



SISÄISEN VUODON PAIKALLISTAMINEN JUOTETUSSA LEVYLÄMMÖNSIIRTIMESSÄ

Insinöörityö

Mikko Lyytikäinen

Tietotekniikan koulutusohjelma

Hyväksytty ____ . ____ . ____ _____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU, VARKAUDEN YKSIKKÖ

Koulutusohjelma

Tietotekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Mikko Lyytikäinen

Työn nimi

Sisäisen vuodon paikallistaminen juotetusta levylämmönsiirtimestä

Työn laji

Insinöörityö

Päiväys

7.5.2010

Sivumäärä

35 + 3

Työn valvoja

Heikki Salkinoja

Yrityksen yhdyshenkilö

Pertti Ruotsalainen

Yritys

Oy Danfoss Ab

Tiivistelmä

Tässä työssä suunniteltiin Oy Danfoss Ab:n kanssa menetelmä ja laitteisto, jolla voidaan löytää sisäisen vuodon sijainti juotetusta levylämmönsiirtimestä.

Työssä saatiin hyviä tuloksia. Menetelmä vuodon paikallistamiseen löydettiin ja se todettiin toimivaksi. Menetelmää kokeiltiin valmistamaamme testisiirtimeen ja sen avulla testisiirtimestä löydettiin vuodonsijainti ja reikä lämpöpintalevystä. Käytössä olleista siirtimistä löydettiin menetelmän avulla mahdolliset vuodon sijainnit. Nämä testit todistivat menetelmän toimivuuden.

Johdantona työlle on esitelty Danfoss yrityksenä. Työssä esitellään lämmönsiirrin käsite, erilaisia lämmönsiirtimiä ja juotettu levylämmönsiirrin on esitelty tarkemmin. Työssä suunniteltiin tapa, jolla vuoto pystytään paikallistamaan sekä menetelmään tarvittavat laitteet ja niiden hankinta.

Tulosten avulla osataan kehittää levylämmönsiirrintä kohti entistäkin luotettavampia ja kestävämpiä rakenteita.

Avainsanat

lämmönsiirtimet, lämmönvaihtimet, paikallistaminen, menetelmät, testaus

Luottamuksellisuus

Julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, BUSINESS AND ENGINEERING, VARKAUS

Degree Programme

Information Technology

Author

Mikko Lyytikäinen

Title of Project

Finding an Inner Leak in a Brazed Heat Exchanger

Type of Project

Final Project

Date

7.5.2010

Pages

35 + 3

Academic Supervisor

Heikki Salkinoja

Company Supervisor

Pertti Ruotsalainen

Company

Oy Danfoss Ab

Abstract

The aim of this study was to develop a method and an instrument with which the location of an inner leak in the brazed heat exchanger can be found.

The study produced good results. A method for locating the leak was found. It was tested and it worked well. The method was also applied to other heat exchangers and the possible leak locations were found.

The introduction to the study includes a presentation of Oy Danfoss Ab, introduction to heat exchangers, heat exchanger types and brazed heat exchangers. The object of the study was to find a method for detecting the location of the inner leak. It was concentrated on the equipment needed for the location method and the purchase of the equipment.

On the basis of the results it is possible to develop heat exchangers and make them more durable.

Keywords

Heat exchanger, localization, methods, testing

Confidentiality

Public

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET	3
1 ALKUSANAT.....	4
2 JOHDANTO.....	5
3 YLEISTÄ.....	6
3.1 DANFOSS	6
3.1.1 Danfoss Climate & Energy	7
3.1.2 Danfoss Development.....	7
3.1.3 Sauer-Danfoss.....	7
3.2 Danfoss Suomessa.....	7
3.2.1 Danfoss Leppävirta.....	8
3.3 Tuotteet	9
4 LÄMMÖNSIIRRIN.....	10
4.1 Putkilämmönsiirrin.....	12
4.2 Spiraalilämmönsiirrin.....	13
4.3 Lamellilämmönsiirrin.....	14
4.4 Levylämmönsiirrin.....	15
4.5 Avattava levylämmönsiirrin.....	16
4.6 Juotettu levylämmönsiirrin	16
4.6.1 Toiminta.....	17
4.6.2 Rakenne	18
4.6.3 Valmistus	19
4.7 Juotetun levylämmönsiirtimen vikaantuminen	20
4.7.1 Mekaaninen väsyminen	20
4.7.2 Valmistusvika	20
5 KORROOSIO.....	21
5.1 Kavitaatiokorroosio.....	21
5.2 Korroosioväsyminen	22
6 JUOTETUN LEVYLÄMMÖNSIIRTIMEN SISÄISEN VUODON PAIKALLISTAMINEN	23
6.1 Vuodon toteaminen ja paikallistaminen.....	24
6.2 Sisäisen vuodon paikallistamismenetelmät.....	24
6.2.1 Kuuntelu	24
6.2.2 X- ja Y-suunnat.....	25

6.2.3 Z-suunta	27
6.3 Laitteisto.....	28
6.4 Mittaaminen	29
6.4.1 Testisiirrin.....	30
6.4.2 Käytössä olleet siirtimet	33
7 POHDINTA.....	34
8 LÄHTEET	35
LIITTEET	

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Fluidi	Virtaava väliaine, neste tai kaasu. [1]
Ensiövirtaus	Kaukolämpöpuolen virtaus lämmönsiirtimessä
Toisiovirtaus	Käyttö- tai lämmitysveden virtaus lämmönsiirtimessä
Vinopenkki	Testipenkki, johon lämmönsiirrin laitetaan osassa kuuntelutesteissä.
Saippuakuplatesti	Testillä saadaan selville vuottako siirrin ristiin, eli ensiöpuolelta toisiopuolelle tai päinvastoin.

1 ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Savonia - ammattikorkeakoulun Varkauden yksikössä 12.10.2009 – 7.05.2010. Työ tehtiin Oy Danfoss Ab:lle, VYYT- hankkeen avustuksella.

Kiitän työtäni valvonutta TkT Heikki Salkinojaa, FM Ilkka Korhosta ja Tekn.lis. Raija Lankista. Kiitän myös yhteistyökumppanin Oy Danfoss Ab LPM:n DI Pertti Ruotsalaista, TkT Taija Hämäläistä, DI Pasi Kerttulaa, FT Marko Lyytikäistä ja Timo Huovista. Haluan myös kiittää Savonia-AMK Varkauden yksikköä ja perhettäni, joka auttoi jaksamaan työn parissa. Lisäksi haluan kiittää kaikkia muitakin työssäni auttaneita tahoja.

Varkaudessa 7.05.2010

Mikko Lyytikäinen

2 JOHDANTO

Insinööriytyö tehtiin VYYT- hankeen tuella. VYYT- hankkeen tavoite on parantaa seudun yritysten kilpailukykyä ja mahdollistaa yleistä tutkimus- ja kehitystyötä. VYYT- yksikön takana on EU-rahoitteinen hanke, jossa ovat mukana myös Pohjois-Savon liitto, Varkauden kaupunki, Leppävirran kunta ja alueen yrityksiä. Hanke toteutetaan Kuopion yliopiston, Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Savonia-ammattikorkeakoulun avulla Varkauden ja Kuopion seutukuntien alueella 1.3.2008 – 31.12.2010 aikana.[2]

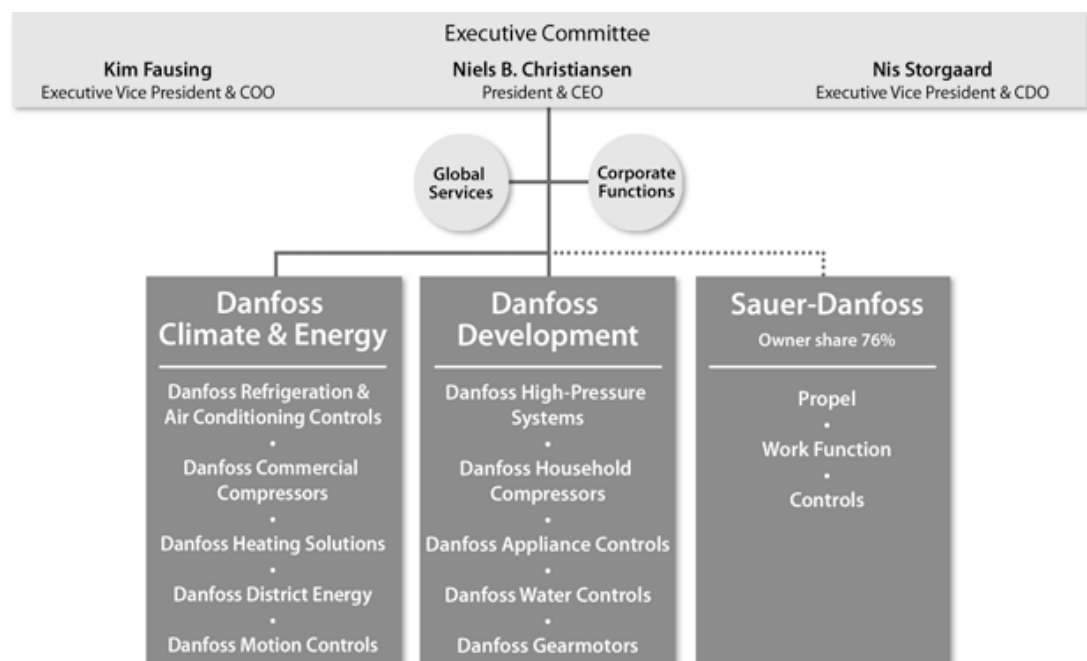
Lopputyön aiheena on juotetun levylämmönsiirtimen sisäisen vuodon paikallistaminen, joka tehtiin yhteistyössä Oy Danfoss Ab:n kanssa. Työ sisältää toimivan paikallistamismenetelmän keksimisen ja menetelmään sisältyvien laitteiden hankkimisen. Lämmönsiirtimessä olevan sisäisen vuodon paikallistaminen on tärkeää siirtimien ja niiden valmistusprosessin kehittämisen kannalta.

3 YLEISTÄ

Työn alussa tutustuttiin yleisesti Danfoss:in yrityksenä, lämmönsiirinkäsitteeseen ja erilaisiin lämmönsiirtimiin. Vierailut Oy Danfoss Ab:lla työn aikana ja siellä tehdyt testit auttoivat työn valmistumista. Testituloksina saatiin useita menetelmiä vuodon löytämiseen.

3.1 DANFOSS

Danfoss Group on tanskalainen yhtiö, jolla on toimintaa ympäri maailmaa. Yhtiö on johtava toimija mekaanisten ja elektronisten komponenttien tuotannossa, tutkimuksessa ja myynnissä monella eri teollisuuden alalla. Danfossin kansainvälisen toiminnan voi jakaa kahteen ryhmään: Climate & Energy ja Development. Lisäksi Danfoss omistaa enemmistön Sauer-Danfossin osakkeista, joka on maailman johtava liikkuvien hydraulijärjestelmien valmistaja. Danfoss- konsernin liikevaihto vuonna 2008 oli 3,7 miljardia euroa ja konserni työllistää yli sadassa maassa yli 31000 henkilöä.[3]



Kuva 1. Danfossin organisaation kuvaus.[3]

3.1.1 Danfoss Climate & Energy

Danfoss on maailmanlaajuisesti toimiva jäähdytys- ja ilmastointiteollisuuden tarkoitettujen kylmäratkaisujen ja kompressoreiden johtava yritys. Leppävirran tehdas kuuluu Danfoss District Energy, joka valmistaa lämpö- ja jäähdytysjärjestelmiä.[4]

Danfoss Heating Solutions tarjoaa laajan valikoiman komponentteja ja järjestelmiä lämmön tuotantoon, jakeluun ja käyttöön. Tuotteet mahdollistavat hyvän sisäilman ja lämmityskustannusten säästön kodeissa ja muissa rakennuksissa.[5]

3.1.2 Danfoss Development

Danfoss Development valmistaa ja myy laitteita paineen ja lämpötilan mittaukseen, kaasujen ja nesteiden ohjaukseen sekä kontaktoreita ja pehmeäkäynnistimiä varmistamaan ongelmattoman kytkennän ja suojauksen moottoreille ja muulle elektroniikalle.[6]

3.1.3 Sauer-Danfoss

Vaikka Sauer-Danfoss on alle 10-vuotias, yhteistä asiantuntemusta on joka tapauksessa ajoneuvojen hydraulikasta ja ohjauksesta yhteensä yli 45 vuotta. Yritys on huolellisesti toteutetun yhdistymisen ja useiden strategisten hankintojen tulos vuonna 2000 ja ne kaikki edistää tuotetarjontaa ja järjestelmän ratkaisukykyä. Yrityksellä on noin 5900 työntekijää maailmanlaajuisesti. Danfoss omistaa yrityksestä 76 prosenttia.[7]

3.2 Danfoss Suomessa

Yhtiöllä on Suomessa noin 220 työntekijää. Danfoss tuottaa komponentteja kylmä- ja talotekniikka-alan, teollisuuden ja kunnallistekniikan käyttökohteisiin. Leppävirralla tuotantolaitos valmistaa lämmönjakokeskuksia ja lämmönsiirtimiä. Klaukkalan toimipiste hoitaa vaihdemoottoreiden myynnin, kokoonpanon ja huollon. Myyntikonttori sijaitsee Espoossa.

3.2.1 Danfoss Leppävirta

LPM ostettiin osaksi kansainvälistä Tanskalaista Danfoss- konsernia 1.10.2003 ja vuonna 2005 LPM Group Oy sulautui Oy Danfoss Ab:hen. Oy Danfoss Ab sijaitsee Leppävirralla ja siellä työskentelee noin 130 henkilöä. Leppävirralla tuotantolaitos valmistaa lämmönjakokeskuksia ja –siirtimiä. Yrityksellä on tutkimuslaboratorio, joka on tarkoitettu kaukolämmön lämmönjakokeskuksille ja sen komponenteille. Laboratorio on FINAS- akkreditoitu. Akkreditoitu pätevyysalue on kaukolämmönsiirtimien tehon ja painehäviön testaus. Laboratorio osallistuu konsernin tuotteiden tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Nykyisten omien tuotteiden lisäksi laboratoriossa voidaan testata uusia omia tuotteita ja alihankkijoiden tuotteita. Laboratoriota vuokrataan myös ulkopuolisille. Laboratoriossa testataan lämmönsiirrinten ja täydellisen lämmönjakokeskusten toimintaa eri virtaamilla ja lämpötilaohjelmilla. Yrityksen laboratoriossa voidaan tutkia nesteille tarkoitettujen komponenttien lämpö-, virtaus- ja säätötekniistä käyttäytymistä.[8,9]

3.3 Tuotteet

Danfossilla on kattava valikoima komponentteja kylmä- ja talotekniikka-alan, teollisuuden ja kunnallistekniikan käyttökohteisiin. Tuotteet ovat tarkoitettu oleelliseksi osaksi niin kodeissa, työpaikoilla kuin teollisuudessakin.[10]



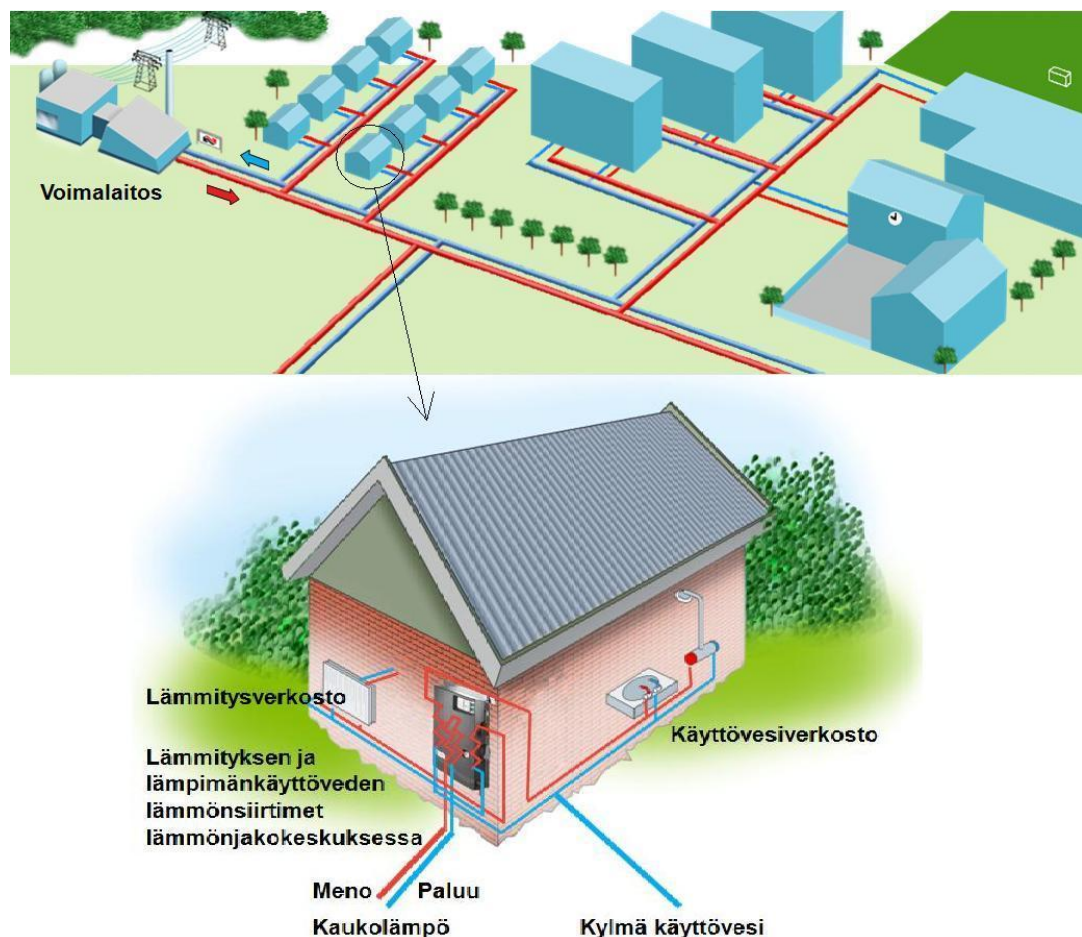
Kuva 2. Kuvassa on Oy Danfoss Ab:n juotettuja levylämmönsiirtimiä.[10]

4 LÄMMÖNSIIRIN

Levylämmönsiirtimen keksi vuonna 1923 tohtori Richard Seligman, keksintö mullisti epäsuoran nesteen lämmityksen ja viilennyksen menetelmän.

Lämmönsiirrin on energiatekniikan komponentti, jolla siirretään lämpöenergiaa fluidista toiseen.

Levylämmönsiirtimiä käytetään kotitalouksissa lämmittämään käyttö- ja lämmitysvedtä. Voimalaitoksesta tuleva kaukolämpövesi menee kotona olevaan lämmönjakokeskukseen kuvan 3 mukaisesti. Siirtimeen menevä kaukolämpövesi tulee siirtimestä lämpönsä luovuttaneena ja se palaa takaisin voimalaitokselle, jossa se uudelleen lämmitetään kiertoa varten.[11]



Kuva 3. Voimalaitoksesta tulee kuumaa vettä kotitalouden lämmönjakokeskukseen, missä se lämmittää käyttöveden, lämmitysveden ja palaa takaisin voimalaitokseen.[11]

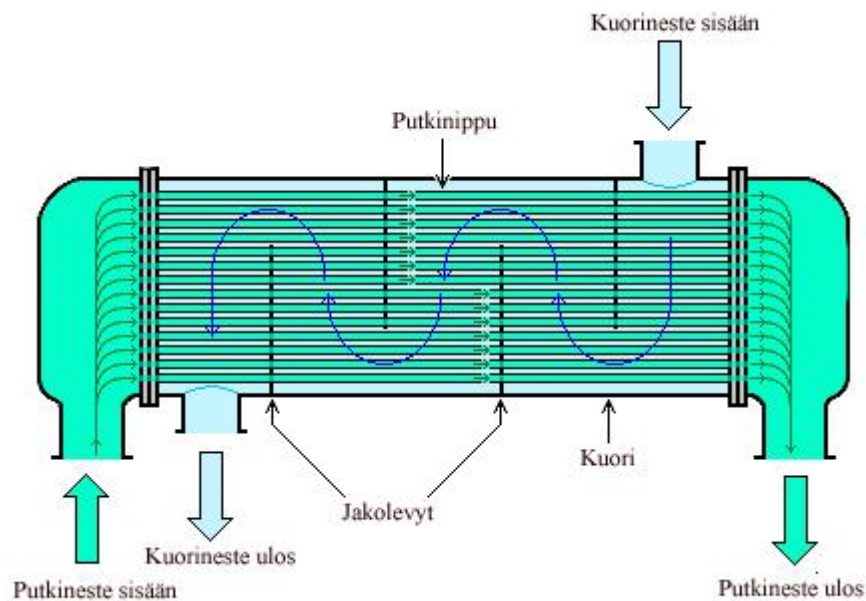
Lämmönsiirtimissä on kaksi tapaa siirtää lämpöä, johtuminen ja lämpösäteily. Sen sijaan fluidin kulkemisessa eli konventiossa tapahtuvaan lämmönsiirtoon ei tarvita erityistä lämmönsiirrintä, vaan lämpö siirtyy aineen mukana.

Lämmönsiirrinkäsite on käyttää putkia tai muuta astiaa lämmittämään tai viilentämään yhtä fluidia siirtäen lämmön toiseen fluidiin. Useimmissa tapauksissa siirtimen sisällä olevat putket kuljettavat lämmitettävää fluidia ja astiassa kulkee lämmin fluidi, kuten kuvassa 4 näkyy. Siirtimen putket on tehty metallista tai muusta aineesta, jossa on suuri lämmönjohtavuus.[12]

4.1 Putkilämmönsiirrin

Putkilämmönsiirtimet ovat yleisin lämmönsiirrintyyppi öljyn jalostamisessa, muissa suurissa kemiallisissa prosesseissa ja korkeapaineisissa sovelluksissa. Putkilämmönsiirrin koostuu kuoresta, joka on iso paineastia ja putkinipuista sen sisällä. Putkissa oleva neste lämmittää kuoren sisällä olevaa nestettä ja näin tapahtuu lämmön siirtyminen nesteestä nesteeseen.

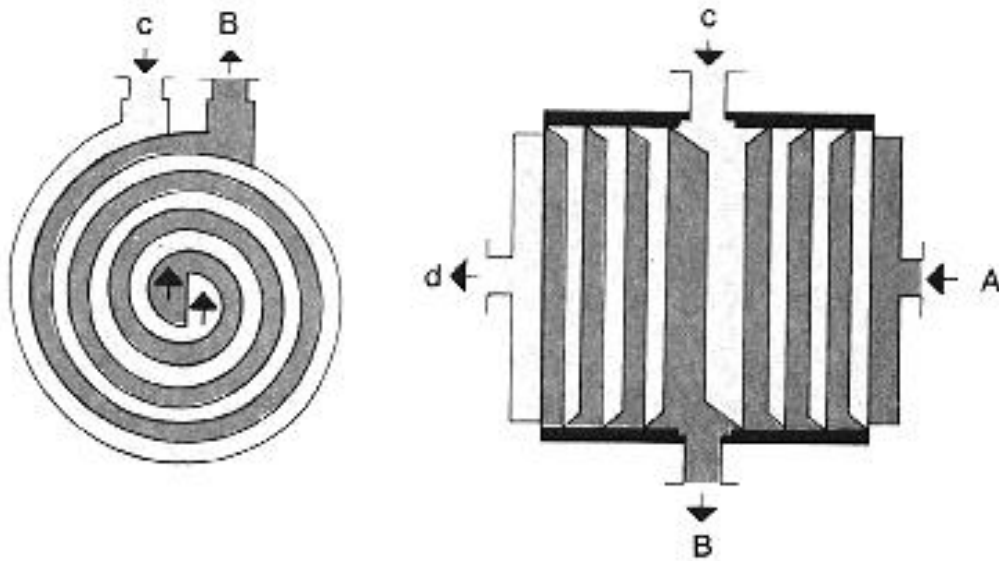
Kaksi eri lämpötilassa olevaa nestettä virtaa lämmönsiirtimen läpi kuvan 4 mukaisesti. Toinen nesteistä virtaa putkissa ja toinen virtaa putkien ulkopuolella lämmönsiirtimen sisällä. Lämpö siirtyy fluidista toiseen putkien seinämien läpi, joko poispäin tai sisäänpäin. Lämmönsiirron tehostamiseksi käytetään mahdollisimman suurta lämmönsiirtopinta-alaa, eli on käytettävä mahdollisimman paljon putkia, jolloin seinämäpinta-alaa on mahdollisimman paljon. [13]



Kuva 4. Kuvassa yksisuuntainen suora putkilämmönsiirrin. Kylmä ja kuuma fluidi kulkevat vastakkaisiin suuntiin. Vaipassa olevat välilevyt ohjaavat vaipassa kulkevan fluidin reittiä parantaen lämmönsiirtotehokkuutta.[13]

4.2 Spiraalilämmönsiirrin

Käyttökohteina spiraalilämmönsiirtimillä on prosessivesien jäädytys ja lämmitys. Sisus on spiraalin muotoinen, joka takaa yhtä suuret nopeudet niin pienillä kuin suurillakin virtausmäärillä. Tehokkuus spiraalilämmönsiirtimessä saavutetaan kaarevien virtauskanavien ja tukitappien avulla. Lämmönsiirrin puhdistaa itsensä huuhtelemalla jätteitä jatkuvasti ulos keskipakoisvoiman avulla. [14]

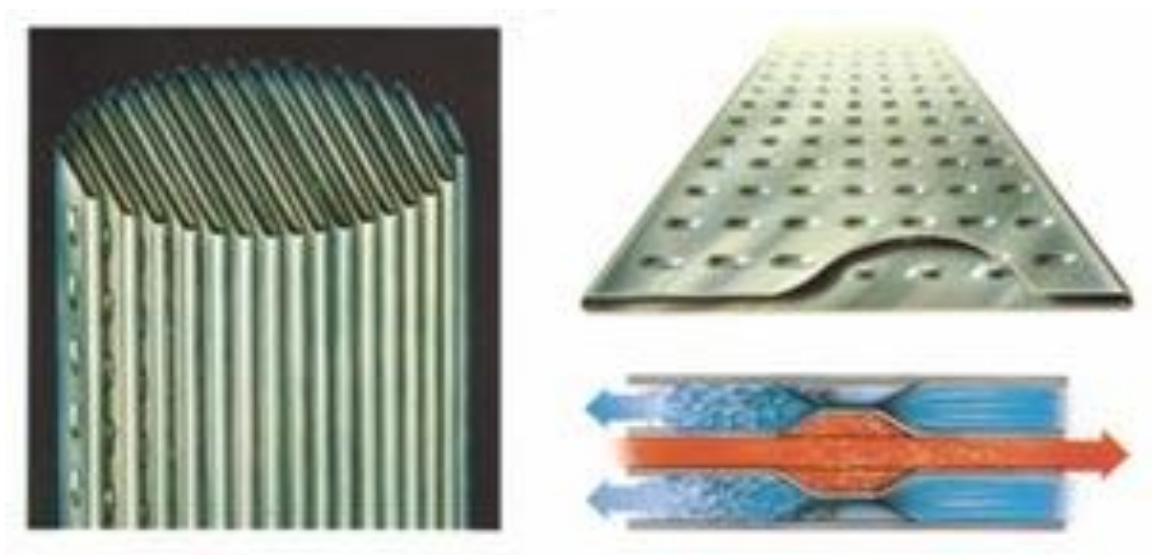


Kuva 5. Spiraalilämmönsiirrin toimii vastaavalla tavalla kuin levylämmönsiirrin, levyjen muoto on erilainen käyttökohteiden takia.[14]

4.3 Lamellilämmönsiirrin

Lamellilämmönsiirtimillä on muiden siirtimien tapaan vastavirtauksen ansiosta korkea lämmönsiirtokerroin erilaisten aineiden kesken. Ylläpitokustannukset pysyvät kohtuullisina lamellilämmönsiirtimissä pitkällä aikavälillä, sillä sen lamelliydin on erikseen vaihdettavissa täysin uuteen ja lämmönsiirrin on myös helposti huollettava. Virtauksen ohjauslevyjä ei tarvita. Siirtimen vaipan sisältä löytyy lamelliydin, eli lämmönsiirtoelementtinippu, joka muodostuu kapeista virtauskanavia. Kukin lamellielementti koostuu kahdesta ohuesta, kuoppakohdistaan hitsatuista metallilevystä. Kuoppakuvioinnin ansiosta saavutetaan suuri turbulenssi nesteessä ja parempi paineen kestävyys.

Käyttökohteina ovat selluteollisuuden keittämön lämmönsiirtimet ja syöttöveden lämmittimet, väli- ja vahvalipeän esilämmittimet, voimalaitokset ja kemian jalostusteollisuuden testausprosessit. Lamellilämmönsiirtimiä käytetään myös haihuttimissa ja regeneratiivisissa lämmönsiirtimissä, savukaasujen jäähdyttimissä ja lauhduttimissa ja öljynjäähdyttimissä.[14]



Kuva 6. Kuoppakohdistaan yhteen hitsatut lamellielementit muodostavat lamelliytimen.[14]

4.4 Levylämmönsiirrin

Levylämmönsiirtimet ovat nykyisin paljon käytettyjä. Siirrin koostuu lämpölevyistä joiden päissä on virtauskanavia, joista nesteet pääsevät virtaamaan siirtimen sisälle. Levyt on joko juotettu toisiinsa tai niiden välissä on kumitiivisteet. Levylämmönsiirtimessä metallilevyt siirtävät lämpöä fluidista toiseen fluidiin yleensä vastavirtaperiaatteen avulla. Suuri levypinta-ala on etu verrattuna perinteiseen lämmönsiirtimeen, koska nesteet ovat levittyneet paljon suuremmalle alueelle ympäri levyjä. Tämä helpottaa lämmönsiirtoa ja kasvattaa huomattavasti lämpöenergian siirtymistä. Hyvä lämmönsiirtotehokkuus pienessä koossa on kasvattanut kotitalouksien kuuman veden virtaussuhdetta lämminvesivaraajassa. Pienet levylämmönsiirtimet ovat tehneet suuren vaikutuksen kotitalouksien lämmitykseen ja pieniä juotettuja versioita käytetään useissa erilaisissa lämminvesivaraajissa.

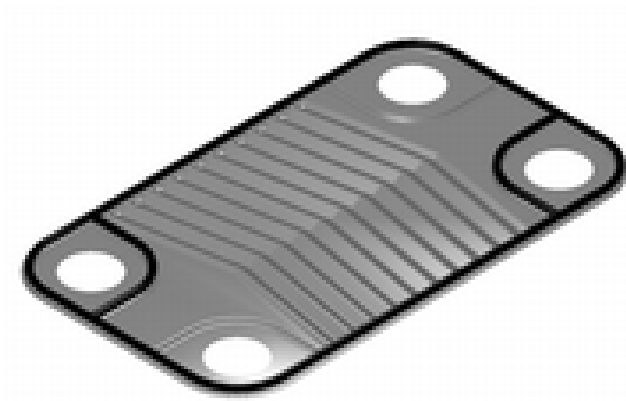
Levylämmönsiirtimessä olevat levyt on kuvioitu, jotta saadaan mahdollisimman suuri lämmönsiirtopinta-ala ja virtaavaan nesteeseen turbulentsuutta. Virtauksen muututtua laminaarisesta turbulentsiksi, lämmönsiirtotehokkuus voi kasvaa jopa 3-4 kertaa suuremmaksi verrattuna sileälevyiseen siirtimeen.

Levyjen eristystapa määrää oleellisesti lämmönsiirtimen käyttökohteen. Tiivisteelliset, yleensä kumilla, teflonilla tai neopreenillä eristetyt lämmönsiirtimet sopivat erinomaisesti paikkoihin joissa nesteet eivät kuluta tiivistettä ja joissa lämpötila ja paine pysyvät sopivien rajojen sisäpuolella. Näitä lämmönsiirtimiä voidaan käyttää -35°C - +220°C lämpötiloissa. Painetta ne kestävät parhaimmillaan noin 25bar. Tiivisteellisen, eli avattavan lämmönsiirtimen oleellinen etu muihin tyypeihin verrattuna on mahdollisuus purkaa se mekaanista puhdistusta varten ja mahdollisuus poistaa tai lisätä levyjä, jolloin lämmönsiirtotehoa voidaan muuttaa tai vaihtaa rikkiäinen lämpöpintalevy.

Juotetuilla lämmönsiirtimillä voidaan päästä jo 30bar:in paineeseen ja lämmönkestävyysalue on huomattavasti suurempi. Hitsaamalla eristetyissä lämmönsiirtimissä levyjen reunat on yleensä hitsattu laserilla yhteen, jolloin saavutetaan laaja lämpötila-alue; -55°C - +335°C. [15]

4.5 Avattava levylämmönsiirrin

Avattavat levylämmönsiirtimet on yleensä tarkoitettu teolliseen käyttöön, puhdistettavuutensa ansiosta. Kuvan 7 mukaiset avarasolaiset levyt tarjoavat viskoottisille nesteille tilaa virrata. Siirtimen hyvänä puolena on sen avattavuus. Avattava siirrin on helpompi puhdistettava kuin juotettu, sillä avatun voi avata ja siitä voi puhdistaa mekaanisesti jokaisen lämpöpintalevyn. Joissakin tapauksissa puhdistus tehdään jopa päivittäin. Juotettuihin levylämmönsiirtimiin verrattuna avatut siirtimet eivät kestä yhtä suurta painetta ja lämpötilaskaala on myös pienempi. Avattavia levylämmönsiirtimiä käytetään yleisesti jalostusteollisuudessa, kaukolämmössä, paperi- ja selluteollisuudessa, elintarviketeollisuudessa, kemian teollisuudessa, laivanrakennusteollisuudessa ja energiatuotannossa.



Kuva 7. Avattavan levylämmönsiirtimen lämpöpintalevy tiivisteineen. [16]

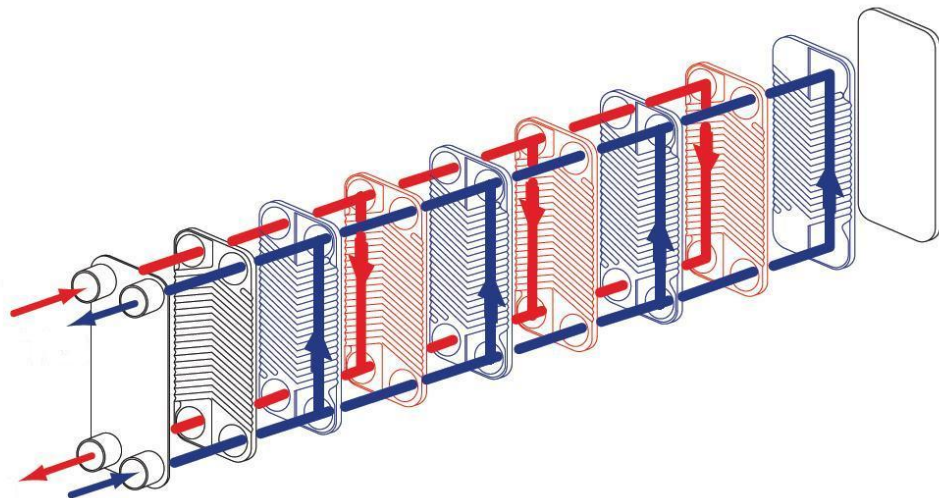
4.6 Juotettu levylämmönsiirrin

Juotettu levylämmönsiirrin on rakenteeltaan kompakti juotossaumojensa ansiosta. Siirrin kestää jatkuvaa käyttöä korkeissa lämpötiloissa, koska siinä ei tarvita kumitiivisteitä ollenkaan, vaan levyjen välillä on kuparijuotos. Juotettu siirrin on rakennettu kolmesta elementistä, päätylevyt, lämpöpintalevyt ja yhteet. Levyt on puristettu päätylevyjen väliin ja aallotetut levyt on kovajuotettu toisiinsa juotosaineen avulla. Siirrintä ei voida juotosten takia purkaa, joten ainut puhdistus tapa on kierrättää nestettä vastakkaiseen suuntaan kuin yleensä. Yleisesti juotettuja levylämmönsiirtimiä käytetään kaukolämmössä, lämpöpumpuissa, haihduttimissa ja lauhduttimissa, lämmöntalteenottojärjestelmissä, hydraulikassa ja vain puhtaissa nesteissä ja höyryissä.

Juotettu levylämmönsiirrin on tarkoitettu kaukolämpökäyttöön, ilmastointiin, keskuslämmitykseen ja käyttöveden lämmitykseen. Levylämmönsiirrimen käyttöpaine on noin 16 bar tai maksimissaan 25 bar. Näissä sovelluksissa virtausaineena käytetään vettä tai veden ja alle 2 asteen lämpötiloissa glykolin seosta. Seoksen avulla voidaan estää nesteen jäätyminen. Levylämmönsiirrimet ovat kustannustehokkaita vaihtoehtoja moniputkilauhduttimille ja –höyrystimille.

4.6.1 Toiminta

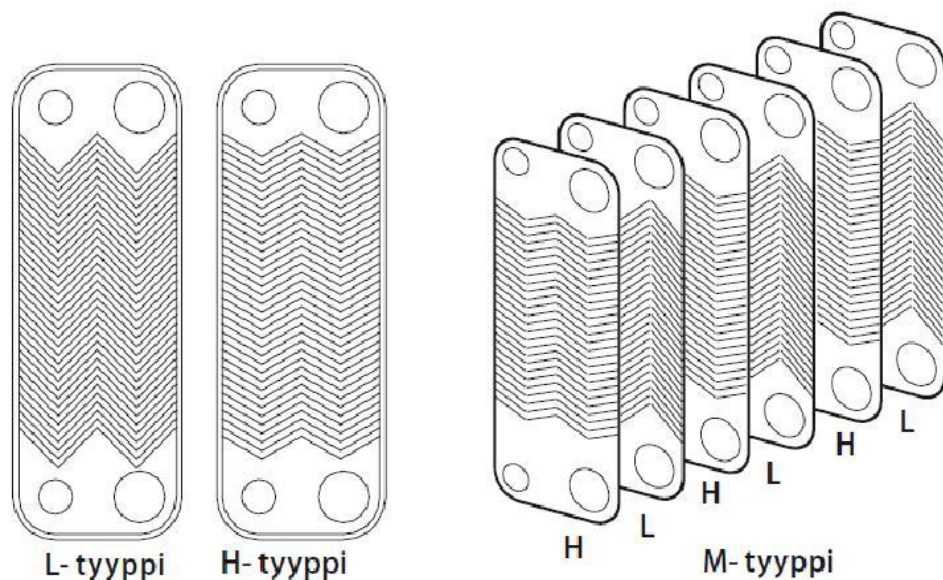
Levylämmönsiirrimen sisällä olevat fluidit virtaavat vastavirtaan toisiaan nähden, kuten kuvassa 8 nähdään. Tarkoituksena on siirtää lämpöä ensiövirtauksesta toisiovirtaukseen lämpölevyjen avulla siten, etteivät virtaukset sekoitu toisiinsa. Pitkien sivujen yhteet ovat yhteydessä keskenään ja lyhyiden sivujen yhteet puolestaan eivät. Vertaa kuva 10.



Kuva 8. Kuvassa on 1-kanavainen levylämmönsiirrin. Punainen väri kuvaa lämpimää fluidia ja sininen lämmitettävää fluidia.

4.6.2 Rakenne

Levylämmönsiirrin muodostuu kuvan 9 mukaisista L- tai H-tyyppisistä lämpöpintalevyistä. H-tyypin lämmönsiirtimillä on parempi lämmitysteho, mutta niillä on suurempi painehäviö. On myös mahdollista, että levypakka voi muodostua molempien tyyppisistä levyistä, tällöin on kyseessä M-tyyppistä. Levyt juotetaan yhteen, jolloin se ei ole avattavissa. Yleisin juotosaine on kupari tai nikkeli. Lämmönsiirrin muodostuu päätylevyistä, lämpöpintalevyistä ja yhteistä eli putkien liitospaikoista. Juotetun levylämmönsiirtimen hyvä puoli on, että se kestää jatkuvaa käyttöä korkeissakin lämpötiloissa. Levyt voidaan valmistaa teräksestä, titaanista tai muista aineista jotka ovat riittävän taipuisia ja kestäviä. Nämä materiaalit sopivat siirtimeen, koska lämmitettävä neste voi olla myös käyttövettä. Materiaalin pitää olla siirtimessä sellaista, että siitä ei tartu mitään haitallista käyttöveteen.



Kuva 9. Kalanruotokuvioilla olevia levylämmönsiirtimen lämpöpintalevyjä. [17]

4.6.3 Valmistus

Tuotteen valmistus tapahtuu tuotantolinjassa, jossa linjasto tekee levyrainasta, esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä, lämpöpintalevyjä ja kuparista juotoslevyjä. Levyt kasataan päällekkäin ja lisätään päätylevyt ja niihin yhteet. Kasausvaiheessa tiedetään siirtimen lämpöluokka, jolloin saadaan tehtyä oikean kokoisia siirtimiä.

Uunissa on tyhjiö ja lämpötilaa nostetaan hiljalleen juotoslämpötilaan, joka on yli tuhat celsiusastetta. Lämpötila käy nopeasti juotoslämpötilassa, jolloin juotos tapahtuu ja lämpötila lasketaan sitten hiljalleen takaisin normaaliksi. Siirtimet ovat uunissa noin kahdeksan tuntia, jonka aikana niissä oleva kupari sulaa juotoksiin ja liittää lämpöpintalevyt yhteen.

Siirtimen tullessa uunista sen annetaan jäähtyä. Siirtimet koeponnistetaan ja tarkastetaan, että ne täyttävät laatuvaatimukset. Tämän jälkeen siirtimet ovat pakkausta vaille valmiita lähetettäväksi asiakkaalle.

4.7 Juotetun levylämmönsiirtimen vikaantuminen

Juotetun levylämmönsiirtimen vikaantumiseen on useita syitä. Vikaantuminen voi tapahtua siirtimen ollessa käytössä, jolloin sitä voidaan käyttää väärin tai siirrin on vanha jolloin voi tapahtua mekaanista väsymistä tai korroosiota. Valmistusvaiheessa voi myös tapahtua laitteen vioittuminen, kuten myös kuljetuksessa, jossa se esimerkiksi voi kolhiintua.

4.7.1 Mekaaninen väsyminen

Mekaaninen väsyminen tarkoittaa käytössä olleen levylämmönsiirtimen lämpöpintalevyjen väsymistä, joko vaihtelevan paineen tai vaihtelevan lämpötilan takia. Väsyneeseen siirtimeen tulee paineiskun vuoksi herkästi pieni halkeama johonkin kohti. Halkeama tulee kun lämpöpintalevy pullistuu. Halkeama voi siis sijaita esimerkiksi tällaisessa tapauksessa levyjen välisessä juotoskohdassa tai siirtimen reunassa. Väsymisestä johtuen saattaa lämmönsiirtimeen tulla vuoto, jossa nesteet sekoittuvat ja näin ollen lämmönsiirrin on rikkonainen. Rikkonaisesta siirtimestä glykolia sisältävä kaukolämpövesi voi joutua käyttöveteen. Asiakas voi huomata siirtimen olevan rikkinäinen silloin kun käyttöveteen alkaa tulla värillistä vettä, sillä aluelämmön veteen on lisätty väriä.

4.7.2 Valmistusvika

Valmistusvika on mahdollinen, jos tuotantolinjan laitteet ovat viallisia tai linjastoon on joutunut sinne kuulumatonta tavaraa tai roskaa. Myös juotosuunissa voi sattua mahdollinen vika, jolloin juotos ei onnistu ja juotoskohtaan jää vuoto.

5 KORROOSIO

Korroosio on materiaalin muuttumista ympäristön vaikutuksesta. Korroosion syynä on kemiallinen tai sähkökemiallinen ilmiö, kuluminen, rasitus ja lämpötila. Ympäristö voi myös vaikuttaa mekaanisesti korroosioilmiön syntymiseen ja nopeuteen.

Useiden materiaalien korroosiokestävyys perustuu osittain tai kokonaan aineen pinnalle hapettumisen myötä syntyvän oksidin suojaavaan vaikutukseen. Eroosikorroosiossa kaasun, nesteen tai massan nopea virtaus aineen pinnalla pyrkii kuluttamaan suojaavan oksidikerroksen pois tai itse metallia aiheuttaen korroosiota.[18],[19]

5.1 Kavitaatiokorroosio

Kavitaatiokorroosiota esiintyy putkistoissa sekä laitteissa, joissa nesteen virtausnopeus on suuri ja joissa esiintyy paineen vaihteluja. Kavitaatiokupla muodostuu nesteen paineen paikallisesti laskiessa, jolloin vastaavasti nesteen kiehumispiste laskee. Kupla luhistuu nestepaineen jälleen noustessa. Kaasukuplan luhistuminen voi aiheuttaa tuhansien N/mm² suuruisia paikallisia paineiskuja ja voimakkaita paikallisia kuumenemisiä.[18],[19]

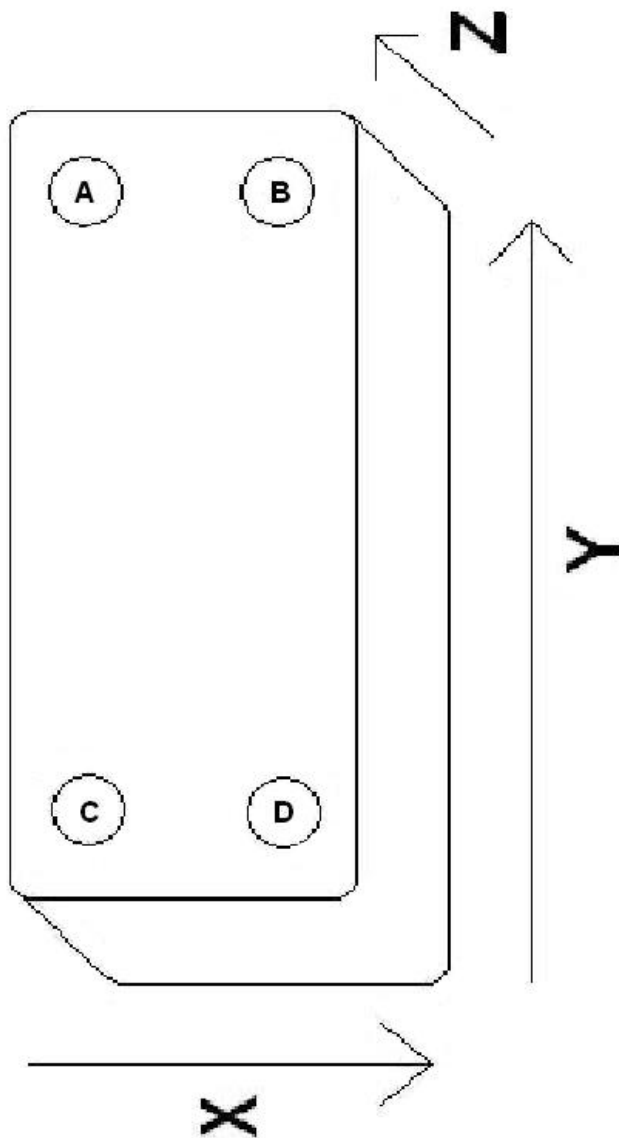
5.2 Korroosioväsyminen

Rakenteen jouduttua värähtelyjen, vaihtosuuntaisen kuormituksen tai termisten vaihteluiden alaiseksi, materiaalin lujuus määrää kestoiän. Korroosioympäristössä väsymiskestävyys useimmiten muodostuu huomattavasti pienemmäksi kuin ilman korroosioväliainetta. Korroosioväsyminen on esimerkiksi hyvin todennäköistä sellaisissa olosuhteissa, joissa materiaali on altis muille paikallisen korroosion muodoille. Tällöin pinnan paikalliset korroosioauriot toimivat jännityksen keskittäjinä. Korroosioväsymistä esiintyy kuitenkin myös olosuhteissa, joissa materiaalin syöpyminen ilman dynaamista rasitusta on tasaista syöpymistä jo myös hyvinkin lievissä korroosioympäristöissä.

Korroosioväsymistä aiheuttavia jännitysmuutoksia voi syntyä putkistojen ja säiliöiden sisäpaineen vaihtelusta, epätasaisesta höyry- tai nestevirtauksesta sekä käyttöön liittyvistä paineiskuista, putkistojen ja säiliöiden lämpölaajenemiskäyttäytymisen eroista.[18],[19]

6 JUOTETUN LEVYLÄMMÖNSIIRTIMEN SISÄISEN VUODON PAIKALLISTAMINEN

Tässä työssä tutkittiin levylämmönsiirintä useasta eri suunnasta, joten on helpompaa puhua X-, Y- ja Z-suunnasta. Työssä etsitään keino, jolla löydetään juotetusta lämmönsiirtimestä sisäinen vuoto, sen löytämiseen tarvitaan kaikkia edellä mainittuja suuntia.



Kuva 10. Lämmönsiirtimen suunnat X-, Y- ja Z-akselilla. Yhteet A ja C ovat toisiinsa yhteydessä, sekä B ja D ovat keskenään yhteydessä toisiinsa.

6.1 Vuodon toteaminen ja paikallistaminen

Danfoss testaa kaikki uudet siirtimet vuotojen varalta. Nykyisellä testausmenetelmällä saadaan selville, että siirrin on ehjä tai vuotaa, mutta sillä ei pystytä havaitsemaan sisäisen vuodon sijaintia. Ulkoisen vuodon pystyy havaitsemaan siirtimestä, mikäli siirtimestä alkaa vuotaa nestettä ulos. Viallisesta siirtimestä olisi tärkeä löytää sisäisen vuodon sijainti, jotta pystyttäisiin löytämään syy, mistä vika on tullut. Asiakkaalta palautunut siirrin voi olla vuotava, mutta vuotokohtaa ei voida löytää silmämääräisesti ja siitä ei voida todeta syytä onko vuoto tullut väsymisen, korroosion vai käyttövirheen takia. Löytämällä vuotokohta, voidaan se analysoida, raportoida mahdollisesta vuodon syystä ja tulevaisuudessa tehdä tuotekehitystä.

6.2 Sisäisen vuodon paikallistamismenetelmät

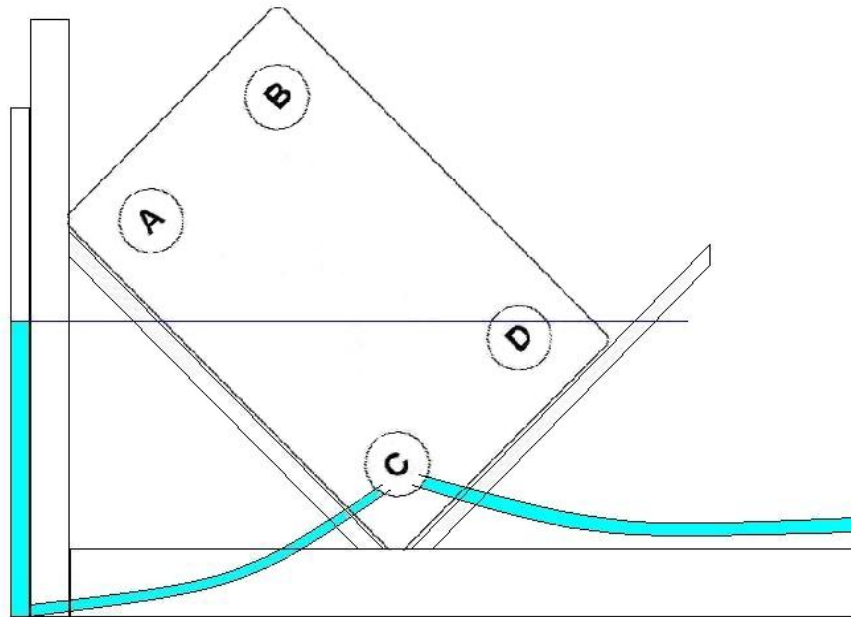
Paikallistamismenetelmiä on varmasti useita, mutta tarkoitus oli löytää edullinen, nopea ja toimiva ratkaisu. Ensimmäinen ajatus oli alkaa tutkimaan siirrintä kuuntelemalla eri suunnista ja käyttämällä siirtimen sisällä ilmanpainetta. Ilman lisäksi kuuntelumenetelmässä käytettiin apuna vettä, joka antoi kuuntelumenetelmään lisää mahdollisuuksia. Siirtimen sisäisen vuodon paikallistamiseen voisi kokeilla myös röntgenkuvausta, jonka avulla koetettaisiin saada selville myös vuodon sijaintia ja lisäksi vuodon muotoa, onko se pyöreä, säröreunainen vai halkeama. Röntgenkuvauksen ongelmana oli siirtimen lämpöpintalevyjen muoto, jonka takia röntgenkuvauksessa tulos on mahdollisesti epäselvä.

6.2.1 Kuuntelu

Kuuntelumenetelmässä oli tarkoitus käyttää ilmanpainetta ja vettä paikallistamaan sisäistä vuotoa. Paikallistamisessa apuna käytettiin itse tehtyä akustista anturia, joka perustui mikrofoniin. Tämä oli kytketty vahvistimen kautta tietokoneeseen. Tietokoneeseen oli laitettu kuulokkeet joilla voitiin korvakuulolla tutkia kohinaa.

6.2.2 X- ja Y-suunnat

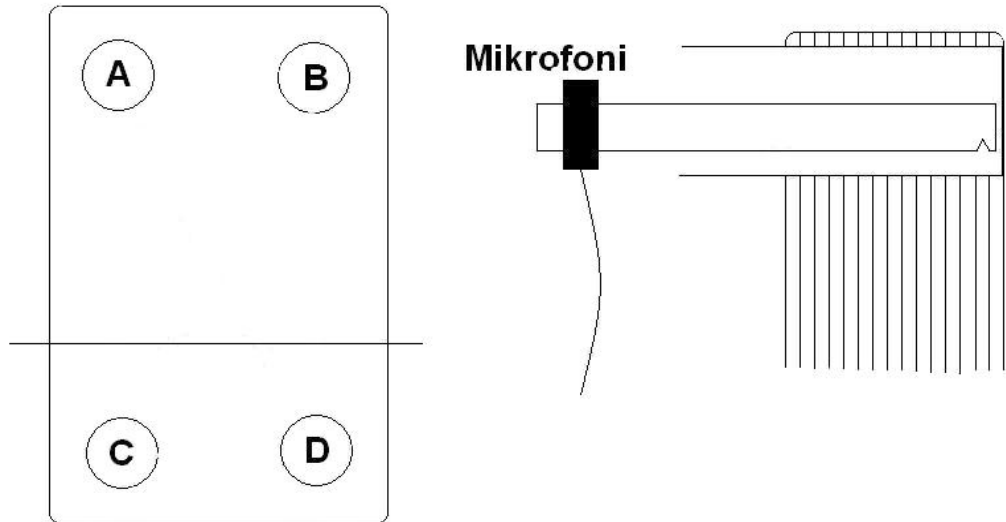
Seuraavassa on esitelty ratkaisu vuodon sijainnille X- ja Y-suunnassa. Kuvan 11 mukaisesti A yhde on kuuntelua varten, siitä kuunnellaan tasaista virtausääntä, kunnes se muuttuu veden saavuttua vuotokohtaan. C yhteestä laitetaan vettä tasaisesti siirtimeen, jolloin se valuu siirtimen alimpana olevaan kylkeen täyttäen siirtimen hitaasti vedellä. D yhde tulpataan ja B yhdettä käytetään paineistukseen. B yhteestä laitetaan tasaisesti painetta, joka vuotaa vuotokohdasta ja kuuluu A yhteestä tasaisesti, kunnes vesiraja nousee vuotokohtaan. Veden saavuttaessa vuotopaikan, laitetaan vesihana kiinni, jolloin vinopenkissä olevasta vesiputkesta nähdään veden korkeus ja voidaan piirtää siirtimen etupäähän viiva vuodon kohdalle. Sama testi toistetaan kääntämällä siirrin toiselle kyljelle ja saadaan piirrettyä siirtimen etupäähän kaksi viivaa, joiden risteyskohdassa on oletettu vuoto.



Kuva 11. Vinopenkissä olevalla menetelmällä saadaan siirtimen etupäähän kaksi viivaa, joiden risteyskohdassa on oletettava vuoto.

Y-suuntaa tarkastellessa nostetaan lämmönsiirtimen pystyyn. Siirtimestä tulpataan kuvan 12 mukaisesti B ja yhteeseen D laitetaan ilmaa. A yhde jätetään auki kuuntelua varten, myös C yhde jätetään auki veden virtausta varten. Lämmönsiirtimeen laitetaan tasaiseen tahtiin ilmaa yhteestä B, jolloin kuuluu tasainen ääni kuuntelu yhteestä A.

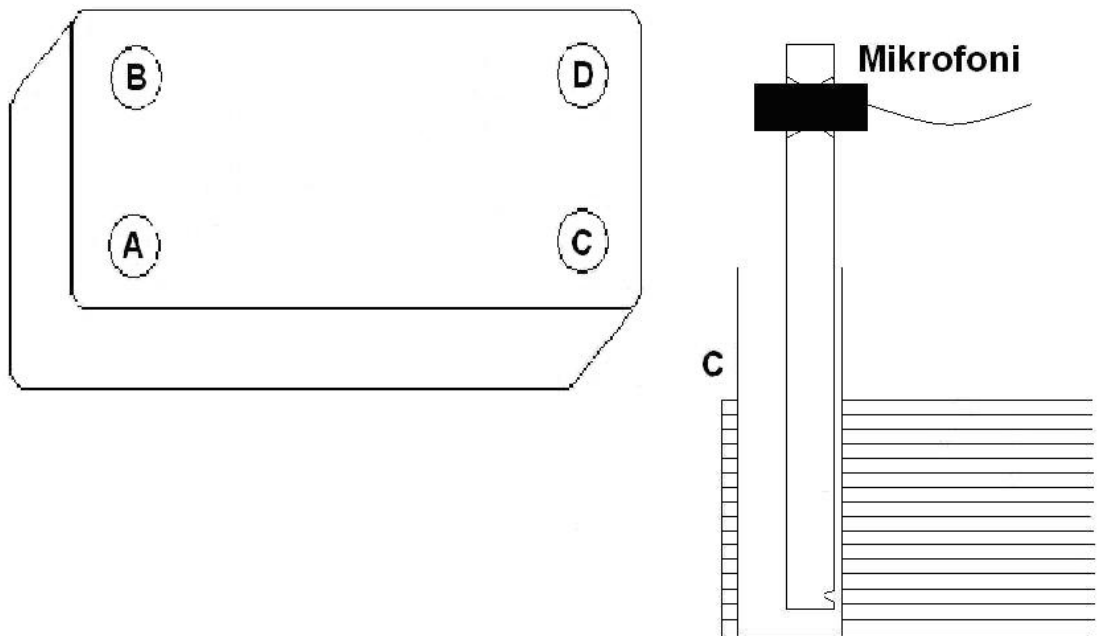
Siirtimen ollessa altaassa sinne lasketaan hiljalleen vettä ja siirrin alkaa hiljalleen ja tasaisesti täyttymään yhteestä C. Vesirajan noustua vuotokohtaan kuunteluliitännästä kuuluva ääni muuttuu erilaiseksi. Tällöin veden rajassa on vuodon sijainti Y-suunnassa ja siirtimen etupäähän saadaan piirrettyä kolmas viiva, joka tarkoittaa vuotokohdan sijaintia. Mikäli kaikki viivat eivät kohtaa samassa paikassa, tulee siirtimen kanteen viivoista kolmio ja vuotokohta sijaitsee kolmion sisällä.



Kuva 12. Kuvassa olevalla pillimenetelmällä saadaan siirtimen vuodon sijainti määriteltyä Y-suunnassa.

6.2.3 Z-suunta

Tarkoitus on seuraavalla tavalla saada selville vuodon sijainti Z-suunnassa, eli siirtimen lämpöpintalevy, jossa vuoto sijaitsee. Kokeessa tulpataan kuvan 13 mukaisesti yhteyt A ja D, jolloin ilma ei karkaa siirtimestä, paitsi kuuntelu yhteestä. B yhteestä laitetaan painetta tasaisesti. C yhteeseen laitetaan akustinen anturi, jonka avulla kuunnellaan lämpöpintalevyjen väleistä ilmavirran voimakkuutta ja näin löydetään oikea levyväli, jossa vuoto sijaitsee. On hyvä testata tämä testi jokaisesta yhteestä, jolloin tulos on varmempi ja voidaan saada jopa selville minkä yhteen läheisyydessä oletettu vuoto on.



Kuva 13. Kuvassa on tilanne, jossa anturi on kuuntelemassa kolmanneksi alinta lämpöpintalevyjen väliä.

6.3 Laitteisto

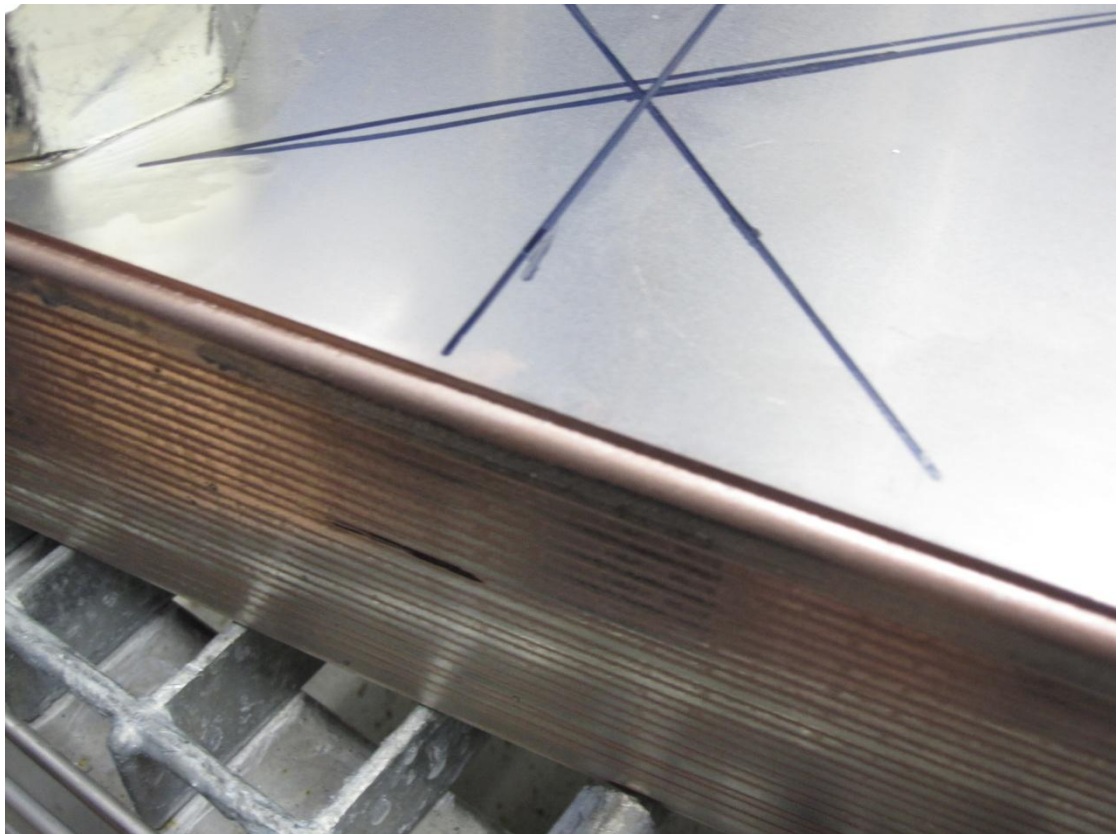
Testeissä käytettiin kannettavaa tietokonetta, johon oli asennettu ilmainen Audacity-ohjelma. Tämän avulla kuunneltiin ja tallennettiin siirtimestä saatuja ääniä. Kuuntelua varten käytettiin kuulokkeita, joiden avulla saatiin suljettua osa ulkopuolisista äänistä pois. Myös kaiutinta kokeiltiin, mutta ulkopuolisten äänien todettiin haittaavan kuuntelua ja näin ollen oli vaikea kuunnella ääniä siirtimistä, jossa oli pieniä vuotoja. Tietokoneeseen oli liitetty mikrofoni (LIITE 2) ja siihen itse tehty anturi (LIITE 1). Niiden avulla saatiin siirtimestä kerätyt äänet kuunneltua.

Siirtimeen tarvittiin tulppia yhteisiin, ilmaletkun yhteeseen ja vesiletkun yhteeseen. Paineilma ja vesi saatiin yleisestä verkostosta letkuja pitkin siirtimeen. Testeissä siirrintä pidettiin tasaisella alustalla, astiassa tai vinopenkissä.

6.4 Mittaaminen

Testeissä käytettiin verkosta tulevaa painetta, joka oli noin 6-7 bar:a. Testien perusteella saatiin siirtimen kanteen piirrettyä vuodon oletettu sijainti kuvan 14 mukaisesti.

Testeissä siirtimet olivat asiakkailta tulleita viallisia yksilöitä. Yksi testattavista siirtimistä oli kasattu vain tätä testiä varten ja siihen tehtiin yhdessä tiettyyn lämpöpintalevyyn reikä. Reikä paikallistettiin uuden menetelmän testaamiseksi mahdollisimman tarkasti.



Kuva 14. Kuvassa näkyvä siirrin on testiä varten tehty testisiirrin, johon on piirretty oletettu vuotokohta etupäähän ja kylkeen.

6.4.1 Testisiirrin

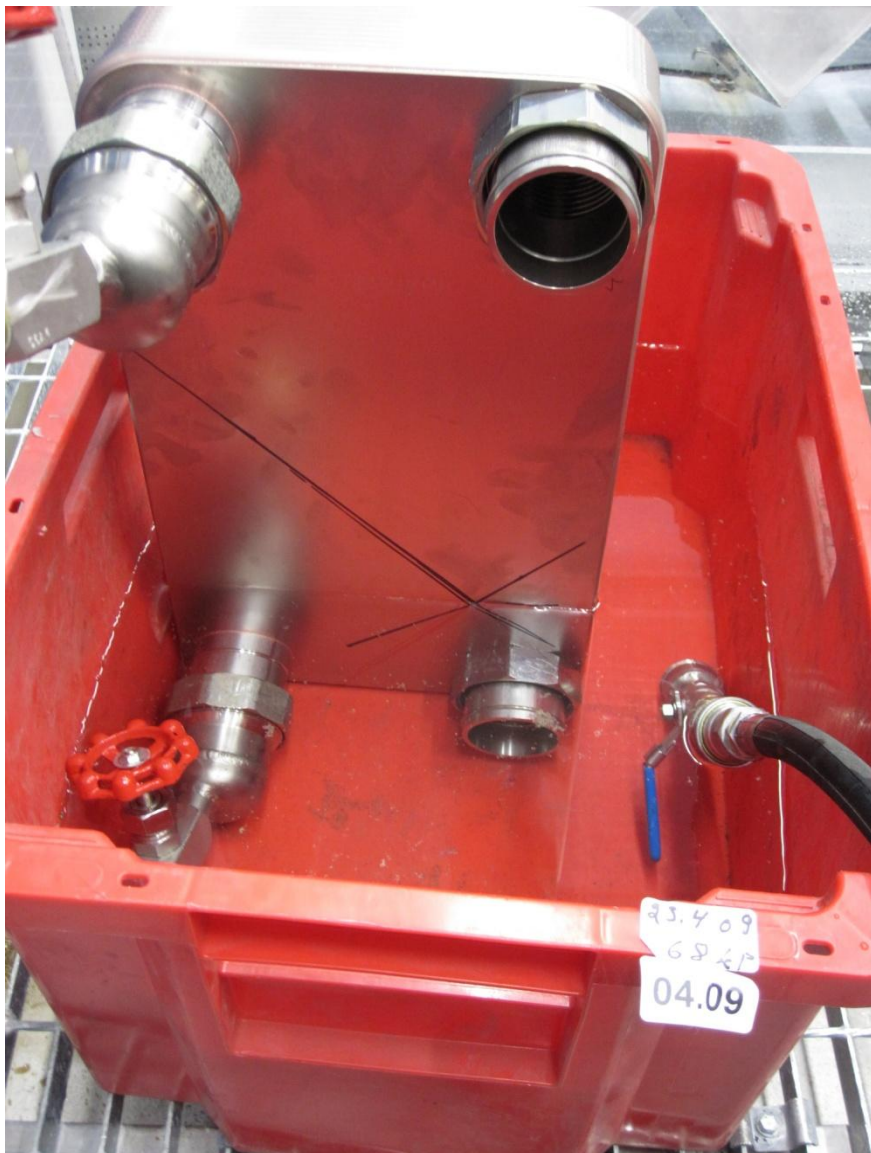
Tähän siirtimeen tehtiin vuotokohta, jonka sijainti oli tiedossa. Vuoto tehtiin poraamalla läpimitaltaan yhden millimetrin kokoinen reikä yhteen lämpöpintalevyyn ennen kokoamista ja juottamista. Vuodon sijainti oli ylhäältäpäin kymmenes lämpöpintalevy ja se oli lähimpänä toisiopuolen tuloyhdettä. Siirtimen tutkiminen aloitettiin paineistamalla se ja kuuntelemalla, että siirrin vuotaa ristiin, eli vuoto on sisäinen. Siirtimessä oleva vuoto oli niin suuri, että sen pystyi kuulemaan helposti, kun toisen puolen paineisti. Seuraavaksi alettiin tutkia siirtimen vuodon sijaintia ja testi aloitettiin kuvan 15 mukaisesti vuodon paikallistamisella Z-suunnassa. Tässä testissä saadaan selville vuotava lämpöpintalevy.

Z-suunnassa vuoto paikallistettiin pillitestillä, joka perustuu äänen muutokseen pillin suulla. Pillitestin mukaan siirtimessä oleva vuoto sijaitti siirtimessä kymmenennessä välissä, johon se olikin porattu. Tässä siirrinmallissa pystyi helposti laskemaan levyvälin, sillä siinä oli isot yhteydet ja levyvälin pystyi laskemaan katsomalla yhteen sisään ja havainnoimalla pillissä olevan loven sijainnin.



Kuva 15. Kuvassa valmistaudutaan tekemään testi Z-suunnassa.

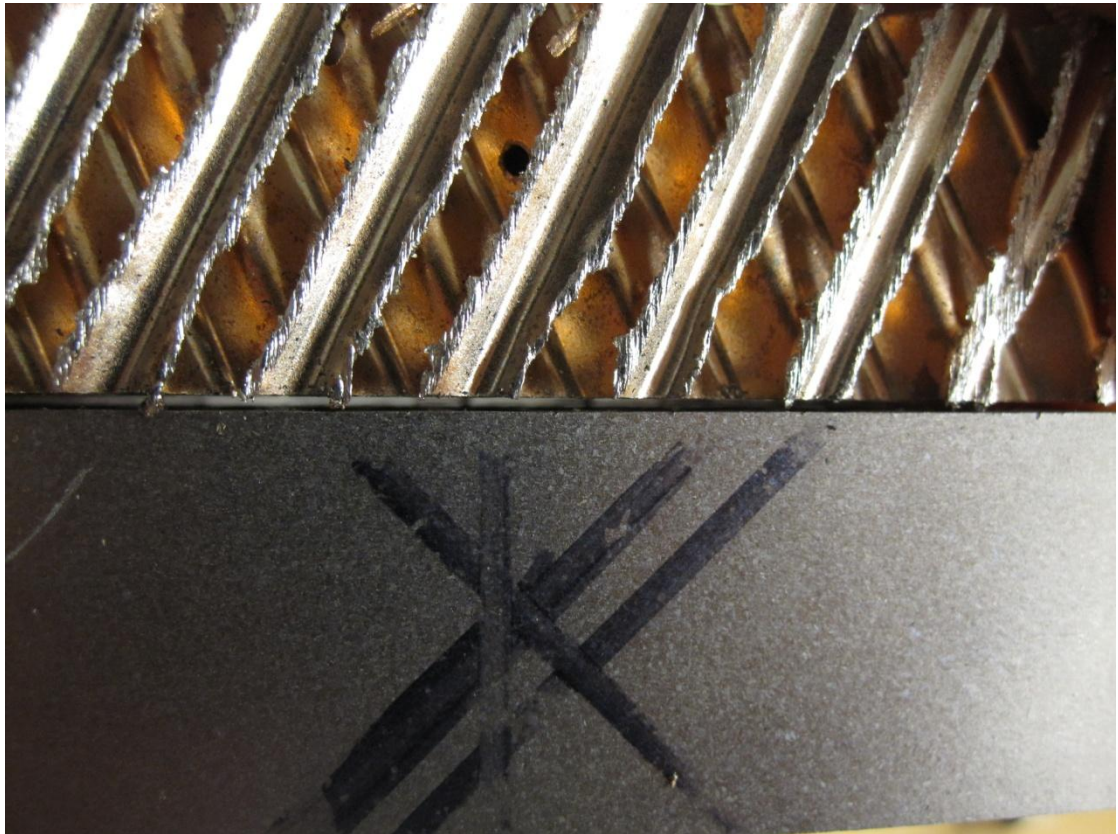
Vuodon sijainti X- ja Y-suunnassa testattiin vinopenkissä veden ja paineen avulla. Tuloksena saatiin siirtimen etupäähän kaksi viivaa, joiden risteyskohdassa vuoto oletettavasti sijaitsee. Mielenkiinnosta kokeiltiin siirrintä vielä altaassa veden ja paineilman kanssa, jolloin saatiin vielä kolmas viivan siirtimen etupäähän, kuten kuvassa 16 nähdään. Tarkoituksena oli rajata kolmella viivalla alue, jonka sisällä vuoto olisi, mutta tässä tapauksessa kaikki viivat kohtasivat samassa pisteessä. Näin ollen voitiin päätellä vuodon sijainnin olevan viivojen risteyskohdassa.



Kuva 16. Kuvassa testisiirtimeen tehdään kolmas viiva siirtimen etupäähän Y-suunnan testimenetelmällä, jolloin saadaan varmin mahdollinen tulos X- ja Y-suunnassa.

Vuotokohdan löydyttyä aloitettiin siirtimen purkaminen ja viivojen risteysen ympäriltä saatiin muutaman senttimetrin kokoinen pala. Tarkoituksena oli

purkamalla löytää vuotokohta ja havainnoida sen koko, muoto ja laatu silmämääräisesti tarkastelemalla. Laskettuamme levyvälin sahasimme oikeasta välistä, jolloin vuotokohta jäisi näkyviin. Ennen sahaamista koetettiin nähdä vuoto, jolloin pystyttiin sahaamaan pala sillä tavalla, että vuotokohta ei sahadu pois näkyvistä. Sahauksen jälkeen aloitettiin lähempi tarkastelu ja vuotokohdan etsiminen suurennuslasin ja valon avulla. Reikä löytyi nopeasti ja se sijaitsi tarkalleen testien osoittamassa paikassa. Reiän löytäminen oli tässä tapauksessa helppo, sillä siirrin ei ollut käytössä aikaisemmin ja se oli näin ollen puhdas. Toinen vaikuttava tekijä reiän näkemiseen oli, että se oli tehty poralla. Poralla tehty reikä oli pyöreän muotoinen ja sen keskeltä pääsi tulemaan valo läpi. Reikä oli myös suhteellisen suuri, läpimitaltaan 1mm.



Kuva 17. Kuvassa oleva reikä on porattu ennen juotosta. Reikä on valtava verrattuna käytössä tulleisiin vuotoihin.

6.4.2 Käytössä olleet siirtimet

Kaikki käytöstä tulleet testattavat siirtimet testattiin vuotavatko siirtimet ulos vai onko vuoto sisäinen. Jokaiseen siirtimeen tehtiin vuodon koon arvioimiseksi saippuakuplastesti. Osassa siirtimissä vuoto oli todella pieni, joten niiden tutkiminen oli hiljaisesta vuotoäänestä johtuen hiukan vaikeampaa. Nämä siirtimet tutkittiin samalla periaatteella kuin testisiirrin.

Muutamassa tutkitussa siirtimessä oli vuotokohdan lähetyillä huonompia juotoskohtia lämpöpintalevyissä. Tämä voi olla syy vuodon synnylle, sillä heikompi juotos voi aiheuttaa paineen kanssa pullistumia lämpöpintalevyssä, joka voi aiheuttaa repeämiä. Vuoto voi olla juotoksen kohdalla, siirtimen reunassa tai kuvioinnin reunassa. Näistä siirtimistä ei löytynyt fyysisesti selvää reikää.

Yhdessä siirtimistä oletettiin olevan useampia vuotokohtia. Vesitestien perusteella ei kyseisestä siirtimestä löytynyt vuotokohtaa. Testitulosten perusteella vuotokohtia oli todennäköisesti useampia ja oletus oli, että vuotokohdat sijaitsivat ensiöpuolen yhteiden läheisyydessä. Vuoto oli siirtimessä suuri, samaa luokkaa kuin testisiirtimessä. Mutta mikäli vuotoja oli useampia, ne ovat todennäköisesti pienempiä. Siirtimeen kokeiltiin vinopenkkitestiä, joka antoi tuloksena tasaista kohinaa noin 5 bar:in paineella ja pienellä noin 1-2 bar:n paineella tuli tasaista rohinaa koko ajan, riippumatta siirtimen asennosta tai liitännöistä. Allastestissä kallistaessa siirrintä taaksepäin tuli veden alta kuplia. Eri yhteitä kokeiltaessa tulos oli sama. Tästä pääteltiin, että siirtimessä on useampia vuotokohtia ja ne sijaitsevat yhteiden lähellä. Siirrin purettiin sahaamalla, mutta vuotokohtaa ei löytynyt.

Käytöstä tulleista siirtimistä ei löytynyt yhtään fyysisesti selvää vuotokohtaa. Siirtimien vuodot olivat vuotoäänien perusteella huomattavasti pienempiä kuin testisiirtimessä. Viitteitä vuodon paikasta saatiin viitteitä esimerkiksi juotosten ollessa heikompia oletettavan vuodon läheisyydessä kuin muualla siirtimessä. Siirtimen purkaminen myös toi omat hankaluutensa reiän löytämiseen, sillä siirtimet täytyy sahata pienemmiksi paloiksi ja vuotokohta on voinut jäädä myös sahaussamaan, jolloin se katoaa kokonaan.

7 POHDINTA

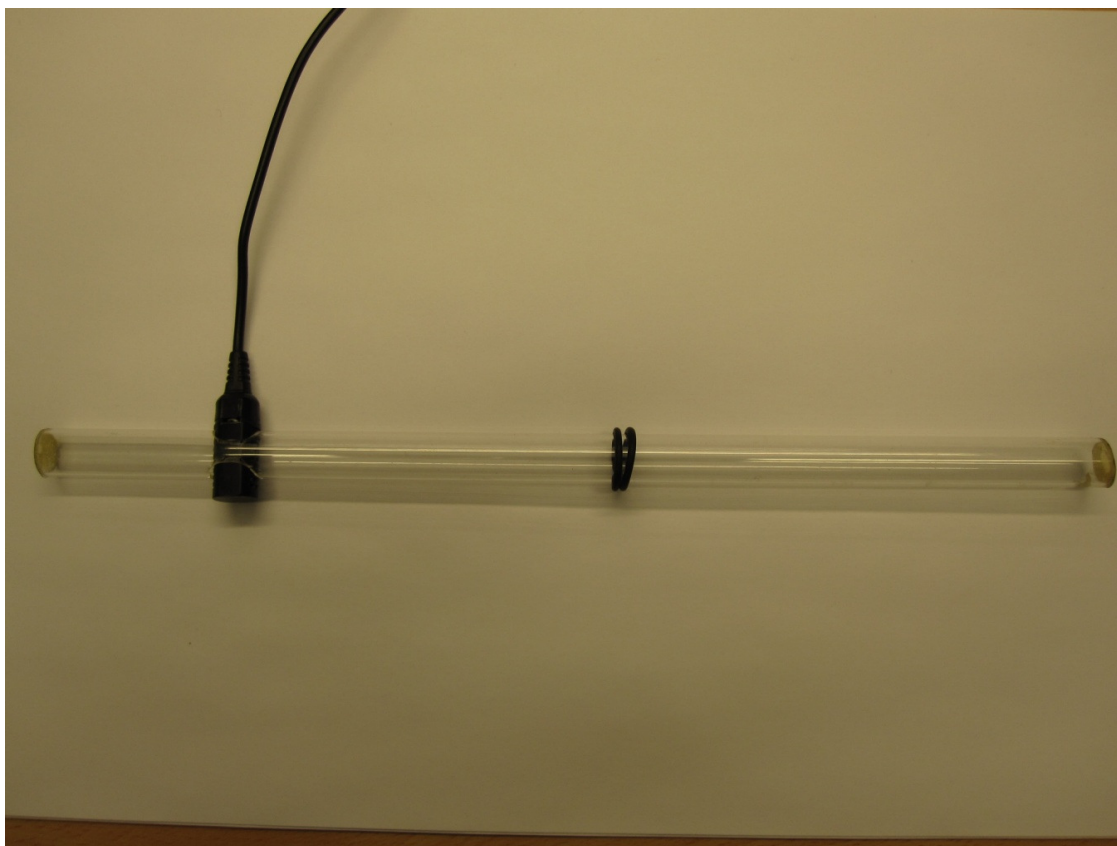
Työn tulokset olivat rohkaisevan hyviä ja sisäisen vuodon paikallistamista pystytään kehittämään myös tämän menetelmän myötä. Yksi tärkeimmistä edistysaskelista oli vuotokohdan löytyminen testisiirtimestä, joka osoitti menetelmän toimivuuden. Tulevaisuudessa kehittämistä voisi keskittää siirtimen purkamiseen. Mikäli siirrin saataisiin purettua ilman sahausta, esimerkiksi happojen avulla, voitaisiin vuotokohta löytää helpommin. Vuotojen oletetaan olevan niin pieniä että niiden havaitseminen on haastavaa pelkällä silmällä. Näin ollen vuotojen löytämiseen voitaisiin miettiä menetelmää, jolla saadaan katsottua tarkemmin lämpöpintalevyn pintaa. Levyjen puhdistaminen käytetystä siirtimestä olisi tärkeää, sillä levyt ovat usein niin likaisia, että vuotokohtaa ei todennäköisesti pysty havaitsemaan.

Tulevaisuudessa tätä menetelmää kehittämällä voitaisiin saada yritykselle toimiva sisäisen vuodon paikantamismenetelmä. Menetelmällä avulla saadaan kehitettyä siirtimiä tietämällä niiden heikkoudet. Menetelmän avulla pystytään myös raportoimaan asiakkaille syitä siirtimen rikkoutumiseen.

8 LÄHTEET

1. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Fluidi> Haettu 2.3.2010
2. <http://dmkk.savonia.fi/vyyt/index.php/lang-fi/taustaa> Haettu 2.3.2010
3. http://www.danfoss.com/AboutUs/Our_Organisation/ Haettu 24.2.2010
4. <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/>
Haettu 8.3.2010
5. <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/Heating/> Haettu 8.3.2010
6. <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/RefrigerationAndAirConditioning/>
Haettu 8.3.2010
7. <http://www.sauer-danfoss.com/AboutUs/CompanyInformation/FactsFigures/index.htm> Haettu
8.3.2010
8. <http://www.lpm.danfoss.fi/fi/cfmldocs/index.cfm?ID=866> Haettu 24.2.2010
9. <http://www.lpm.danfoss.fi/fi/cfmldocs/index.cfm?ID=868> Haettu 24.2.2010
10. <http://www.lpm.danfoss.fi> Haettu 8.3.2010
11. Lyytikäinen Marko, 2009, Modelling and Optimising of Chevron-type Plate Heat Exchanger, Väitöskirja, Kuopio University Publication, ISBN 978-951-27-1198-7
12. <http://fi.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4mm%C3%B6nsiirrin> Haettu 8.3.2010
13. http://en.wikipedia.org/wiki/Shell_and_tube_heat_exchanger Haettu 24.2.2010
14. <http://www.tapiro.fi/lammonsiirtimet.html#ls3> Haettu 24.2.2010
15. http://en.wikipedia.org/wiki/Plate_heat_exchanger Haettu 8.3.2010
16. http://translate.google.fi/translate?hl=fi&langpair=en%7Cfi&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Plate_heat_exchanger Haettu 15.3.2010
17. Esite: Kovajuotettu levylämmönsiirrin Danfoss Haettu 15.3.2010
18. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Korroosio> Haettu 8.3.2010
19. Korroosio käsikirja, Suomen Korroosioyhdistys SKY, Hanko 1988, ISBN 951-99916-7-0
20. http://195.244.96.172/cgi-bin/vivanco/en_US/productDetail.html?productId=5315&catId=0 Haettu
22.3.2010

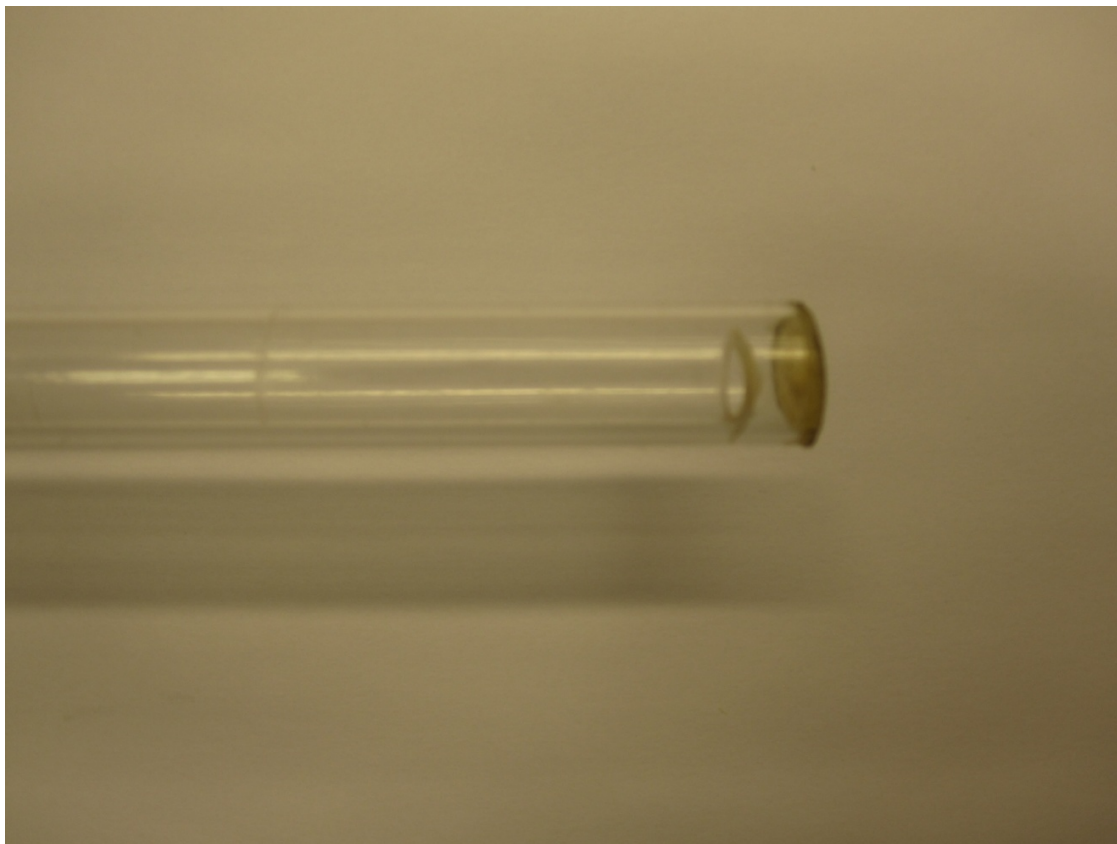
Akustinen anturi



Kuvassa on anturi kokonaisuudessaan mikrofonin kanssa.

Kuvassa esitetyn akustisen anturin tarkoitus on helpottaa sen lämpöpintalevyn välin löytämistä, missä on vuoto. Vuotavien levyjen välistä tuleva ilmavirta osuu anturissa olevaan loveen, josta lähtee viheltävä ääni ja mikrofoni ottaa äänen vastaan. Mikrofoni on kytkettynä tietokoneeseen, jonka kautta ääntä voidaan kuunnella heti kuulokkeilla tai tallentaa ääni tietokoneelle.

Anturiin on laitettu kuvan mukainen kuminauha. Kuminauha on tarkoitus laittaa yhteen yläpään kohdalle silloin kun on löydetty vuotava levyväli. Kun kuminauha on asetettu oikealle kohdalle, voidaan anturi asettaa siirtimen kylkeen samalle korkeudelle ja merkata levyväli oikealle korkeudelle siirtimeen.



Anturissa oleva lovi, johon ilmavirta ja ääni tulevat.

Anturia käytetään myös siirtimen muihin kuunteluihin, sillä oikean levyvälin löydettyä voidaan anturia kuminauhan avulla pitää oikeassa kohdassa kuuntelua varten. Joissakin siirtimissä vuoto on todella pieni, jolloin on tärkeä, että päästään kuuntelemaan juuri sitä levyväliä, josta ääni tulee.

Anturi on valmistettu 10 millin läpinäkyvästä muoviputkesta. Anturiin tehty lovi ja mikrofonin paikka on tehty rautasahan ja viilan avulla. Putken päät tulpattiin.

Mikrofoni

Mikrofonina käytettiin testeissä Vivanco EM216, joka on solmiomikrofoni vahvistimen kanssa. Mikrofonissa oleva vahvistin oli hyvä, sillä siinä on on/off painike, jolla saadaan tarpeen tullen sammutettua mikrofonin kesken tutkimusten. Työn yhteydessä hankittiin yritykselle kuvan mukainen Vivanco EM35 mikrofoni. Mikrofoni on arvoiltaan samanlainen kuin malli EM216.

	<p style="text-align: center;">Product</p> <p>EM 35, Lavalier Electret condenser microphone</p> <p>Lavalier Electret condenser microphone</p> <ul style="list-style-type: none"> - Linear frequency response - Stereo - Omni-directional - Frequency response: 20 – 20,000 Hz - Output Impedance: 2 x 500 ? - Adaptor 3.5 / 6.35 mm - 3 m lead - On-/off switch - Mono/stereo switch - Tie clip - Clip for battery compartment - Battery included
<p>EM 35, Lavalier Electret condenser microphone</p>	
<p>EDP.No. 16531</p>	
<p>Short text: EM 35</p>	

Kuvassa on uudempi malli testeissä käytetystä mikrofonista. Mikrofonien arvot ovat samat kummassakin mallissa. [20]