



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Markus Mäkelä

RUUVIKOMPRESSORIHUOLTOTYÖN DOKUMENTOINTI

Ammoniakkikylmälaitoksissa käytettävä ruvikompressori

Tekniikka
2019

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Markus Mäkelä
Opinnäytetyön nimi	Ruuvikompressorihuoltotyön dokumentointi
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	36 + 1 liitettä
Ohjaaja	Joel Heikkinen, Marko Rantasalo

Opinnäytetyön tarkoitus oli tuottaa Johnson Controls Finlandille ruuvikompressorin huoltotyöhön dokumentointipöytäkirjat. Opinnäytetyössä käydään läpi teollisuuden kylmätekniikkaa, kompressorin toimintaa, kompressorin huoltoa, ja teknistä dokumentointia.

Kompressori on kylmätekniikan sovelluksissa yksi tärkeimpiä huoltoa vaativia komponentteja. Kompressorin avulla puristetaan kylmäaine korkeampaan paineeseen. Ilman kompressorin tuottamaa painetta, kylmälaitoksella ei saada tuotettua kylmää tarvittavalle sovellukselle.

Dokumentointi on tärkeä osa ruuvikompressorin huoltotyötä. Dokumentoinnin avulla saadaan tuotettua huoltotöistä teknistä tietoa yrityksen arkistoihin seuraavia huoltoja varten, joista voidaan tarkkailla mahdollisia havaintoja ja laatupoikkeamia tehdyssä huoltotyössä. Asiakassuhteita saadaan parannettua huomattavasti toimittamalla dokumentit asiakkaalle tehdystä huoltotyöstä. Opinnäytetyön tilaajan tilaaman pöytäkirjan ja huoltoraportin sisältö on osaksi tehty haastatteleamalla kompressorin huoltotöitä tekeviä henkilöitä.

Avainsanat	Johnson Controls, teollisuuden kylmätekniikka, ruuvikompressori, tekninen dokumentointi
------------	---

ABSTRACT

Author	Markus Mäkelä
Title	Documentation of Screw Compressor Maintenance
Year	2019
Language	Finnish
Pages	36 + 1 Appendix
Name of Supervisor	Joel Heikkinen, Marko Rantasalo

The main purpose of thesis work was to produce documentation sheets for maintenance of screw compressor to Johnson Controls Finland. The thesis work goes through industrial refrigeration, compressor operation, compressor maintenance and technical documentation.

The compressor is in industrial refrigeration one of the most important components which needs maintenance. The compressor compresses refrigerant to a higher pressure. Without the pressure that the compressor produces, refrigeration facility cannot produce cold air for the application, which needs refrigeration. The produced documentation sheets are partially made by interviewing workers who perform compressor maintenance work.

Documentation is one of the most important things in compressor maintenance. With the technical documentation technical data of the compressor can be produced to the company's archive, and can be used to check what has been done in the previous maintenance. Customer relationships will improve considerably because now the company can deliver documentation sheets to the customer.

Keywords Johnson Controls, industrial refrigeration, screw compressor and technical documentation

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	8
2	YRITYSESITTELY	9
	2.1 Johnson Controls.....	9
	2.2 Johnson Controls Finland	9
	2.2.1 Johnson Controls Finland, huolto	10
3	TEOLLISUUDEN KYLMÄTEKNIikka	11
	3.1 Ammoniakki kylmälaitos.....	14
	3.2 Hiilidioksidikylmälaitos.....	17
	3.3 Vedenjäähdyttimet	17
	3.4 Pumpukiertoinen laitos	18
	3.4.1 Höyrystin.....	19
	3.4.2 Pisanerotin.....	19
	3.5 Vapaakiertoinen laitos	20
4	KOMPRESSORIN TOIMINTAPERIAATE	21
	4.1 Ruuvikompressori	22
	4.2 Ruuvikompressori ammoniakkikylmälaitoksessa.....	23
5	RUUVIKOMPRESSORIN HUOLTO	27
	5.1 Yleisimmät puutteet	27
	5.2 Korjaustarpeet	28
	5.3 Käyttötuntien vaikutus havaittuihin vikoihin.....	28
	5.4 Toleranssivaatimukset.....	28
	5.5 Kulumat ja niiden korjaaminen.....	28
	5.6 Havaittujen vikojen vaikutus kompressorin toimintaan	28
	5.7 Ennalta ehkäisemättömät korjaus tarpeet.....	29
6	TEKNINEN DOKUMENTOINTI	30
	6.1 Huoltotyön dokumentointi	30
	6.2 Laadun dokumentointi	31

7	HUOLTOTYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT PÖYTÄKIRJAT	32
7.1	Huoltopöytäkirja	32
7.2	Laatupoikkeamien kirjaaminen.....	32
7.3	Huoltoraportti.....	33
7.4	Ohjeistus dokumentointiin ja raportointiin	33
7.4.1	Valokuvaaminen ja kuvien merkitseminen.....	33
8	YHTEENVETO	34
8.1	Työn analysointi.....	34
8.2	Hyödyt ja haitat.....	34
8.3	Jatkojalostus.....	34
	LÄHTEET.....	35

LIITTEET

KUVALUETTELO

Kuva 1. Kylmätekniiikan prosessi. /5/	14
Kuva 2. Pumppulaitos prosessikaavio. /8/.....	19
Kuva 3. Kompressorien jakautuminen.	21
Kuva 4. SAB 163 R Mk4 -kompressoriyksikkö. /13/	24
Kuva 5. Roottori siivet. /13/	25

LIITELUETTELO

LIITE 1. Liitteen nimi (salainen).

LIITE 2. Liitteen nimi (salainen).

LIITE 3. Liitteen nimi (salainen).

LIITE 4. Liitteen nimi (salainen).

1 JOHDANTO

Kylmäteknikka on vuosien saatossa kehitetty lämmön poistamiseen halutusta kohteesta, asiasta tai esineestä. Nykyisin kylmäteknisiä sovelluksia käytetään jäähdyttämiseen ja kylmän tuottamiseen. Kylmäteknisten sovellusten koot vaihtelevat pienistä yksiköistä suuriin tuotantoyksiköihin.

Teollisuuden kylmäteknikkaa käytetään suurempien sovellusten ja prosessien jäähdyttämiseen. Pakkasvarastot, tekojääradat ja ruoanvalmistusyrietykset vaativat tuotantoonsa päivittäistä jäähdytystä. Tehokkaaseen jäähdytysmenetelmiin on päästy hyödyntämällä eri kylmäaineita prosessissa. Ammoniakkia kylmäaineena kuitenkin pidetään nykypäivänä hyvinkin vaarallisena aineena, vaikka se on luonnon tuottama kaasu ja ominaisuuksiltaan erinomainen kylmäaine jäähdytyssovelluksiin.

2 YRITYSEESITTELY

2.1 Johnson Controls

Warren Johnson keksi ensimmäisen sähköisen huonetermostaatin ja perusti vuonna 1885 yrityksen nimeltä Johnson Controls. Yrityksen tarkoituksena oli tutkia uusia tapoja hyödyntää ja säästää energiavaroja, ennen kuin kukaan kerkesi siihen aikaan puhumaan hiilijalanjäljestä ja ilmastonmuutoksesta. Hänen ensimmäisiä keksintöjä olivat pneumaattiset tornikellot, sähköön varastointiakut, langattomat telegraafiliiketoiminnot, höyrykäyttöiset luksusautot sekä postin kuorma-autot jotka ennakoivat ja muodostivat tulevaisuuden. Johnson Controlsin menestyksen takana on asiakaslähtöinen innovaatio, joka on innoittanut työntekijöitä yli 130 vuoden ajan.

Johnson Controls valmistaa nykypäivänä älykkäitä rakennuksia, tehokkaita energiaratkaisuja, integroitua infrastruktuuria sekä seuraavan sukupolven kuljetusjärjestelmiä, jotka toimivat saumattomasti älykkäiden kaupunkien ja yhteisöjen lupautusten saamiseksi. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Milwaukessa, Yhdysvaltojen Wisconsin osavaltiossa. Työntekijöitä on 120 000 maailmanlaajuisesti, toimintaa 2 000 eri sijainnissa ja yli 150 maassa. Vuonna 2018 yrityksen liikevaihto oli 31,4 miljardia euroa ja se on listattu New Yorkin pörssissä. /1/

2.2 Johnson Controls Finland

Suomessa Johnson Controls on erikoistunut kylmälaitosten, teollisuuden ja kiinteistöjen jäähdytysratkaisujen sekä lämpöpumpputeknologiaa hyödyntävien energian talteenottojärjestelmien suunnitteluun, toteutukseen ja kunnossapitoon. Edellä mainittujen palveluiden lisäksi yritys tarjoaa laajan valikoiman rakennusautomaation komponentteja sekä laitteita. /2/

Johnson Controls Finland on perustettu vuonna 1997 ja sen pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2017 23,1 miljoonaa euroa ja se työllisti 65 henkilöä /3/

2.2.1 Johnson Controls Finland, huolto

Johnson Controls Finland huoltopalvelut mahdollistavat teollisuuden kylmälaitosten ja laitteiden elinkaarenhallinnan koko Suomen laajuisesti. Huoltopalveluiden tavoitteena on varmistaa laitoksen toiminta kustannustehokkaasti sekä parantaa energiatehokkuutta ja toimintavarmuutta uuden tekniikan myötä. Ammattitaitoinen huoltohenkilöstö on hyvin koulutettua ja heillä on vahva tekninen osaaminen sekä sitä tukeva konsernin laaja tukiverkosto. /4/

3 TEOLLISUUDEN KYLMÄTEKNIikka

Jäähdytin on yksinkertaisesti laite, jonka avulla poistetaan lämpöä halutusta kohteesta. Teollisuuden jäähdytyksessä jäähdyttimet ovat mekaanisia komponentteja järjestelmässä. Jäähdyttimien tarkoitus on poistaa lämpöä prosessista tai prosessiaineesta.

Lämpö on energiamuoto, jota syntyy lämpötilaeron vuoksi. Lämpöä esiintyy kaikkialla enemmän tai vähemmän. Energiamuotona sitä ei voida luoda eikä hävittää, vaikka muut energiamuodot voidaan muuntaa lämmöksi ja päinvastoin. Lämpöenergia kulkee vain yhteen suuntaan, lämpimästä viileämpään esineeseen, aineeseen tai alueeseen.

Kylmä on suhteellinen termi, joka tarkoittaa lämmön puuttumista esineestä, aineesta tai alueesta. Absoluuttisen nollan saavuttamiseksi ei ole vielä kehitetty prosessia, jonka avulla saataisiin poistettua kaikki lämpö mistä tahansa esineestä, aineesta tai alueesta. Teoreettisesti tämä nollapiste on $-273,16\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Jäähdytys- tai jäähdytysprosessilla tarkoitetaan ei-toivotun lämmön poistamista valitusta esineestä, aineesta tai tilasta ja sen siirtämistä toiseen kohteeseen, aineeseen tai tilaan. Lämmön poistaminen alentaa lämpötilaa ja jäähtyminen voidaan saavuttaa käyttämällä jäätä, lunta, jäähdytettyä vettä tai mekaanista jäähdytystä. Mekaanisella jäähdytyksellä tarkoitetaan mekaanisten komponenttien käyttämistä lämmön siirtämiseen.

Kylmälaitoksissa käytettävät kylmäaineet ovat kemiallisia yhdisteitä, jotka puristetaan ja tiivistetään vuorotellen nesteeksi ja annetaan sitten laajentua höyryyn tai kaasuun, kun ne pumpataan mekaanisen jäähdytysjärjestelmän läpi kiertämään.

Jäähdytysjakso perustuu fysikaaliseen ilmiöön, jonka mukaan höyrystyvä neste sitouttaa lämpöä ympäröivästä aineesta tai alueesta. Kylmäaineet olomuodoiltaan höyrystyvät ja nesteytyvät paljon alhaisimmissa lämpötiloissa kuin esimerkiksi vesi.

Jäähdytysjakson tehtävänä on poistaa ei-toivottu lämpö jäähdytettävästä kohteesta. Jäähdytysjärjestelmä on suljettu piiri, koska järjestelmässä olevaa kylmäainetta voidaan tällöin käyttää uudestaan ja uudestaan, muutoin jos järjestelmä ei ole suljettu, jäähdytettävästä kohteesta tuleva lämpö siirtyy ympäröivään väliaineeseen. Kylmäaine pysyy puhtaana, ja sen virtausta pystytään valvomaan suljetun piirin ansioista, koska kylmäaine on järjestelmässä eri olomuodoissa.

Jäähdytysprosessissa on kaksi erilaista painetta: Höyrystyspaine ”matalalla puolella” ja lauhdutusaine ”korkealla puolella”. Paineet erotetaan kahdella jakopisteellä, joista toinen on paisuntaventtiili, jossa kylmäaineen virtausta säädetään, ja toinen on kompressori, joka puristaa kaasua.

Mittauslaite on kohta, jossa jäähdytysprosessin kierto alkaa. Mittauslaite voi olla paisuntaventtiili, kapillaariputki tai mikä tahansa muu laite kylmäaineen virtauksen ohjaamiseksi höyrystimeen tai jäähdytyskierukkaan. Höyrystimen ympäröivä lämpö saa kylmäaineen höyrystymään mentäessä höyrystimen läpi, ja poistaa lämmön aineesta tai tilasta, jossa höyrystin sijaitsee.

Höyrystynyt kylmäaine vedetään kompressoriin, jossa se puristetaan korkeapainekaasuksi. Kompressorilta tuleva korkeapainekaasu menee lauhduttimeen, jossa se lauhtuu ja muuntuu takaisin nestemäiseksi. Kylmäainekaasu on korkeammassa lämpötilassa kuin ilma, joka kulkee ilmajäähdytteisen tai vesijäähdytteisen lauhduttimen läpi, tällöin lämpö siirtyy lämpimämmästä kylmäainehöyrystä viileämpään ilmaan tai veteen.

Lauhdutin poistaa lämmön kuumakaasusta ja tapahtuu tilan muutos: Kuumakaasu kondensoituu takaisin nesteeksi korkeassa paineessa ja korkeassa lämpötilassa.

Nestemäinen kylmäaine siirtyy annostelulaitteeseen, jossa se kulkee pienen aukon läpi, jossa tapahtuu paineen ja lämpötilan lasku, ja sitten se menee höyrystimeen tai jäähdytyskierukkaan. Kylmäaine siirtyy höyrystimen letkun tai kelan suurelle aukolle, se höyrystyy ja on valmis aloittamaan toisen kierroksen järjestelmän läpi.

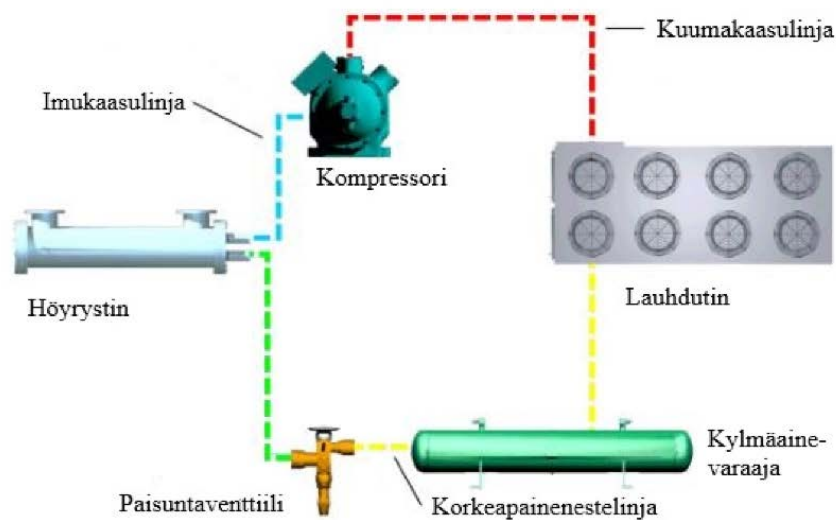
Jäähdytysjärjestelmän putkiston avulla liitetään pääkomponentit yhteen: Höyrystin, kompressori, lauhdutin ja mittauslaite. Putkiston pitävyys on tärkeä osa järjes-

telmää, jotta kylmäainetta ei vuoda ilmakehään. Imulinja yhdistää höyrystimen tai jäähdytyskierukan kompressoriin, kuumakaasu- tai poistolinja yhdistää kompressorin lauhduttimeen, ja nestelinja on höyrystimen ja annostelulaitteen välinen liitosputki, paremmin nimellä tunnettu paisuntaventtiili. Joissakin järjestelmissä on nestevaraaja, joka sijaitsee lauhduttimen ja mittauslaitteen välissä. Sen tarkoituksena on varastoida kylmäainetta kunnes sitä tarvitaan höyrystimessä tapahtuvaan lämmönpoistamiseen.

Jäähdytysprosessissa käytettäviä kompressoreita on muun muassa monia erilaisia, mutta käyttötarkoitus on kuitenkin sama, kaasun puristaminen korkeaan paineeseen: Mäntäkompressoreita, ruuvikompressoreita, vierityspyöräkompressoreita ja keskipakoispyöräkompressoreita. Lauhduttimia ja höyrystymiä on myös erilaisia ja suurimmat eroavaisuudet tulevat ilmi siitä, miten ne on tehty: Voi olla valmistettu erilaisista putkista, sinkittyjä, joissa on sähkökäyttöiset puhaltimet ilmavirtauksen läpi kulkemiseen, tai kondensaattoripumppu veden pumppaamiseksi vesijäähdytteisen lauhduttimen läpi. Useita erilaisia mittauslaitteita on myös saatavilla kylmäaineen säätämiseksi höyrystimeen, riippuen laitteiden koosta, käytetystä kylmäaineesta ja sen käyttö kohteesta.

Jäähdytysprosessin toimintaperiaate on sama riippumatta siitä, onko kyseessä jääkaappi, pakastin, ilmastointijärjestelmä, kaupallinen jäähdytyslaite tai teollinen jäähdytys. Ainoana suurena eroavaisuuteen järjestelmien välillä on käytettävä kylmäaine ja laitteiston koko. Kuvassa 1 on esitettyä kylmäteknikan prosessi.

/5/



Kuva 1. Kylmätekniiikan prosessi. /5/

3.1 Ammoniakki kylmälaitos

Kylmälaitoksessa, jossa kylmäaineena käytetään ammoniakkia, jäähdytysprosessin toimintaperiaate on sama mitä edellisessä kappaleessa kuvattu jäähdytysprosessi: Kylmäaineen avulla siirretään jäähdytettävästä kohteesta lämpöä pois. Ammoniakkia käytetään teollisuuden kylmälaitoksissa kylmäaineena koska ominaisuuksiltaan se on erinomainen kylmäaineeksi, GWP-arvo on 0, luonnon tuottama tuote ja edullinen. Ammoniakkia kylmäaineena pidetään kuitenkin vaarallisena kylmäaineena vaikkakin se on täysin luonnon tuottama kaasu. Suurin eroavaisuus ammoniakkilaitokseen, on laitoksessa käytettävä voiteluöljy.

Kylmälaitoksissa käytettävät kompressorit ovat kaasun puristamiseen käytettäviä mekaanisia laitteita ja vaativat toimiakseen öljyä koska kompressorissa on paljon toisiaan vasten liukuvia pintoja. Öljyn tarkoitus on vähentää kitkaa näitten pintojen väliltä.

Mäntäkompressorissa on paljon toisiaan vasten liikkuvia pintoja, kuten männät ja sylinterit, kampiakseli ja sen laakerit ja venttiilit. Kompressori on käyttökelvoton muutamissa sekunneissa, jos voitelu ei toimi oikein. Voitelun puuttuessa toisiaan

vastaan liukuvat pinnat lämpenevät ja pyrkivät tarttumaan toisiinsa, tällöin niistä irtoaa paloja, jotka aiheuttavat liukupintoihin syviä uria. Lopuksi pinnat ottavat kiinni toisiinsa, jolloin esim. männät ja männän varret hajoavat palasiksi. Kompressorin käyttökelvottomaksi menemisen riski on olemassa muissakin kompressorityypeissä. Turbokompressori on ainoa markkinoilla oleva kompressori, joka ei tarvitse öljyä voiteluun. Tämä kompressorityyppi ei tarvitse öljyä voiteluun, sillä sen akseli kelluu magneettilaakereiden varassa.

Kylmälaitoksessa käytettävän öljyn muita käyttötarkoituksia ovat:

- Vaimentaa liikkuvien osien aiheuttamaa melua
- Vähentää kompressorin sisäisiä kylmäainevuotoja. Ruuvikompressoreissa kylmäainevuotojen minimoimiseksi öljyä ruiskutetaan toisiaan vasten pyörivien ruuvien väliin.
- Ruuvikompressorissa kaasun puristuksessa syntyvästä kitkasta lämpö siirtyy öljyyn ja öljy jäähdytetään.
- Kuljettaa vuodonilmaisu ainetta havainnollistamaan mahdollisen kylmäainevuodon. Kylmäainevuodon sattuessa, aineen mukana kulkeutuu myös vuotokohdan pinnalle öljyä. Öljyyn sekoitettu vuodonilmaisu hohtaa UV-valolla valaistaessa ja tällöin vuotokohta on helppo paikantaa. Helpottaa vuodon havainnollistamista etenkin, jos putki on lähellä kattoa tai vaikeassa paikassa.

Jäähdytysprosessiin pääsee öljyä höyrynä ja pieninä pisaroina mutta teoriassa pieninä pitoisuuksina öljy parantaa hieman lämmönsiirtimen tehoa mutta käytännössä öljy on kielteinen ilmiö jäähdytysprosessissa. Öljyä pääsee prosessiin aina vähän, siksi putkiston suunnittelu on tärkeässä roolissa, että kiertoön päässyt öljy palaa takaisin kompressorille.

Kylmälaitoksessa, kun ammoniakki on kylmäaineena, käytetään mineraaliöljyä. Mineraaliöljyn ominaisuudet heikentyvät ääriolosuhteissa. Ammoniakkilaitoksissa, joissa puristuksen loppulämpötila nousee korkeaksi tai höyrystymislämpötila

on alhainen, käytetään synteettisiä P-tyypin öljyjä. Synteettisten P-tyypin öljyjen höyrynpaine on alhaisempi kuin mineraaliöljyillä, joten prosessiin päätyy pienempi määrä öljyä.

Laitosta suunnitellessa, suunnitellaan sinne tarkoituksella kohtia, joihin öljy kerääntyy, joista se voidaan kerätä talteen ja palauttaa kompressorille sillä ammoniakki ja öljy eivät liukene toisiinsa. Öljy on raskaampaa kuin ammoniakki, joten öljy kerääntyy esimerkiksi säiliön pohjalle, josta se voidaan kerätä talteen.

Ammoniakkia liukenee kompressorin kampikammiossa olevaan öljyyn aina jonkin verran. Öljyn lämpötila määrittää sen kuinka paljon ammoniakki liukenee prosessissa käytettävään öljyyn. Kampikammioon asennetun sähkövastuksen avulla saadaan pidettyä öljyn lämpötila 50 - 55 °C:ssa. Tässä lämpötilassa ammoniakki liukenee öljyyn noin 5 % kuin taas puolestaan 20 °C lämpötilassa ammoniakki liukenee öljyyn 20 %. Käytettävän öljyn lämpötila on tärkeä, sillä se määrittelee kuinka paljon ammoniakki liukenee öljyyn.

Öljyyn liuennut ammoniakki laskee öljyn viskositeettia ja heikentää voiteluominaisuuksia huomattavasti. Suurin ongelma on kompressoria käynnistettäessä, jos ammoniakki on päässyt liukenemaan öljyn sekaan suuria määriä, kun kampikammion paine laskee imupaineen tasolle alkaa ammoniakki höyrystyä ja samalla vaahdottaa öljyn, joka ei voitele kunnolla kompressoria. Kompressorilla saattaa hajota nesteiskusta, jos vaahtoutunut öljy on päässyt täyttämään koko kompressorin. Kylmäainekierto on lähtee suuria määriä öljyjä, jos öljy on päässyt vaahtoutumaan. Kampikammion öljynlämmitys vastus on tärkeä kytkeä hyvissä ajoin päälle, jotta öljyn lämpötila saadaan haluttuun lämpötilaan ennen kompressorin käynnistämistä.

Öljynvaahtoutumisen välttämiseksi, jäähdytysjärjestelmään voidaan asentaa magneettiventtiili ennen höyrystimen paisuntaventtiiliä, joka säätyy automaattisesti lämpötilan mukaan termostaatin tavoin. Tämän venttiilin avulla ennen sen sulkeutumista kompressorilla imee kylmäaineen painepuolelle höyrystimestä, imuputkesta ja kampikammion ja tällöin kylmäainetta ei liukene öljyn sekaan paljoa, jos ei sitä ole kampikammiossa.

Kompressorioöljyä valittaessa täytyy huomioida olosuhteet, joissa kompressori toimii ja noudattaa kompressorivalmistajan suosituksia öljyn suhteen. Saman viskositeetin mutta eri valmistajan öljyjä voidaan sekoittaa keskenään. Mineraali- ja esterioöljyä jos sekoittaa keskenään, aiheuttaa se öljyn vaahtoamisen ja seoksesta muodostuu käsivoidemainen emulsio, joka ei voitele kompressoria kunnolla.

Kylmäaineputkiston valmistusvaiheessa on hitsauksessa käytettävä suojakaasua, jotta vältetään putkiston sisäpinnalle noen muodostumiselta. Valmistusvaiheessa on huomioitava, että putkena käytetään rautaputkea tai ruostumattomasta teräksestä valmistettua putkea ja että putkien päät tulpataan aina työn jälkeen, jottei putkistoon pääse kosteutta ja epäpuhtauksia.

Esterioöljyyn ei saa päästä kosteutta eikä orgaanisia-aineita kuten nokea tai muita epäpuhtauksia, sillä sekoittuminen aiheuttaa järjestelmään happoja. Hapot syövyttävät hermeettisen ja puolihhermeettisen kompressorin sähkömoottorin käämilakot ja aiheuttavat käämien oikosulkuja. Oikosulun sattuessa kompressori ei ole enää käyttökelpoinen.

Järjestelmässä syntyneet hapot aiheuttavat myös kuparoitumisilmiötä. Kuparoitumisilmiössä kuparia liukenee öljyn ja kylmäaineen seokseen ja kupari kerrostuu toisiaan vastaan liukuville pinnoille. Kuparoituminen aiheuttaa akselitiivisteiden vuotoja ja venttiilivaurioita. /6/

3.2 Hiilidioksidikylmälaitos

Hiilidioksidi kylmäaineen omaavassa kylmälaitoksessa käyttöpaineet ovat huomattavasti korkeampia kuin ammoniakikylmälaitoksessa. Korkeiden paineiden vuoksi hiilidioksidia käytetään kylmäaineena lähinnä vain pakkasovelluksiin, jossa tarvitaan alle -20 C lämpötilaa. Prosessi on muuten sama mitä muissa kylmälaitostyypeissä.

3.3 Vedenjäähdyttimet

Teollisuudessa käytettäviä vedenjäähdytymiä käytetään eri sovelluksiin, joissa tarvitaan jäähdyttää prosessissa kiertävää vettä tai glykoliliuosta. Jäähdyttimen tarkoi-

tus on siirtää lämpöä pois prosessissa kiertävästä aineesta ja siirtää se toiseen paikkaan tai aineeseen, yleensä tuotantolaitoksen ulkopuolella olevaan ilmaan. Ammoniakkikylmälaitoksissa jäähdyttimessä kiertää ammoniakkiliuos, joka jäähdyttää prosessissa kiertävää nestettä. Vedenjäähdytin vaatii yleensä toimiakseen erillisen pumpun, jolla nestettä kierrätetään ja nestesäiliön. /7/

3.4 Pumppukiertoinen laitos

Kuva 2 esittää tyypillisen pumppukiertoisen kylmälaitoksen periaatekytkentää. Kompressorin avulla pidetään pumppusäiliössä oleva paine sellaisella tasolla, jotta saavutetaan haluttu lämpötila prosessiin menevälle kylmäaineelle.

Kylmäainepumpun avulla kierrätetään kylmäainetta höyrystimien läpi, jolloin osa kylmäaineesta höyrystyy ja neste tai höyryseos palaa takaisin pumppusäiliöön. Pumppaukseen tarvittava energian määrä lisääntyy, koska höyrystimestä palaa takaisin nestemäistä kylmäainetta. Pumppusäiliötä käytetään myös pisaranerottimeksi, jotta kompressorille lähtevä kylmäaine olisi pelkkää höyryä.

Pumppukiertoisten kytkennän yleisimpiä käyttökohteita ovat suurehkot kylmälaitokset, koska perustamiskustannuksiin sisältyy laitoksen koosta riippumattomia tekijöitä, siksi pienen koneiston rakentaminen on suhteessa kalliimpaa kuin suuren. Suurempi pumppukiertoinen kylmälaitos suhteessa pienempään on taloudellisesti edullisempi rakentaa.

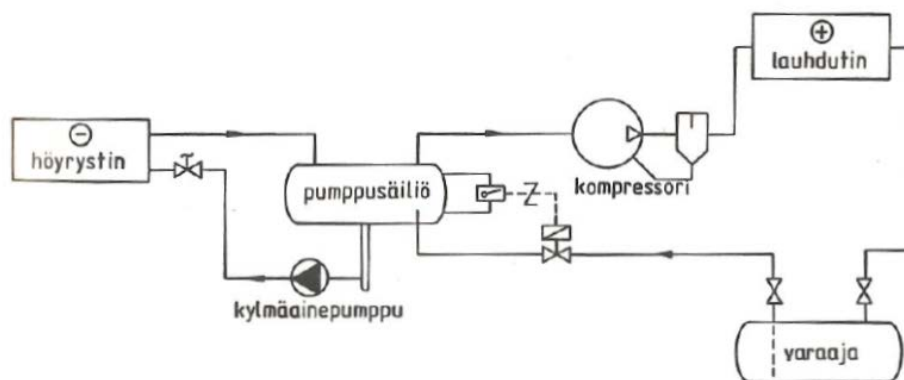
Laitostehon ollessa yli 100 kW ja riippuen höyrystymislämpötilasta on pumppulaitos varteenotettava vaihtoehto kylmälaitoksen tyyppiä valittaessa. Matala höyrystymislämpötila parantaa pumppulaitoksen kannattavuutta verrattuna muihin laitostyyppeihin.

Pumppulaitoksen etuja ovat:

- Toimintavarmuus
- Tehokas lämmönsiirto höyrystimessä (ei tulistusta)
- Voidaan rakentaa suurille tehoille

- Mukautuminen tehovaihteluihin
- Käy kaikille kylmäaineille
- Laitoksen myöhempi laajennettavuus.

Huonoja puolia ovat korkea hankintahinta ja suuri kylmäainetäytös. /8/



Kuva 2. Pumppulaitos prosessikaavio. /8/

3.4.1 Höyrystin

Höyrystin on osa jäähdytysjärjestelmää, joka tekee todellisen jäähdytyksen järjestelmään. Sen tehtävänä on imeä lämpö jäähdytettävästä kohteesta tai alueesta siksi höyrystin sijoitetaan sinne paikkaan, josta halutaan poistaa lämpöä. Kylmäainetta päästetään virtauslaitteeseen ja mitataan sen avulla ja lopulta vapautetaan kompressorille höyrystynyt kylmäaine.

Höyrystin koostuu kierteitetyistä putkista, jotka imevät lämpöä, kun jäähdytettävää ilmaa puhalletaan puhaltimen avulla höyrystimen läpi. Lämmönsiirron maksimoimiseksi ovat putket valmistettu metalleista, joilla on korkea lämmönjohtavuus. Kylmäaine höyrystyy lämmöstä, joka absorboi höyrystimen lämpöä. /9/

3.4.2 Pisanerotin

Pisaran erottimet ovat hitsattuja pystysuuntaisia sylinterimäisiä säiliöitä, joissa on haaraputket ja liitosputket ammoniakkinesteelle ja -kaasulle, taseuslinja, instru-

mentointi- ja automaatiolaitteiden liittämistä varten. Jäähdytysyksikön kompressori sammuu, kun säiliössä olevan nesteen pinta nousee yli raja-arvojen.

Neste erotetaan höyrystä kylmäaineen nopeuden ja liikkeen suunnan äkillisen muutoksen seurauksena. Suurin sallittu virtausnopeus säiliössä on 0,5m/s.

Kotiteollisuus tuottaa nesteseparaattoreita, joiden työpaine on enintään 1,5 MPa ja lämpötila-alue on + 40... – 50 °C. /10/

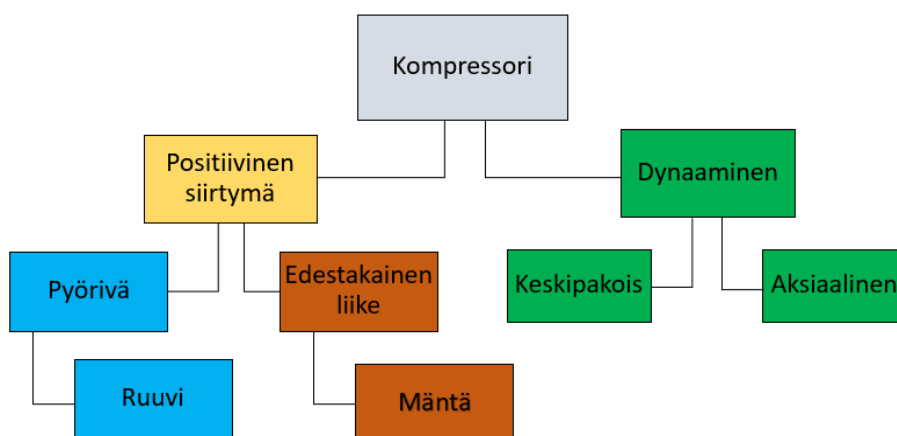
3.5 Vapaakiertoinen laitos

Vapaakiertoista laitosta käytetään silloin, kun on tarve paikalliselle jäähdytykselle. Tämän tyyppiset laitokset soveltuvat parhaiten semmoisiin kohteisiin, joissa kylmäainetta ei tarvitse pumpata useaan eri jäähdytys sovellukseen. Käyttökohteita tämän tyyppiselle laitokselle on esimerkiksi glykolin jäähdyttäminen vaihtimessa ja tekojääradat.

4 KOMPRESSORIN TOIMINTAPERIAATE

Kompressorin on mekaaninen laite, jonka tarkoitus on nostaa puristettavan nesteen tai kaasun painetta. Kompressorille tuleva paine voi olla matalasta tyhjiöpaineesta suureen positiiviseen paineeseen ja kompressorin paluupaine voi hyvinkin korkea. Kompressorin tuottama paine ja sovelluskohde määrittelevät kompressorin tyypin ja sen kokoonpanon. Puristettava neste, kaasu tai höyry voi olla mikä tahansa kunhan se on kokoon puristettava ominaisuuksiltaan. Kompressorin toiminta perustuu mekaaniseen liikkeeseen puristusaineen aikaansaamiseksi ja yleensä niitä käytetään prosessin ja kaasun kuljetus- tai jakeluteollisuudessa. Tyypillisiä sovelluksia kompressoreille ovat: Ilman erottaminen, höyrynpisto ja jäähdyttäminen.

Kompressorit voidaan luokitella paineen tuottamisen perusteella kahteen eri ryhmään: Jaksottainen ja jatkuva. Jatkuvan puristuksen kompressorin työvaiheet vaiheet tapahtuvat sykleissä. Ennen lopullista paineistettua kaasua, kompressorin imee kaasua, puristaa sen paineeseen ja sitten vapauttaa sen prosessiin. Jatkuvassa kierrossa kompressorin menee kaasua, se puristetaan ja siirretään kompressorin läpi ja voidaan purkaa missä tahansa prosessin vaiheessa. Positiivisen siirtymän kompressoreiksi kutsutaan niitä kompressoreita jotka käyttävät jaksottaista puristusmuotoa. Niitä on kaksi erilaista mallia: Edestakaisin liikkuva ja pyörivä. Kuvassa 3 on esitetty kompressorien jakautuminen.



Kuva 3. Kompressorien jakautuminen.

4.1 Ruuvikompressori

Ruuvikompressorin toiminta perustuu kahteen toisiaan vasten pyörivään roottoriin. Nesteen tai kaasun puristus paineeseen suoritetaan pää- ja toissijaisella roottorilla ja kaasun virratessa roottorien läpi, puristuu puristettava aine paineeseen. Puristettavan aineen tuloaukko kompressorille sijaitsee kompressorilohkon päällä, käyttöakselin pään lähellä. Poistoaukko puolestaan sijaitsee lähellä pohjaa, vastakkaisessa päässä katsottuna tuloaukkoon.

Öllyvoidellussa mallissa ruiskutetaan roottoreille öljyä puristuksessa syntyvän lämmön poistamiseen, välyksien poistamiseen ja estetään roottoreiden kosketaminen toisiinsa. Öljyamättömissä malleissa roottorin akseleihin on asennettu hammaspyörät, jotka estävät roottorien kosketuksen toisiinsa.

Roottoreiden-, moottorilohkon lujuteen ja laakerikuormitukseen vaikuttavat puristuksesta syntyvät lämpötilat ja paineet. Näiden kahden väliset lämpötila- ja paine-erot vaikuttavat myös edellä mainittuihin vaikuttaviin tekijöihin. Useita eri vaiheita käytetään näiden vaikuttavien tekijöiden poistamiseksi, jotta ruuvikompressorilla päästään parempaan hyötysuhteeseen sekä korkeampiin paineisiin. Kompressori malleja on monia erilaisia: Jotkut poistavat öljyn ja jäähdyttävät ilmaa välijäähdyttimen avulla, toiset mallit päästävät ilmaa sekä öljyä suoraan seuraavaan vaiheeseen.

Kompressorin ohjaustyyppejä on neljä erilaista: Kiilahihna, suoraveto, vaihde ja kaikkien näitten yhdistelmä vaihtelevan nopeuden moottorilla. Oikeanlaisen kompressorityypin valinta riippuu tarvittavista nopeusvaatimuksista ja valmistajan kompressorivalikoimasta.

Kiilahihnakäyttöisten kompressoreiden huolto on yksinkertainen eikä rikkoutessa jätä moottorilohkoon suurempia jälkiä. Moottorin kohdistus ei ole myöskään kriittinen.

Suoravetoisten kompressoreiden mekanismi on sisäänrakennettu moottorilohkoon. Koneikon sattuessa voi moottorilohkoon tulla suurempia laatupoikkeamia mutta

toimii hiljaisemmin eikä vaadi niin paljon huoltoa mitä hihna- tai vaihteistokäyttöinen kompressorit.

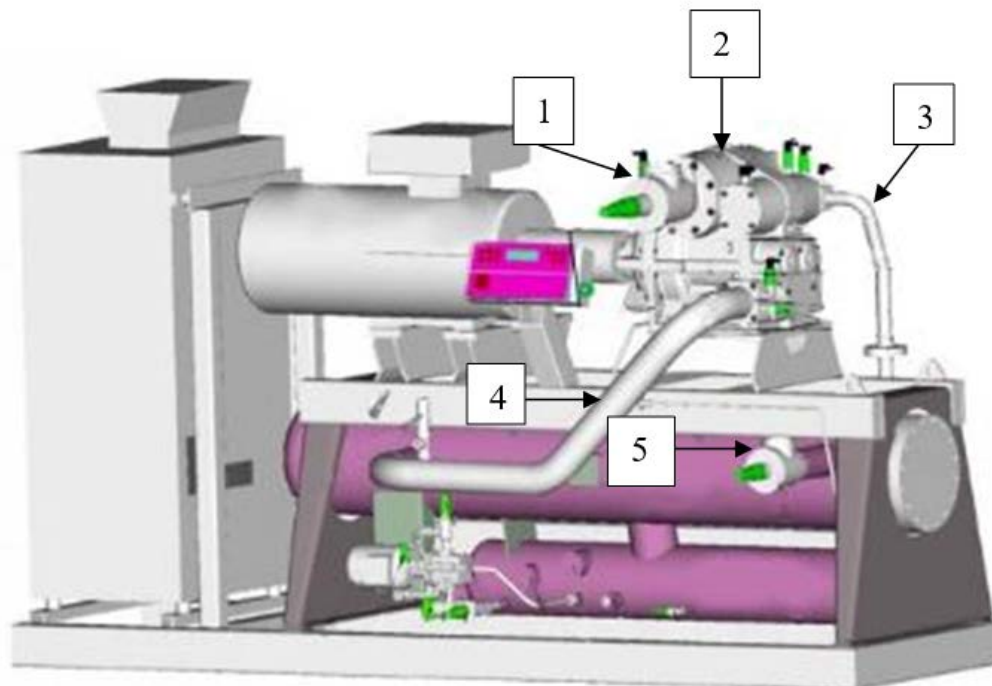
Kompressorit, joissa on käytössä voimansiirtämiseen tarkoitettu vaihteisto, on sen kohdistaminen paljon helpompaan, ja yleensä tämän tyyppisiä kompressoreita käytetään suuremman paineen tuottamiseen. Kompressorin nopeus riippuu sähkömoottorin pyörintänopeudesta.

Muuttuvanopeuksisen kompressorin avulla pystytään säätämään kompressorin tuottamaa painetta ja parhaisiin tuloksiin pääsee, jos kompressorissa on laaja ja tasainen tehoalue. Tämän tyyppisten kompressorien avulla päästään parempiin hyötysuhteisiin. Pehmeä käynnistysominaisuus pienentää suurien virtojen käyttämisen kompressorin käynnistyksessä ja tämän myötä tuo kustannussäästöjä. Haittapuolena tämän tyyppisillä kompressoreilla ovat hankinta hinta ja tehonmenetyksen täyden kuormituksen aikana. Vaikkakin hankinta hinta on suurempi tämän tyyppisellä kompressorilla, on sen takaisin maksuaika yleensä kolme vuotta. /12/

4.2 Ruuvikompressorin ammoniakki kylmälaitoksessa

Kuvassa 4 kompressorit on kytketty imupuoleen sulkuventtiilin avulla (kohta 1), josta paineistamaton kylmäaine kaasu pääsee kompressorille. Kylmäainekaasu paineistetaan kompressorin avulla (Kohta 2). Kompressorin pyöriessä syötetään puristukseen kylmäainekaasun lisäksi myös öljyä (Öljyn syöttöputki kohta 3).

Paineistettu kylmäaine kaasu välitetään öljynerottimeen poistoputken (kohta 4) kautta. Öljynerottimen jälkeen, kun kylmäaineesta on poistettu öljy, pääsee kaasuun kylmäaine kiertoventtiiliin (kohta 5) kautta.



Kuva 4. SAB 163 R Mk4 -kompressoriyksikkö. /13/

Kompressorin tehoa voidaan säätää automaattisesti noin alueella 16–100 % muuttamalla roottoreiden pyörimisnopeutta alueella 1 000 - 6 000 rpm taajuussäätöisen sähkömoottorin avulla. Lisäksi kompressoriin on sisäänrakennettu Vi-säätöjärjestelmä, jonka avulla kompressorin sisäistä tilavuussuhdetta voidaan säätää manuaalisesti kylmlaitoksen painesuhteen mukaan. Vi-säätöjärjestelmää säädetään manuaalisesti kompressorin säätötapilla. Hyvään hyötysuhteeseen pääseminen kompressorilla edellyttää, että se on säädetty oikein.



Kuva 5. Roottori siivet. /13/

Kompressorissa on kaksi roottoria. Käyttöroottorissa eli urosroottorissa on neljä lapaa ja käytettävässä roottorissa eli naarasroottorissa kuusi lapaa. Kuvassa 5 vasemmanpuoleinen roottori on urosroottori ja oikeanpuoleinen naarasroottori.

Roottorit on tehty epäsymmetrisellä profiililla SRM-lisenssin mukaisesti. Rootto-reissa on imupuolella rullalaakerit. Poistopuolen laakereissa on sarja rullalaakereita, jotka assimiloivat säteiskuormituksen ja kuulalaakerit, jotka assimiloivat aksiaalikuormituksen. Roottoreihin asennetut pyörivät tasausmännät osittain tasapainottavat aksiaalivoimia.

Roottoriakseli, johon moottori on kiinnitetty, on asennettu metallinen akselitiiviste. Akselitiivisteiden tarkoitus on eristää kompressorin sisätilavuus ympäröivästä ilmasta. Akselitiivisteessä on monipisteöljyruiskutus, jotta tiivisteiden pinnat jäähdytetään ja voidellaan tehokkaasti.

Kompressorissa on suuri sisäänrakennettu suodatin, joka estää kylmälaitoksen lika- ja hiukkasten pääsyn kompressoriin imukaasun mukana. Lisäksi kompressorissa on takaiskuventtiili, joka estää roottoreiden pyörimisen taaksepäin, kun moottori sammutetaan. Takaiskuventtiiliä ohjaa kompressorin sisäinen imupaine. Näin venttiili pysyy avoinna käytön aikana eikä aiheuta imukaasun tarpeetonta painehävikkiä.

Kompressorilohko on rakenteeltaan hyvin kompakti ja siinä on sisäiset öljykanavat, sisäänrakennettu öljynsuodatin ja sähkötoiminen virtauskytkin. Putkiliitäntöjen määrää voidaan näin vähentää merkittävästi.

Liikkuvien kompressorin osien voitelemiseksi, jäähdyttämiseksi ja tiivistämiseksi kompressorin puristustilaan ruiskutetaan suuria määriä öljyä. Öljy saadaan öljynerottimesta. Se erotellaan öljynerottimen suodattimien läpi kulkevasta poisto-
kaasusta.

Öljynerottimen paine on sama kuin kompressorin poistupuolen paine, laakereiden, roottoriruiskutuksen ja tehonsäätöjärjestelmän voitelupaine pysyy vakaana.

Kompressoria käynnistettäessä yksikköön asennettu esivoitelupumppu varmistaa, että yksikön voitelujärjestelmä on täynnä öljyä, jotta laakereita voidellaan heti kompressorin käynnistyttyä. /13/

5 RUUVIKOMPRESSORIN HUOLTO

Ruuvikompressorin huoltotyö suoritetaan pääsääntöisesti yrityksen verstaalla. Huoltotyön saa tehtyä myös kentällä asiakkaan luona mutta luo se omat haasteensa työn suorittamiselle. Verstaalta löytyy kaikki tarvittavat työkalut huoltotyön suorittamiseen: Hallinosturi, erikoistyökalut, työtasot ja siistit tilat.

Kompressorin huoltotyö aloitetaan asiakkaan luota, konehuoneesta jossa kompressori sijaitsee. Ensiksi täytyy kompressori sammuttaa ja sulkea järjestelmästä venttiilit, joiden avulla saadaan kompressori eristettyä muusta järjestelmästä. Eristyksen jälkeen tyhjenetään kompressori ja kylmäainelinjat ennen venttiilejä ammoniakista. Tyhjennyksen jälkeen voidaan aloittaa kompressorin irrottaminen yksiköstä. Irrotuksen jälkeen kompressori siirretään nostovälineiden avulla siirrettävälle alustalle ja kuljetaan se yrityksen verstaalle, jossa huoltotyö suoritetaan. Siirrettävä alusta on yleensä puinen trukkilava.

Verstaalla suoritettava huoltotyö aloitetaan kompressorin nostamisesta säädettävälle huoltotyötasolle. Kompressorin purkaminen osiksi aloitetaan Vi-luistimesta. Vi-luistimen purkamisen jälkeen saadaan lohkoista irrotettua kansi, johon luistin tulee kiinni, ja täten päästään käsiksi roottoreihin. Roottorit nostetaan samanaikaisesti erilliselle huoltotasolle, jossa suoritetaan roottoreiden laadun tarkastus. Lohkon toinen kansi saadaan nyt myös irrotettua ja siirrettyä erilliselle tasolle. Lohkojen kansista irrotetaan laakerit, suoritetaan puhdistus ja näiden toimenpiteiden jälkeen tehdään laatutarkastus. Jos laatu poikkeamia ei havaita, aloitetaan kompressorin kasaaminen päinvastaisessa järjestyksessä.

5.1 Yleisimmät puutteet

Yleisimmät puutteet kompressorin huoltotyössä on huoltosarjasta puuttuvat tai ylimääräiset komponentit. Huoltosarja tilataan kompressorille hyvissä ajoin ennen huoltotyön aloittamista.

5.2 Korjaustarpeet

Huoltotyön yhteydessä harvoin tulee asioita, joita tarvitsee korjata. Yleisimmät korjaustarpeet vaativat komponentin korvaamisen uudella, sillä kustannukset nousivat muuten liian korkeaksi, jos sitä aletaan korjaaman.

5.3 Käyttötuntien vaikutus havaittuihin vikoihin

Kompressoreihin tehdään 5000 ja 30 000 käyttötunnin huoltoja. 5 000 käyttötunnin huollossa suoritetaan kompressorille pintapuolinen tarkastus, öljyn ja imu-suodattimien vaihto. 30 000 käyttötunnin huollossa 5 000 käyttötunnin huollon lisäksi kompressoriin vaihdetaan kaikki laakerit. Nestepaineisku on yleisin havaittu vika, etenkin 30 000 käyttötunnin huollossa ja se on aiheuttanut hankaumia roottorikammioon ja roottoreihin. Hankaumien poisto suoritetaan käsitasoituksella suurempien kohoumien poistamiseksi.

5.4 Toleranssivaatimukset

Ruuvikompressorin huollon yhteydessä ainoat toleranssivaatimukset on roottoriakseleiden aksiaalinen välys. Aksiaalinen välys on kompressori mallista riippuen 0.01 - 0.03 mm välillä. Välyksen mittaaminen suoritetaan heittokellolla, joka kiinnitetään magneettijalan avulla kompressorilohkoon.

5.5 Kulumat ja niiden korjaaminen

Kompressorissa yleisin kuluma on komponentin kuluminen. Komponentin korjaaminen suoritetaan vaihtamalla komponentti uuteen vastaavaan komponenttiin. Lohkossa havaitut kulumat ja laatupoikkeamat voidaan täyttö hitsata ja koneistaa. Pahimmassa tapauksessa lohkoa ei voi täyttö hitsata ja koneistaa, silloin kompressorin lohko on käyttökelvoton.

5.6 Havaittujen vikojen vaikutus kompressorin toimintaan

Tehonsäätökoneiston kuluminen vaikuttaa kompressorin toimintaan. Koneiston ollessa tarpeeksi kulunut, ei se osaa säätää koneen tehoa oikeanlaiseksi ja komp-

ressori ei toimi enää optimialueella. Liialliset kulumat roottorikammiossa ja roottoreissa voivat vaikuttaa kompressorin hyötysuhteeseen.

5.7 Ennalta ehkäisemättömät korjaus tarpeet

Kylmälaitoksessa olevan automaation toimintavarmuus on kompressorin toiminnan kannalta elintärkeä. Sen avulla voidaan välttää nestepaineiskut, joista aiheutuu roottorikammioon ja roottoreihin laatupoikkeamia. Automaation avulla seurataan myös öljyn lämpötilaa, paineita ja säiliön pinnankorkeutta. Säiliöpinnankorkeuden seuraamiseen käytetään mekaanista uimuria. Nesteen pinnan noustaessa tarpeeksi korkealle säiliössä, sammuttaa mekaaninen uimuri kompressorin toiminnan ja tällöin vältytään nestepaineiskulta.

6 TEKNINEN DOKUMENTOINTI

Teknisen dokumentoinnin tarkoitus on tuottaa asiakirjoja käsitteiden ymmärtämiseksi, ongelmien ratkaisemiseksi ja parantaa tuotteiden tuottavuutta. Dokumentoinnin avulla pystytään kertomaan tuotteisiin liittyvistä tiedoista. Teknisellä dokumentoinnilla voidaan mm. tuottaa:

- Tietoa teknologiasta ja tuotannosta
- Kirjallisia ja visuaalisia dokumentteja
- Tuottaa aineistoa teknologiasta, tuotteesta tai palvelusta.

Dokumentoinnin tarkoitus on myös tehostaa jo olemassa olevia työvaiheita paremman lopputuloksen aikaansaamiseksi. Tuotettavan teknisen dokumentin laajuus vaihtelee mainosmateriaalista ohjelman käyttöohjeeksi.

Dokumenttiin kerättävien tietojen on oltava semmoisessa muodossa, jotta jokainen dokumentin lukija ymmärtää asiasisällön. Tehokkaaseen tekniseen dokumentointiin päästään, kun tuntee kohderyhmän kenelle dokumenttia tuotetaan ja mitkä ovat heidän tarpeensa dokumentoinnin osalta. Kirjoitusvaiheessa on huomioitava, että monimutkainenkin tieto ilmaistaan selkeästi, siksi kirjoitusasu, ja dokumentin muotoilu ovat tärkeitä.

Teknisen dokumentoinnin tarkoitus on antaa käyttäjälle tehdä päätös tietynlaiseen asiaan ja suorittaa asiaan kuuluva tehtävä. Tämän vuoksi tekninen dokumentointi keskittyy teknologiaan ja dokumentin lukijaan. Tekstin sisällön on oltava dokumentaatioissa kirjaopillisesti oikein, yksinkertaisen ytimekästä ja helposti ymmärrettävissä. /14/

6.1 Huoltotyön dokumentointi

Huoltotyön dokumentointi suoritetaan huoltotyötä suoritettaessa. Dokumentoinnille on laadittu erillinen pöytäkirja, jota täytetään huoltotyön yhteydessä. Pöytäkirjaa tehtäessä on otettu huomioon asiakkaan näkökulma dokumentointiin. Asi-

akkaalla ei ole välttämättä tietoa kompressorin tekniikasta, siksi pöytäkirjasta tehtiin helposti luettava ja ymmärrettävä, josta kuitenkin näkyy asiantuntijaisuus.

6.2 Laadun dokumentointi

Huoltotyön yhteydessä mahdolliset laatupoikkeamat dokumentoidaan pöytäkirjaan ja havaitusta poikkeamasta otetaan kuvat. Raporttiin tehdään tarkempi selvitys laatupoikkeamasta ja kuvaan merkitään selkeästi havaittu laatupoikkeama, jos sitä ei muuten voi havaita kuvasta.

7 HUOLTOTYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT PÖYTÄKIRJAT

Huoltotyön yhteydessä huoltotyön suorittaja täyttää huoltopöytäkirjan ja varsinaisen raportin kirjoittamisen suorittaa toimistolla tekninen asiantuntija. Huoltopöytäkirjat ja raportti toimitetaan asiakkaalle sähköpostitse.

7.1 Huoltopöytäkirja

Huoltopöytäkirjasta on tehty yksinkertainen ja helposti täytettävä pöytäkirja työn suorittajalle ja asiakkaalle luettavaksi. Pöytäkirjaa laatiessa on otettu huomioon myös asiakkaan näkökulma, jotta hän ymmärtää myös ruuvikompressorille tehdyt huoltotoimenpiteet.

Huoltopöytäkirjaan on laadittu kompressorin tiedoille oma tietokenttä, josta ilmenee kompressorin huoltoon liittyvä kaikki tarpeellinen tieto. Tietokenttään on lisätty myös kohdat milloin edellinen huolto ja nykyinen huolto on suoritettu kompressorille. Näiden tietojen perusteella on helppo arvioida seuraavan huollon ajan kohta.

Pöytäkirjaan on listattu kompressorin huoltoon liittyvät toimenpiteet. Toimenpiteiden lisäksi pöytäkirjaan on lisätty huomioitavaa kohta. Huomioitavaa kohdat toimenpiteiden alapuolella on numeroitu. Numeroinnin tarkoitus on helpottaa havainnoiden ja mahdollisten laatupoikkeamien kirjaamista pöytäkirjassa olevaan ”Huomioitavaa:” kohtaan. Toimenpiteiden ja huomioitavaa kohtien lisäksi pöytäkirjaan on lisätty optiot ”Kyllä” ja ”Ei”. Toiseen optioista kirjataan ”x” -kirjain, jonka tarkoitus on informoida dokumentin lukijalle tehdyt toimenpiteet ja mahdolliset huomiot ja laatupoikkeamat.

7.2 Laatupoikkeamien kirjaaminen

Toimenpiteet on listattu huoltopöytäkirjaan ja niitten alla on huomioitavaa kohta. Jos tehdylle toimenpiteessä on ollut laatupoikkeamia, kirjataan huomioitavaa kohtaan optioon ”Kyllä” ”x” kirjain. Selvitys laatupoikkeamasta tehdään ”Huomioitavaa:” kohtaan pöytäkirjassa.

7.3 Huoltoraportti

Huoltoraportin tarkoitus on tarkentaa huoltopöytäkirjan sisältöä. Raporttiin kirjoitetaan mahdolliset havainnot ja laatupoikkeamat siten, että raportin ja pöytäkirjojen lukija ymmärtää asiasisällön. Valmiit kuvapohjat on lisätty raporttiin valmiiksi, sillä se nopeuttaa huomattavasti raportin laatimista, kun kuvat saa lisättyä raporttiin vaivattomasti.

7.4 Ohjeistus dokumentointiin ja raportointiin

Huoltopöytäkirjasta ja raportin kirjoittamisesta on laadittu ohjeistavat dokumentit pöytäkirjan ja raportin tekemiseen. Pöytäkirjan ohjeesta on tehty yksinkertainen ja helposti ymmärrettävä, siihen on myös täytetty esimerkki tietoja toimenpiteiden kirjaamisesta sekä kerrottu tärkeitä huomioita pöytäkirjan tekijälle. Raportin ohjeistuksesta on laadittu myös vastaavanlainen ohjeistus.

7.4.1 Valokuvaaminen ja kuvien merkitseminen

Kompressorista otetaan yleiskuvat, joista ilmenee kompressorin yleiskunto. Mahdolliset laatupoikkeamat ja havainnot valokuvataan ja raportin kirjoittamisen yhteydessä viitataan kuviin, joissa havainnot on tehty. Kuviin merkitään tarkasti havainnot, jos niitä ei voi havaita kuvasta yleissilmäyksellä.

8 YHTEENVETO

8.1 Työn analysointi

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tuotettua opinnäytetyön tilaajalle dokumentointi-pöytäkirjat ruuvikompressorin huoltotyöhön. Pöytäkirjojen avulla työntilaaaja saa parannettua asiakassuhteita kun heillä on mahdollisuus toimittaa tehdystä huoltotyöstä dokumentointi asiakkaalle. Työntilaaaja saa myös omiin arkistoihinsa dokumentit tehdyistä huolloista, joten seuraavissa huolloissa on helppo katsoa kompressorin edellisistä dokumenteista mitä huoltoja, havaintoja ja laatupoikkeamia kompressorissa on ollut.

8.2 Hyödyt ja haitat

Dokumentoinnin haasteellisuudeksi voi aiheuta pöytäkirjan ja kuvien toimittaminen varsinaisen raportin laatijalle. Pöytäkirjat toimitetaan paperiversioina ja kuvat sähköpostitse raportinlaatijalle. Seuraavassa kappaleessa on pohdittu, kuinka tältä haasteellisuudeksi aiheutuvalta tekijältä tullaan välttymään tulevaisuudessa.

8.3 Jatkojalostus

Pöytäkirja- ja raportointidokumentit tullaan tulevaisuudessa lisäämään Onedrive – pilvipalveluun, josta ne ovat helposti kaikkien saatavilla. Pöytäkirjan ja kuvien toimittaminen varsinaisen raportoinnin tekijälle täten helpottuu, koska pöytäkirjat ovat pilvipalvelussa ja mahdollistavat tietokoneella tai mobiililaitteella pöytäkirjan täyttämisen ja raportin laatimisen. Pilvipalvelussa olevan pöytäkirjan täyttäminen tulee myös onnistumaan mobiililaitteella, joka nopeuttaa pöytäkirjan laatimista huomattavasti kenttäolosuhteissa. Onedrive-pilvipalvelun myötä huoltotyön dokumentointiin kaikki liittyvä materiaali saadaan pidettyä samassa paikassa.

LÄHTEET

- /1/ Johnson Controls, Our company. Viitattu 5.2.2019.
<https://www.johnsoncontrols.com/about-us/our-company>
- /2/ Johnson Controls, Suomi. Viitattu 5.2.2019.
https://www.johnsoncontrols.com/fi_fi
- /3/ Johnson Controls, taloustiedot. Viitattu 5.2.2019.
<https://www.finder.fi/Kylm%C3%A4koneet+pakkaskoneet/Johnson+Controls+Finland+Oy/Helsinki/yhteystiedot/200389>
- /4/ Johnson Controls, huoltopalvelut. Viitattu 5.2.2019.
https://www.johnsoncontrols.com/fi_fi/buildings/service
- /5/ The Science Behind Refrigeration. Viitattu 13.2.2019. <https://berg-group.com/engineered-solutions/the-science-behind-refrigeration/>
- /6/ Kylmätekniiikan perusteet, sivut 44–48, Esko Kaappola, Aulis Hirvelä, Matti Jokela, Jani Kianta, Opetushallitus, 2011. Viitattu 13.2.2019
- /7/ How does a chiller work? Viitattu 2.4.2018.
<https://www.thermalcare.com/how-does-a-chiller-work/>
- /8/ Kylmätekniiikka, Antero Aittomäki, Helsinki 1992, Sivut 321–323. Viitattu 13.2.2019.
- /9/ Compression refrigeration system. Viitattu 18.2.2019.
http://web.mit.edu/2.972/www/reports/compression_refrigeration_system/compression_refrigeration_system.html
- /10/ Operation features of air purgers and liquid separators of ammonia refrigerating machines. Viitattu 20.2.2019. <http://holod-proekt.com/en/2015/10/operation-features-of-air-separators-and-liquid-separators-of-ammonia-refrigerating-machines/>
- /11/ Compressor: Selection and Sizing, sivut 2-3. Viitattu 11.2.2019.
<https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.puv.fi/lib/vamklibrary-ebooks/reader.action?docID=234973>
- /12/ Rotary screw air compressor basics. Viitattu 13.2.2019.
<https://www.plantengineering.com/articles/rotary-screw-air-compressor-basics/>
- /13/ Käyttöohje SAB128/163 R Mk4, sivu 33. Viitattu 13.2.2019.
- /14/ Technical Writing, Sajitha Jayaprakash, Sivut 16-17. Viitattu 13.2.2019.
<https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.puv.fi/lib/vamklibrary-ebooks/reader.action?docID=3011238&>

LIITE 1. Liitteen nimi (salainen).

LIITE 2. Liitteen nimi (salainen).

LIITE 3. Liitteen nimi (salainen).

LIITE 4. Liitteen nimi (salainen).