirtoliuskkojen (1101) keskikohta.

9. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen laite, **tunnettu** siitä, että mainittu lämmön-

siirto-osuus (602) on valmistettu kuparista tai hopeasta.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että kuparista tai hopeasta valmistettu lämmönsiirto-osuus (602) on pinnoitettu kullalla.

11. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen laite, **tunnettu** siitä, että mainittu jousiosuus (605) on valmistettu beryllium-kupariseoksesta.

12. Järjestely kryostaatin sisällä liikutettavan kappaleen jäähdyttämiseksi, **tunnettu** siitä, että siinä on jäähdyttävä rakenne (105, 107, 108, 111) ja siihen kiinnitettynä laite (1201, 1202), joka on jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että:

- järjestelyssä on ensimmäinen jäähdyttävä rakenne (108) ja siihen kiinnitettynä ensimmäinen laite (1201), joka on jonkin patenttivaatimuksen 1-11 mukainen,
- järjestelyssä on toinen jäähdyttävä rakenne (111) ja siihen kiinnitettynä toinen laite (1202), joka on jonkin patenttivaatimuksen 1-11 mukainen,
  - ensimmäisessä jäähdyttävässä rakenteessa (108) on aukko (1203), joka on samankeskinen mainittujen ensimmäisen ja toisen laitteen (1201, 1202) kanssa,
  - mainitussa ensimmäisessä laitteessa (1201) laitteen kosketuspinta muodostaa kehän, jolla on ensimmäinen halkaisija,
  - mainitussa toisessa laitteessa (1202) laitteen kosketuspinta muodostaa kehän, jolla on toinen halkaisija, joka on pienempi kuin ensimmäinen halkaisija ja
  - mainitun aukon (1203) halkaisija on suurempi kuin mainitut ensimmäinen ja toinen halkaisija.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että mainittu toinen jäähdyttävä rakenne (111) muodostaa kohdealueen kryostaatissa jäähdytettävän kappaleen kiinnittämistä varten.

- 5                   15. Jonkin patenttivaatimuksen 13-14 mukainen järjestely, **tunnettu** siitä, että:
- järjestelyssä on näytteen pidin (1204), joka muodostaa ainakin osan mainitusta kryostaatin sisällä liikutettavasta kappaleesta,
  - 10 - näytteen pitimessä on ensimmäinen osuus (1207), joka on halkaisijaltaan yhteensopiva mainitun ensimmäisen halkaisijan kanssa,
  - näytteen pitimessä on toinen osuus (1208), joka on halkaisijaltaan yhteensopiva mainitun toisen halkaisijan kanssa ja
  - 15 - mainittu toinen osuus (1208) on näytteen pitimen (1204) siinä osassa, joka on ensimmäiseen osuuteen (1207) nähden samassa suunnassa kuin mitä mainittu toinen jäähdyttävä rakenne (111) on mainittuun ensimmäiseen jäähdyttävään rakenteeseen (108) nähden.
  - 20

**PATENTKRAV**

1. Anordning för att göra en värmeledande koppling för kylning av ett stycke (601) som ska förflyttas inuti en kryostat, vilken anordning uppvisar:

- 5 - ett värmeöverföringsavsnitt (602), som bildar en kontaktyta för nämnda stycke (601) och
- medel för att fästa värmeöverföringsavsnittet (602) i en kylande konstruktion (105, 107, 111, 604), så att nämnda kontaktyta blir fri,

10 **kännetecknad** av att anordningen uppvisar:

- ett fjäderavsnitt (605), som är separat från nämnda värmeöverföringsavsnitt (602) och som är anordnat att rikta på värmeöverföringsavsnittet (602) en fjäderkraft (606), som trycker nämnda kontaktyta i den riktning där den är avsedd att vidröra nämnda stycke (601).
- 15

2. Anordning enligt patentkrav 1, **kännetecknad** av att värmeöverföringsavsnittet (602) uppvisar flera i cirkelform placerade värmeöverföringsdelar (701, 901, 1101), varvid nämnda kontaktyta bildas av de ytor av värmeöverföringsdelarna (701, 901, 1101) som är vända mot cirkelns insida.

20

3. Anordning enligt patentkrav 2, **kännetecknad** av att nämnda fjäderavsnitt (605) uppvisar en eller flera fjäderdelar (704, 903, 1102), vilken eller vilka är på utsidan av nämnda värmeöverföringsdelar (701, 901, 1101) placerade i cirkelform och vilken eller vilka trycker värmeöverföringsdelarna (701, 901, 1101) mot cirkelns mittpunkt.

25

30

4. Anordning enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av att den uppvisar medel (607, 904, 905, 1001, 1103, 1106) för att stötta nämnda fjäderavsnitt (605) mot den kylande konstruktionen (105, 107, 111, 604).

5. Anordning enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av att nämnda värmeöverföringsavsnitt (602) uppvisar:

- en fästring (1104), som har en inre kant, och
- 10 - en mängd värmeöverföringsremсор (1101), vilka fästs vid sin ena ände i fästingens (1104) inre kant och vilkas andra, fria ände riktas i en riktning, som är väsentligen vinkelrät mot ett plan som definieras av fästingen (1104).

15 6. Anordning enligt patentkrav 5, **kännetecknad** av att nämnda fjäderavsnitt (605) uppvisar:

- en stödring (1103), som är fäst på nämnda fästring (1104) och som har en inre yta och
- 20 - en mängd fjäderremсор (1102), som stödjer sig mot nämnda stödrings (1103) inre yta och som är anordnade att rikta nämnda fjäderkraft (606) mot nämnda värmeöverföringsremсор (1101).

25 7. Anordning enligt patentkrav 6, **kännetecknad** av att nämnda fjäderremсор (1102) bildar ett enhetligt, runt nämnda stödrings (1103) inre yta kontinuerligt fjäderremсорband, som stödjer sig mot ett eller flera spår i nämnda stödrings (1103) inre yta.

8. Anordning enligt patentkrav 6 eller 7, **kännetecknad** av att den dessutom uppvisar en övre fästring (1105), som är fäst på nämnda stödring (1103) och som är anordnad att stötta den fria ändan av var  
5 och en av nämnda värmeöverföringsremsor (1101) i ett läge, som är längre bort från den av värmeöverföringsremsorna (1101) bildade cirkelns mittlinje än värmeöverföringsremsornas (1101) mittpunkt.

9. Anordning enligt något av de föregående  
10 patentkraven, **kännetecknad** av att nämnda värmeöverföringsavsnitt (602) är tillverkat av koppar eller silver.

10. Anordning enligt patentkrav 9, **kännetecknad** av att värmeöverföringsavsnittet (602) tillverkat  
15 av koppar eller silver är belagt med guld.

11. Anordning enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av att nämnda fjäderavsnitt (605) är tillverkat av en legering av beryllium och koppar.

20 12. Arrangemang för kylning av ett stycke som ska förflyttas inuti en kryostat, **kännetecknat** av att det uppvisar en kylande konstruktion (105, 107, 108, 111) och en däri fäst anordning (1201, 1202), som är enligt något av de föregående patentkraven.

25 13. Arrangemang enligt patentkrav 12, **kännetecknat** av att:

- arrangemanget uppvisar en första kylande konstruktion (108) och en däri fäst första anordning (1201), som är enligt något av patentkraven 1-11,

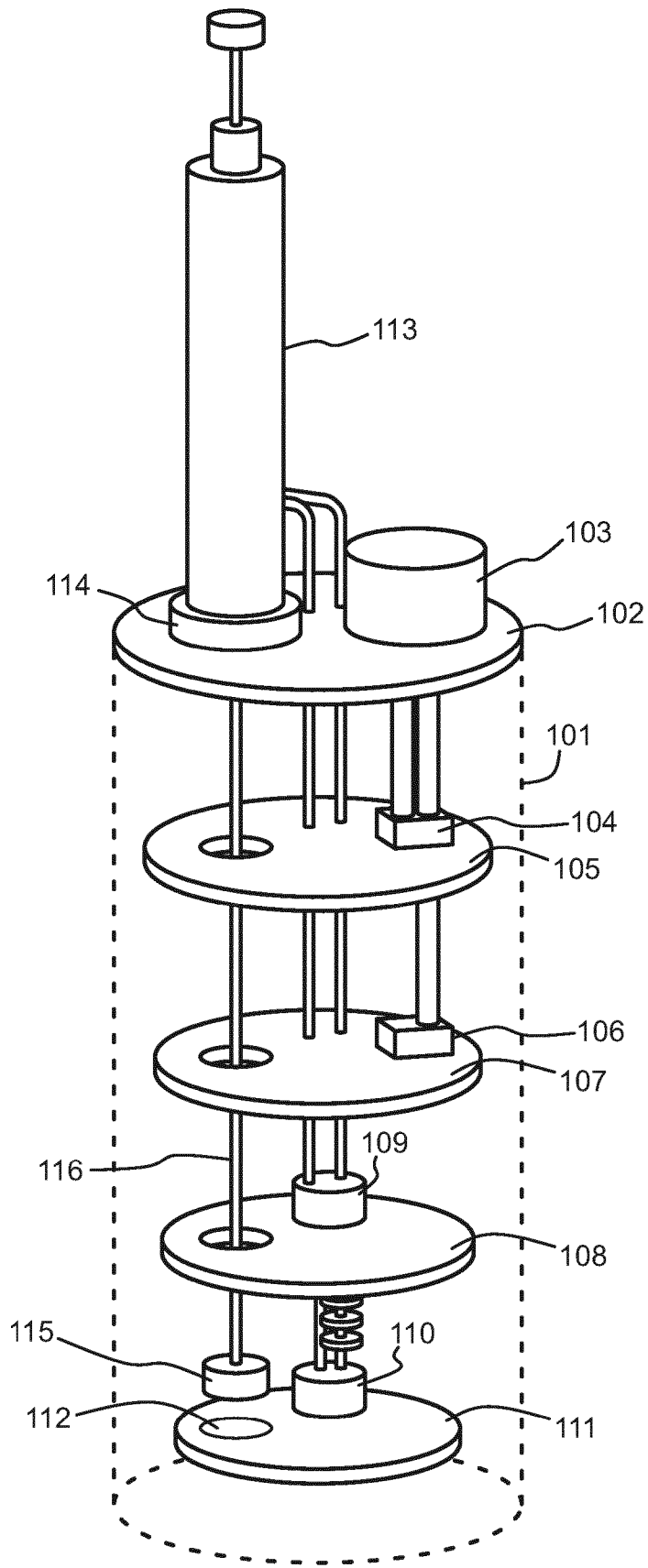
30 - arrangemanget uppvisar en andra kylande konstruktion (111) och en däri fäst andra anordning (1202), som är enligt något av patentkraven 1-11,

- den första kylande konstruktionen (108) uppvisar en öppning (1203), som är koncentrisk med nämnda första och andra anordning (1201, 1202),
- i nämnda första anordning (1201) bildar anordningens kontaktyta en cirkel med en första diameter,
- i nämnda andra anordning (1202) bildar anordningens kontaktyta en cirkel med en andra diameter, som är mindre än den första diametern och
- nämnda öppnings (1203) diameter är större än nämnda första och andra diameter.

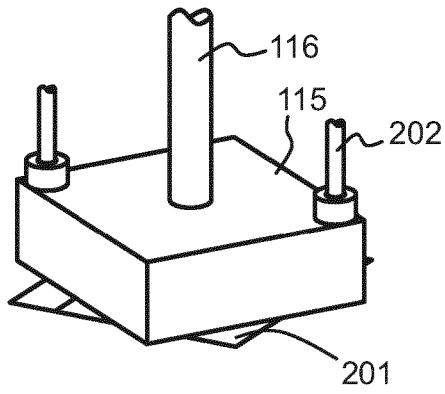
14. Arrangemang enligt patentkrav 13, **kännetecknat** av att nämnda andra kylande konstruktion (111) bildar ett målområde i kryostaten för fastsättning av stycket som ska kylas.

15. Arrangemang enligt något av patentkraven 13-14, **kännetecknat** av att:

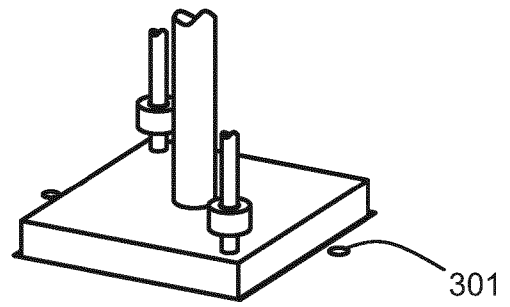
- arrangemanget uppvisar en provhållare (1204), vilken bildar åtminstone en del av nämnda stycke som ska förflyttas inuti kryostaten,
- provhållaren uppvisar ett första avsnitt (1207), som till sin diameter är kompatibel med nämnda första diameter,
- provhållaren uppvisar ett andra avsnitt (1208), som till sin diameter är kompatibel med nämnda andra diameter och
- nämnda andra avsnitt (1208) är i den del av provhållaren (1204) som i förhållande till det första avsnittet (1207) är i samma riktning som nämnda andra kylande konstruktion (111) är i förhållande till nämnda första kylande konstruktion (108).



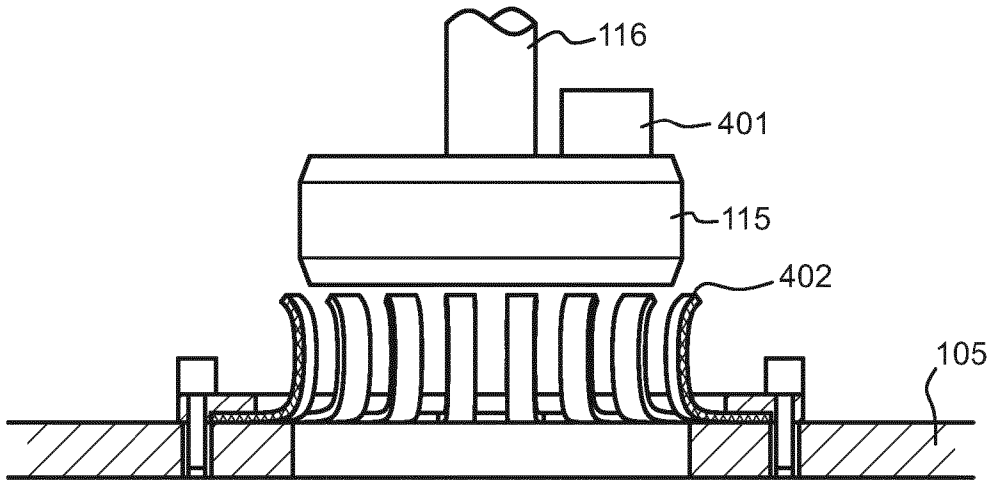
**Kuva 1**  
TEKNIKAN TASO



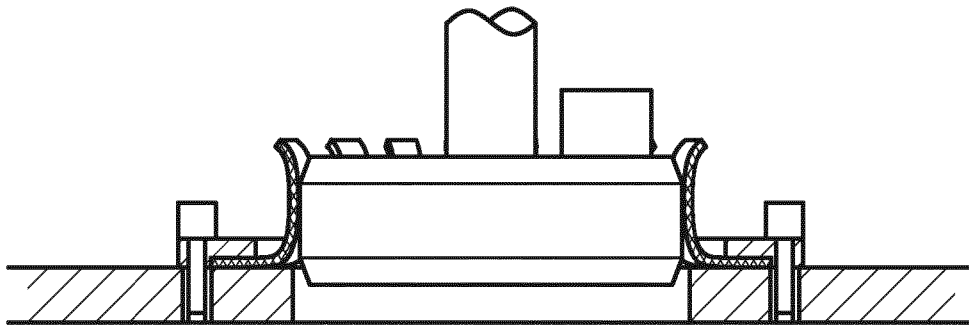
**Kuva 2**  
TEKNIIKAN TASO



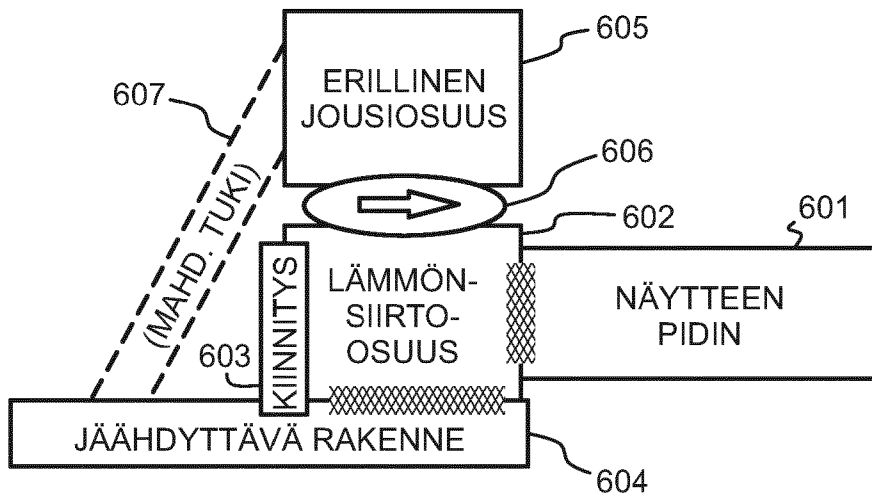
**Kuva 3**  
TEKNIIKAN TASO



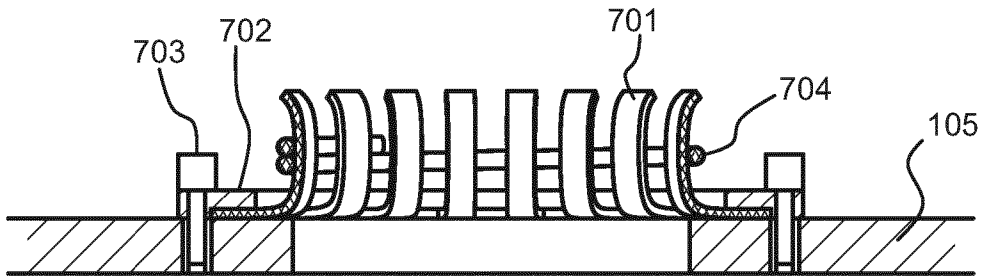
**Kuva 4**  
TEKNIIKAN TASO



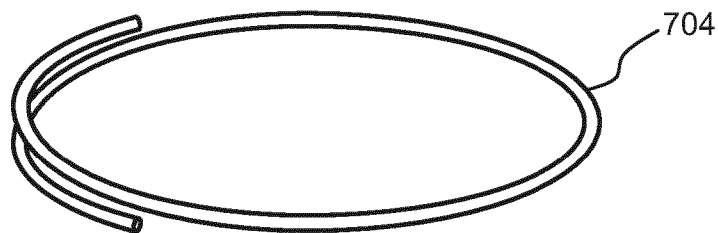
**Kuva 5**  
TEKNIIKAN TASO



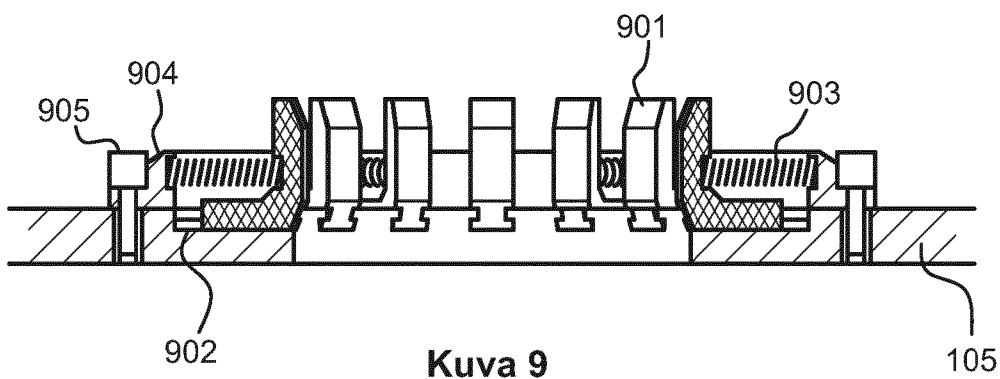
Kuva 6



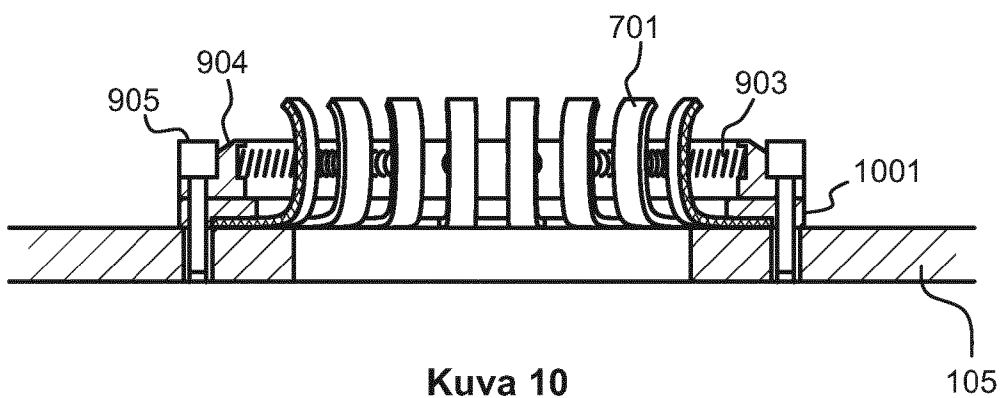
Kuva 7



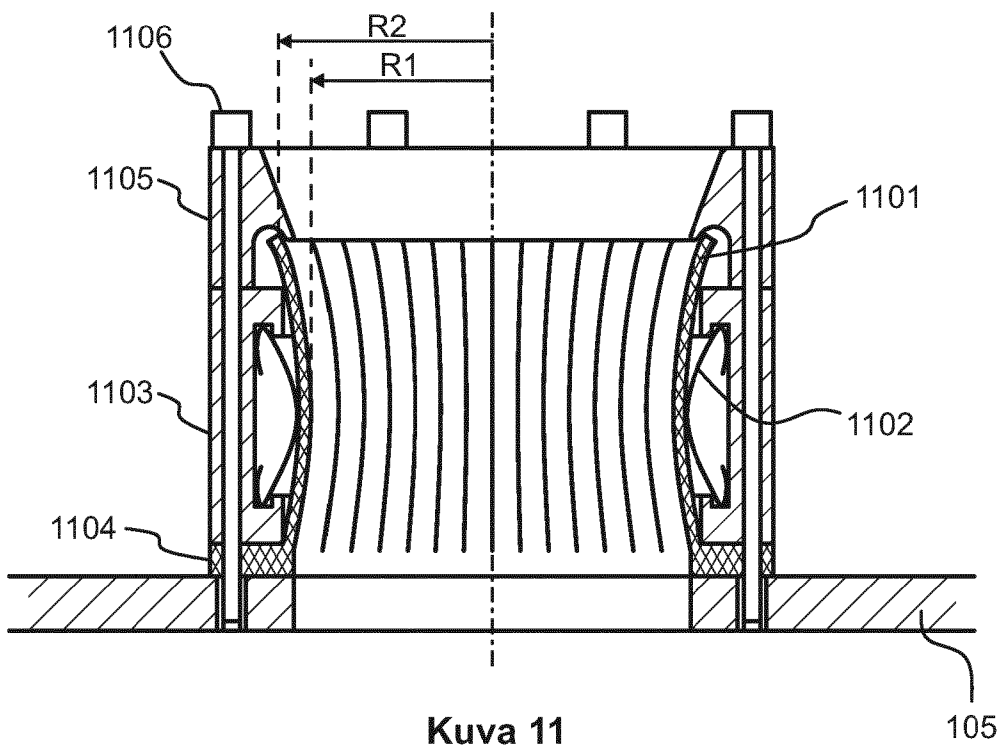
Kuva 8



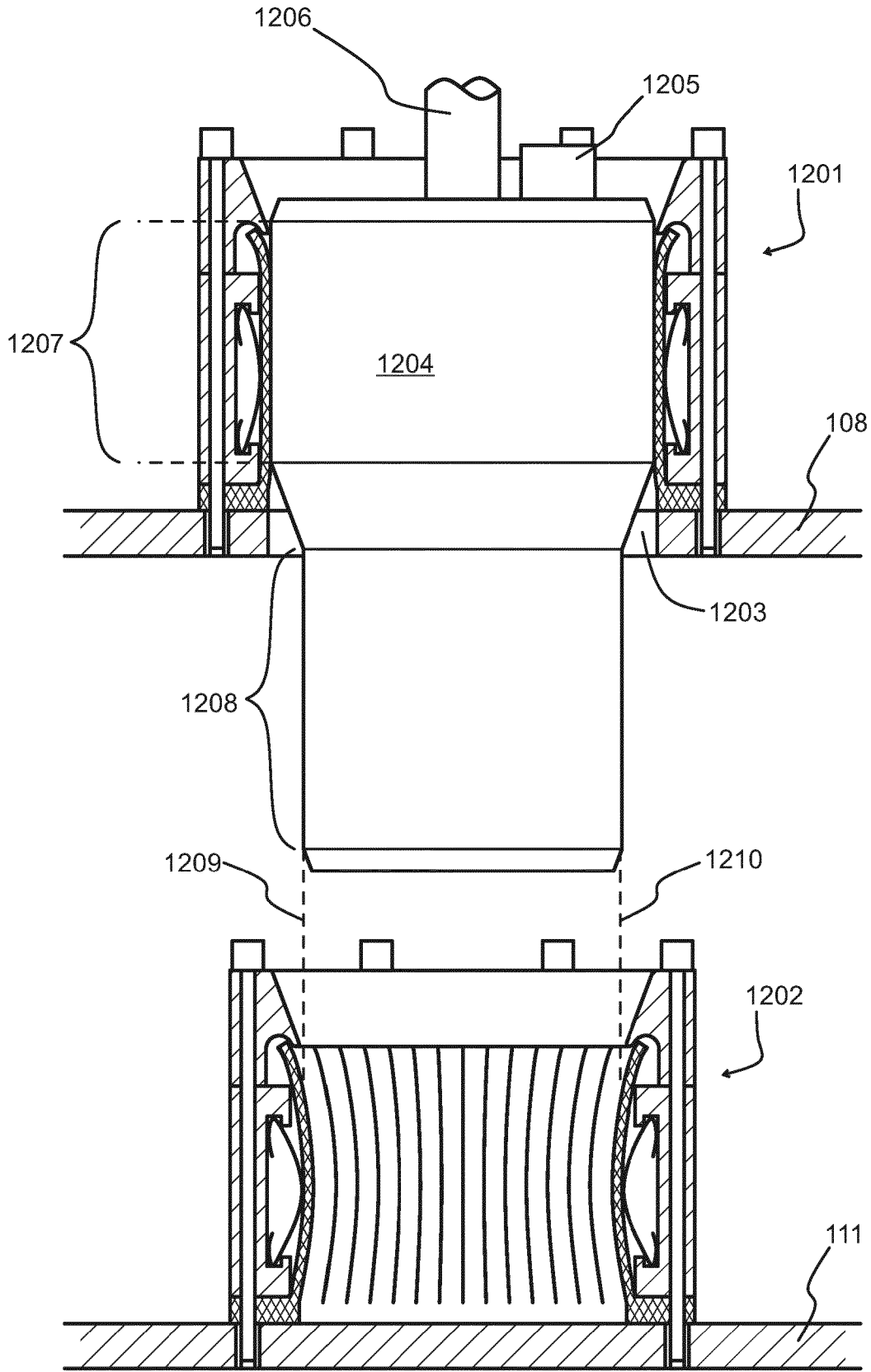
Kuva 9



Kuva 10



Kuva 11



Kuva 12