



KYLMÄPOTKULAITTEISTON SUUNNITTELU
PATRIAN
KRANAATINHEITINJÄRJESTELMILLE

Miikka Hakari

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Modernit tuotantojärjestelmät

Miikka Hakari Kylmäpotkulaitteiston suunnittelu Patrian kranaatinheitin-
järjestelmille

Opinnäytetyö 45 sivua

Työn ohjaaja Lehtori Pauliina Paukkala

Työn tilaaja Patria Land Services Oy, Valvojana Pääsuunnittelija,

Tuotettavuus ja tuotevaatimukset Mika Anttonen

Toukokuu 2011

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa tehdaskäyttöinen kylmäpotkulaitteisto Patrian kranaatinheitinjärjestelmille kokoonpanotyön yhteyteen. Laitteisto tulee pystyä suorittamaan myös hidastimen ja palauttimen tiiveystarkastus ilman muita aseiden osia varaosatoimituksia silmällä pitäen. Työn johtavana ajatuksena oli käyttäjätasoisella, turvallinen ja yksinkertainen laitteisto kylmäpotkun suorittamista varten.

Ennen opinnäytetyön toteutusta kylmäpotku oli suoritettu kolmella erilaisella laitteistolla, joista sain tietoa laitteen toiminnasta ja edellytyksistä. Tiiveystarkastus oli suoritettu kokoonpantavan järjestelmän yhteydessä, mutta varaosatoimituksia ei ollut vielä aloitettu.

Opinnäytetyön tuloksena syntynyt laitteisto otettiin heti käyttöön kaikkiin Patrian kranaatinheitinjärjestelmähankkeisiin, jotka valmistetaan Patrian oman tuotannon toimesta.

Tämän työn sopijaosapuolet ovat velvollisia pitämään salassa kehittämistyössä esiin tulevat luottamukselliset asiat. Opinnäytetyön luottamukselliset tiedot ovat rajattu ulkopuolelle julkisesta osiosta, mutta löytyvät virallisesta osuudesta, jonka oikeudet omistaa Patria Land Services Oy.

Avainsanat

Kylmäpotkulaitteisto, vetolaitteisto, työvälinesuunnittelu

Sisällysluettelo

1 JOHDANTO	7
2 PATRIA -KONSERNI	8
3 TUOTTEEN SUUNNITTELU	9
3.1 Koneensuunnittelu	9
3.1.1 Valmistuksen suunnittelulle asettamat vaatimukset	10
3.2 Työvälinesuunnittelu, erikoistyövälineet	10
4 TUOTEKEHITYS	12
4.1 Käynnistäminen	12
4.2 Luonnostelu	13
4.3 Kehittäminen	13
4.3.1 Rakennemuotoilun pääsäännöt	14
4.4 Materiaalivalinnat	14
4.4.1 Rautametallit	15
4.4.2 Nuorrutusteräokset	15
4.4.3 Hiiletysteräokset	16
4.4.4 Alumiini ja alumiiniseokset	16
4.4.5 Kulumisen huomioonotto	17
4.5 Mitoitus	18
4.5.1 Valmistustarkkuus	19
4.5.2 Yleistoleranssit	20
4.6 Lujuuslaskenta	20
4.6.1 Lujuuslaskennan yleisiä periaatteita	20
4.6.2 Suunnitteluohjeet	21
4.7 Viimeistely	21
5 3D MALLINTAMINEN SUUNNITTELUSSA	22
5.1 3D-mallintamisen vaiheet	22
5.2 3D-mallista 2D-piirustukseksi	22
6 KYLMÄPOTKULAITTEISTO	24
6.1 Käynnistäminen	24
6.2 Luonnostelu	24
6.2.1 Laukaisulaite	24
6.2.2 Vetolaite	24
6.2.3 Vetolaitteen kiinnityksen ratkaiseminen	24
6.2.4 Tumppihylsyn vioittumisen estäminen	24
6.2.5 Tarkastusteline	24
6.3 Kehittäminen	24
6.3.1 Laukaisulaite	24
6.3.2 Vetolaite	24
6.3.3 Vetolaitteen kiinnityksen ratkaiseminen	24
6.3.4 Tumppihylsyn vioittumisen estäminen	24

6.3.5	Tarkastusteline	24
6.4	Materiaalivalinnat ja pintakäsittely	25
6.4.1	Teräksien valinta ja pintakäsittely	25
6.4.2	Alumiinien valinta ja pintakäsittely	25
6.5	Mitoitus	25
6.6	Lujuuslaskenta	25
6.7	Viimeistely	25
7	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Testaus on yksi oleellinen osa kokoonpanon työvaiheita, jonka avulla voidaan tarkastaa kokoonpantavien koneiden ja laitteiden toimintaa. Tuotteen laadun ja laatudokumentation kannalta on tärkeää varmistaa laitteen oikeaoppinen ja turvallinen toiminta.

Testauksessa käytettävä laitteisto on usein toteutettu erikoistyövälineillä kuten tässäkin tapauksessa, jolloin vaaditaan suuria voimia testauksen suorittamiseksi. Suunniteltu laitteisto täydentää yhtä tärkeimmistä testivaiheista asejärjestelmän testaamisesta tehdasolosuhteissa.

Patria on kansainvälisesti toimiva puolustus-, turvallisuus- ja ilmailuteollisuuskonserni, joka toimittaa omaan erityisosaamiseensa ja kumppanuuksiin perustuvia, kilpailukykyisiä ratkaisuja asiakkailleen. Patrian omistavat Suomen valtio (73,2 %) ja European Aeronautic Defence Company EADS N.V. (26.8 %).

Patria Land Services – liiketoiminta keskittyy ajoneuvojen ja asejärjestelmien tuotantoon, tarvittavaan hankintalogistiikkaan ja tuotteisiin liittyviin tukipalveluihin.

Opinnäytetyö liittyi työtä tehdessä osana normaaliin työnkuvaan tuotannosuunnittelijana. Kylmäpotkun ja tiiveystarkastuksien tekeminen täytyy suorittaa jokaiselle toimittamallemme heitinjärjestelmälle, joten tilauksien kasvaessa muodostui selkeä tarve paremmin tehdasolosuhteisiin soveltuvalla laitteistolla.

Työn osana mallinnettiin 3D-mallit ja 2D-piirustukset Vertex G4-ohjelmaa hyväksi käyttäen. Hyväksytyjen piirustuksien jälkeen osat teetettiin testausta varten, jonka jälkeen laitteistolle laadittiin myös käyttöohjeistus laitteen oikeaoppisen ja turvallisen käytön takaamiseksi.

2 PATRIA -KONSERNI

Patria on kansainvälisesti toimiva puolustus-, turvallisuus- ja ilmailuteollisuuskonserni, joka toimittaa omaan erityisosaamiseensa ja kumppanuuksiin perustuvia, kilpailukykyisiä ratkaisuja asiakkailleen. Patrian omistavat Suomen valtio (73,2 %) ja European Aeronautic Defence and Space Company EADS N.V. (26,8 %).

Tuotteet ja palvelut

- Panssaroidut pyöräajoneuvot, kranaatinheitinjärjestelmät ja ampumatarvikkeet sekä näiden tuotteiden elinkaaren tukipalvelut.
- Lentokoneiden ja helikoptereiden elinkaaren tukipalvelut sekä lentäjäkoulutus.
- Maavoimien materiaalien kunnossapito Suomen puolustusvoimille.
- Tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmien kehitys ja integrointi sekä elinkaaren tuki.

PATRIA – konserniin kuuluvat seuraavat liiketoiminnat:

- Land Services
- Land Systems
- Patria Hägglunds
- Aviation
- Systems
- Millog
- Aerostructures
- Nammo
- Eurenco

Land Services -liiketoiminta keskittyy ajoneuvojen ja asejärjestelmien tuotantoon, tarvittavaan hankintalogistiikkaan ja tuotteisiin liittyviin elinkaaren tukipalveluihin.

(<http://www.patria.fi>)

3 TUOTTEEN SUUNNITTELU

Suunnittelu koostuu ajatustyöstä logiikan ja matemaattisten menettelyjen ympärillä. Suunnittelutyö on kuitenkin suunnittelijan ideoiden saattamista valmiiksi piirustuksiksi, joten pohdiskelu, logiikka ja matemaattiset menettelytavat ovat vain työvälineitä suunnittelutyön toteuttamiseksi. Ilman mallinnusta ja piirtämistä ei voi suunnitella. Laskenta ja puhuminen ovat vain apuvälineitä lopullisen suunnittelutyön valmiiksi saattamiselle. (Tuomaala 1995, 44.)

”Insinöörin oleellinen tehtävä on löytää teknisiin ongelmiin ratkaisuja luonnontieteellisen tiedon avulla ja toteuttaa ne optimaalisella tavalla kulloisenkin rajoitusten vallitessa.” (Beitz & Pahl 1990, 1.)

Suunnittelijan vastuu omien ideoidensa, asiantuntemuksensa ja taitojensa käyttämisessä tuotteen loppuunsaattamiselle on merkittävä. Nämä tekijät vaikuttavat merkittävästi valmiiseen tuotteeseen, tuotteen taloudellisuuteen sekä käyttäjäystävällisyyteen. (Beitz & Pahl 1990, 1.)

3.1 Koneensuunnittelu

Suunniteltaessa monesta osasta koostuvaa mekaanista rakennetta, vaikuttaa osien muodot ja mitat kaikkiin muihinkin osiin. Osat koostuvat lukuisista dimensioista, joten ne muodostavat yhdessä ison kokonaisuuden. Tämän kokonaisuuden täytyy muodostaa selkeästi toimiva yhdenmukainen rakenne ja täyttää sille asetettu tehtävä. (Tuomaala 1995, 2.)

Kokenut koneensuunnittelija on kerännyt laajan kokemuksen erilaisista rakenteista ja niiden toimivuudesta. Karttuneiden tietojen avulla kokenut suunnittelija osaa käyttää oppimiaan rakenteita ja ratkaisuja hyväkseen myöhemmissäkin suunnittelu-tehtävissään. Opittujen tietojen ja taitojen avulla suunnittelutyö nopeutuu ja tehostuu huomattavasti. Tämänkaltaista tietoa on vaikea kerätä minkäänlaiseen tietojärjestelmään tai oppikirjaan, joten omakohtainen tieto ja kokemus on erittäin kallisarvoista osaamista. Tällaista tietoa ei pystytä korvaamaan parhaimmillaan ohjelmilla tai tietojärjestelmillä. (Tuomaala 1995, 2.)

Konerakenteen ratkaisut koostuvat yleensä jo olemassa olevista ja käytetyistä rakenteista. Tieto rakenteiden toimivuudesta ja lujuuksista on tärkeää tietoa suunnitteluratkaisujen helpottamiseksi. Tärkeimmät ja merkittävimmät tiedot muodostuvat kuitenkin suunnittelijan määrittelemistä mitoista, materiaaleista, toiminnasta ja liitettävyydestä ynnä muista seikoista. Konerakenteita on kuitenkin hyvin paljon, joten on kyettävä erottelamaan tärkeimmät rakenteeseen vaikuttavat tekijät ja perustaa koneensuunnittelu tällaisten toimintojen varaan. (Tuomaala 1995, 146.)

3.1.1 Valmistuksen suunnittelulle asettamat vaatimukset

Toimivalla muotoilulla saadaan aikaan haluttu fysikaalinen toiminto. Hyvä muotoilu mahdollistaa myös oikeanlaisen kuormituksen ja materiaalien lujuuden. Muotoilulla on myös merkittävä rooli kappaleen valmistettavuuden ja kustannuksien hallinnassa. Komponentit muokataan kahdessa eri vaiheessa raaka-aineista valmiiksi komponenteiksi. Ensin raaka-aineet muokataan takomalla, valamalla tai vetämällä ja tämän jälkeen ne koneistetaan valmiiksi osiksi. (Kleimola 1985, 40.)

3.2 Työvälinesuunnittelu, erikoistyövälineet

Tavallisten käsityökalujen, paineilmatyökalujen, juottimien ja muiden apuvälineiden ohella tarvitaan tietyissä tilanteissa myös erikseen suunniteltuja erikoistyökaluja. Syitä erikoistyökalujen käytölle voi olla menetelmien kehittäminen tehokkaammaksi tai tavanomaisten työkalujen sopimattomuus. Erikoistyövälineiden käytölle on selvä tarve, silloin kuin se helpottaa ja tehostaa työskentelyä. Pääasiassa kuitenkin suunnittelijan tulee välttää sellaisien rakenteiden suunnittelua, jotka vaativat erikoistyökalujen käyttämistä. Erikoistyökalujen huomattavasti kalliimman hankintahinnan johdosta, on syytä harkita tarkkaan kannattaako erikoistyövälineen käyttö vai riittääkö tavanomainen työkalu. (Ekman 1991, 281.)

Nykypäivänä valmistustekniikat ja työstökoneet kehittyvät sen verran suurin harppauksin, että alan parhaimpienkin osaajien on vaikea pysyä jokaisen osa-alueen kehityksen mukana. Tämän johdosta suunnittelijan on hyvä luoda itselleen sellaisen asiantuntijaverkon, jonka avulla hän saa riittävästi tietoa erilaisista valmistustekni-

koista ja niiden mahdollisuuksista parhaan mahdollisen suunnitelman ja toteutuksen aikaansaamiseksi. (Kauppinen 1991, 13)

Uusien tuotteiden kehittäminen ja suunnitteleminen vaikuttavat olennaisesti yrityksen toimintaan. Uusien tuotteiden myötä myös tuoteprosessi pitää olla kunnossa, jotta onnistutaan kehittämään riittävän laadun omaavia ratkaisuja. Riittävän laadun mittarina voidaan pitää asiakastyytyväisyyttä. Laadukas tuote syntyy myös hyvän valmistustekniikan tuntemuksen kautta ja pitää valmistajat tyytyväisinä. Tämän johdosta suunnittelijan onkin tunnettava käyttäjien mieltymykset ja valmistustekniikkaan liittyvät mahdollisuudet. Suunnittelijan on tärkeää selvittää nämä seikat perusteellisesti, eikä luottaa vain omiin mieltymyksiinsä. (Kamppari 1991, 45.)

”Työväline suunnitellaan aina tuotekohtaisesti. Jokainen suunnitelma on ainutkertainen. Jokaisesta valmistettavasta osasta on oltava piirustus. Virheettömyysvaatimus on korkea. Työvälinesuunnittelu on valmistuksen helpottamista ja varmistamista. Suunnittelijan on tunnettava tarkkaan sillä hetkellä käytössä oleva valmistuskapasiteetti ja sovitettava suunnittelu sen mukaiseksi.” (Kamppari 1991, 45.)

4 TUOTEKEHITYS

”Tuotekehityksen tehtävänä on täyttää tuotteelle asetetut tavoitteet ja vaatimukset niin hyvin kuin kyseisellä hetkellä on teknisesti ja taloudellisesti mahdollista ja taroituksenmukaista.” (Kleimola 1985, 13.)

Tuotekehitys koostuu monivaiheisesti prosessista, joka tähtää uuteen tai parannettuun tuotteeseen. Prosessi käsittää uusien tuotteiden ja mahdollisuuksia kartoittamisen, luonnostelun, kehittämisen, protoversiot ja lopullisen tuotteen laadinnan. Lopuksi tuote vaatii vielä tuontantoa varten erilaisten dokumenttien laadinnan. Tällaiset dokumentit voivat olla esimerkiksi tuotteen piirustukset, kokoonpano-ohjeet, nc-koodit tai mittapöytäkirjat.

Suunnittelutoiminnot koostavat usein yrityksen tuotekehitykselle toimintarungon, joka voi olla seuraavanlainen:

- Kokonaan uuden tuotteen suunnittelu tai tuotannossa olevan tuotteen modernisointi, tavoitteena teknisesti ja taloudellisesti parempi lopputulos
- Olemassa olevan järjestelmän tai tuotteen tai sen komponenttien käyttö toisen tuotteen valmistuksessa, että ainoastaan yhden osan uudelleensuunnittelu
- Tuotevariointi sovittujen mittojen tai mittasarjojen sisällä.

(Kleimola 1985, 13-14.)

”Systemaattisella tuotekehitystoiminnalla pyritään ensi sijassa varmentamaan hyväksyttävä lopputulos kohtuullisessa ajassa. Kehitystoiminnalla on myös suuri kustannusvaikutus.” (Kleimola 1985, 13-14.)

4.1 Käynnistäminen

Edellytys tuotekehitysprojektin käynnistämiseksi on tunnistettu tarve tuotteelle ja suunnitelma sen mahdollisesta toteuttamistavasta. Tuotteen toteuttamismahdollisuuden tiedostaminen on yhtä tärkeä tekijä, kuin pelkän tarpeellisuuden tiedostaminen. Nämä kaksi tekijää yhdessä muodostavat perusedellytyksen uuden tuotekehityksen käynnistämiseksi. (Jokinen 1998, 17.)

”Tuotekehitysprojektin onnistuminen edellyttää oikeita päätöksiä ja aikataulussa pysymistä. Suunnitteluvaiheessa tehdyillä valmistusmenetelmien valinnoilla voidaan vaikuttaa noin 80%:iin tuotteen valmistuskustannuksista.” (Kamppari 1991, 45)

4.2 Luonnostelu

- Luonnosteluvaiheessa yritetään valita lupaavin vaihtoehto jatkokehitykseen. Luonnostelu suunnitellaan tuotekehitysvaiheiden kautta valmiiksi markkinoitavaksi tuotteeksi.
- Ennen tuotekehitysvaiheiden läpikäyntiä on syytä kerrata vielä tuotteelle asetetut vaatimuslistat. Samassa kannattaa huomioida myös tuotteen valmistetavuuteen ja tuotannossa tarvittavaan dokumentaatioon liittyvät seikat.
- Toiminnalliset vaatimukset: liike- ja virtaussuunnat, käyttöasennot, laakerointitavat jne.
- Raaka-ainevaatimukset: korroosionkestävyys, hitsattavuus, viruminen jne.

Tuoterakenne suunnitellaan luonnoksien ja alustavien raaka-ainevalintojen ympärille. Tässä vaiheessa on syytä huomioida tuotteen päätoiminnot, jotta ne täyttyvät suunnitelluilla ratkaisuilla. Tällaisia huomioita voivat olla esimerkiksi akselin halkaisija ja kestävyys, hammaspyörän välitykset ja siirrettävät voimat ja osien seinämävahvuudet.

Tämän jälkeen suunnitellaan tuotteen kaikki muu toiminnan kannalta tarpeellinen rakenne, kuten tiivistys, anturointi, liikerajoittimet jne. (Kleimola 1985, 25.)

”Peruskaava tai –ohje suunnittelulle on yksikäsitteinen – yksinkertainen – varma ts. Teknisen toiminnon täyttäminen, taloudellinen toteutus, varmuus ja turvallisuus.” (Kleimola 1985, 25.)

4.3 Kehittäminen

Luonnosteluvaiheen jälkeen siirrytään periaatteellisista ja suuntaa antavista ideoista konkreettisen ja toimivan rakenteen kehittelyyn. Viimeistään tässä vaiheessa päätehtävään käytettävät materiaalit, valmistusmenetelmät, mitoituksen pääkohdat ja osien yhteensopivuusehdot. Myös täydentävien toimintojen yhteensopivuus ja toiminnallisuus tulee huomioida. Lopuksi tulee tarkastella kokonaisuutta teknillis-

taloudellisessa näkökulmassa ja tehdä tarvittavat muutokset tarkastelussa ilmenneiden huomioiden perusteella. (Beitz & Pahl 1990, 176.)

4.3.1 Rakennemuotoilun pääsäännöt

Rakennemuotoilua koskevat seuraavanlaiset pääsäännöt. Nämä säännöt tulee huomioida aina kun rakenteen muotoa ollaan luomassa. Näiden pääsääntöjen laiminlyöminen johtaa lähes väistämättä virheisiin, yhteensopivuus ongelmiin tai jopa onnettomuuksiin.

Selkeä, yksinkertainen ja turvallinen suunnittelu huomioi:

- Tuotteen teknisen toiminnan
- Tuotteen taloudellisen toteuttamisen
- Tuotteen riittävän turvallisuuden

(Beitz & Pahl 1990, 184.)

4.4 Materiaalivalinnat

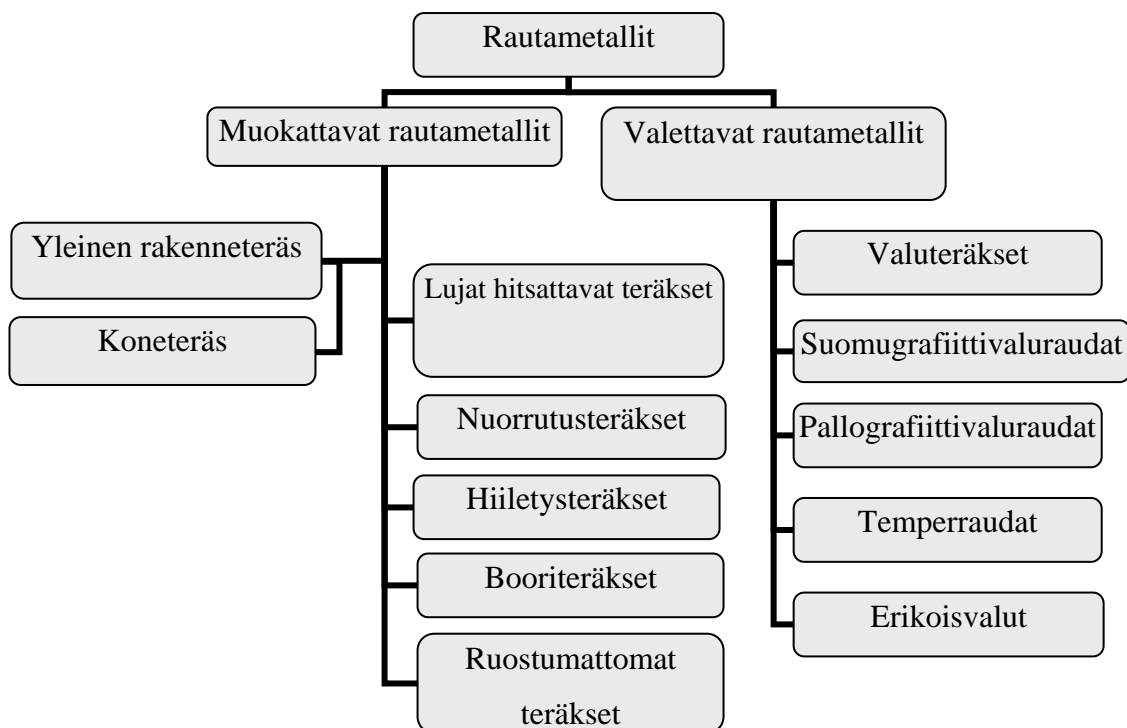
Tässä kappaleessa käydään läpi opinnäytetyössä käytettyjä materiaaleja niiden ominaisuuksien ja vaatimusten perusteella.

Tuotekehityksessä syntyneen tuotteen tai tuoterakenteen onnistunut läpivienti koostuu monesta eri tekijästä. Suurin osa näistä on suunnittelijan ratkaisujen pohjalta syntyneitä, joten suunnittelijan vastuu on hyvin suuri onnistuneen lopputuloksen kannalta. Yksi tärkeimpiä tietoja on materiaalien valinta.

Materiaalitekniikan riittävän syvällinen tuntemus on suunnittelijalle ensiarvoisen tärkeää. Syvällisen materiaaleja ja niiden käsittelyä koskevien tietojen hallinnalla, suunnittelija pystyy valitsemaan tilanteeseen mahdollisimman hyvin soveltuvan materiaalin. Tämän johdosta suunnittelijan tulee huomioida mikä tai mitkä ominaisuudet tuotteessa määräävät materiaalivalinnat. Määräviä tekijöitä voivat olla esimerkiksi kestävyys, muokattavuus tai paino. (Ranta 1985, 211.)

4.4.1 Rautametallit

Rautametallit ovat ylivoimaisesti suurin koneenrakennuksen materiaalityyppi. Toimitusmuotona on lähes poikkeuksetta taottu, valssattu tai valettu aihio.



Kuvio 1: Rautametallien jako (Ranta 1985,213.)

4.4.2 Nuorrutusteräkset

Nuorrutusteräs tarkoittaa eri seoksista muodostettuja teräslaatuja. Seostuksilla pyritään parantamaan niiden myötö-, murto- ja väsymislujuutta, sekä sitkeyttä. Parempiin ominaisuuksiin päästään nuorrutuksen avulla, eli teräs ensin karkaistetaan ja sen jälkeen päästetään yli 450°C lämpötilassa. Karkaisu ei kuitenkaan läpikarkaise terästä, joten niiden lujuus-, sitkeys- ja läpikarkenevuusominaisuudet riippuvat niiden poikkipinta-alasta.

Eri seosaineet vaikuttavat teräksien eri ominaisuuksiin. Hiiltä lisäämällä lujuusominaisuudet paranevat, kun taas paremmalla seostuksella paranee esimerkiksi sitkeys ja karkenevuus. Seostuksella pyritään myös parantamaan myötö- ja murtolujuuksia. Yleisiä seosaineita ovat muun muassa, hiili, pii, mangaani, kromi, nikkeli, molybdeeni ja vanadiini. Yleisimpiä käytössä olevia nuorrutusteräksiä ovat 34CrNiMo6, 42CrMo4 ja C45E. (<http://www.sten.fi>)

4.4.3 Hiiletysteräket

Hiiletysteräksien erikoisominaisuuksiin kuuluu hiiletyskarkaisun avulla muodostuva kova ja kulutusta kestävä pinta. Hiiletysteräksen pinnan puristusjännitystila kasvattaa myös väsymislujuutta. Hiiletysteräs sisältää tavallisimmin alle 0.25 % hiiltä, jotta kappale karkenee ainoastaan pinnalta. Liian suuri hiilipitoisuus heikentää kappaleen lujuutta liiallisen karkenevuuden johdosta. Hiiletysteräket valitaan niille asetettujen käyttötarkoitusten mukaan. Seostamattomat tai kromilla seostetut laadut soveltuvat kulutukselle alttiiksi joutuville osille. Jos osiin tulee myös veto-, puristus-, taivutus- tai vääntöjännitystä, vaaditaan seostettuja laatuja kuten Cr-Mo- tai Cr-Mn-teräksiä. Ni-, Cr-Ni- tai Cr-Ni-Mo-teräket soveltuvat kaikista vaativimpiin kohteisiin missä tarvitaan optimaalista sitkeyttä ja pinnan kovuutta. (<http://www.sten.fi>)

4.4.4 Alumiini ja alumiiniseokset

Alumiinit jaetaan pääsääntöisesti ei-lämpökäsiteltäviin ja lämpökäsiteltäviin alumiineihin.

Ei-lämpökäsiteltävien alumiinien ominaisuudet saadaan seostamalla ja valssaamalla. Yleisimpinä seosaineina käytetään magnesiumia ja mangaania. Tavallisimpia Ei-lämpökäsiteltäviä alumiineja ovat 1000, 3000 ja 5000-sarjaan kuuluvat alumiinit.

Sarja	Pääseosaine	Seosaineen vaikutus
1000	Ns.puhdas alumiini 99% Al	Seostamattomalla alumiinilla on hyvä korroosionkesto, alhainen lujuus ja hyvä sähkönjohtavuus
3000	Mangaani	Lisää lujuutta, hyvä muovattavuus
5000	Magnesium	Lisää lujuutta, hyvä korroosionkesto

Kuvio 2: Ei-lämpökäsiteltävien alumiinien sarjoja (<http://www.thyssenkrupp.fi>)

Ei-lämpökäsiteltävät alumiinit ovat hitsattavia ja niillä on erinomainen korroosionkesto. Valmistuksen jälkeen niiden ominaisuuksia ei pystytä enää muuttamaan.

Lämpökäsiteltävien alumiinien ominaisuudet tulevat seosaineita ja erilaisia lämpökäsittelyjä käyttämällä. Tavallisimpia seosaineita ovat kupari, pii, sinkki ja magne-

sium. Lämpökäsiteltävien alumiinien sarjoja ovat 2000, 6000 ja 7000-sarjan alumiinit.

Sarja	Pääseosaine	Seosaineen vaikutus
2000	Kupari	Lisää lujuutta ja sitkeyttä, hyvä koneistaa
6000	Magnesium+pii	Lisää lujuutta, hyvä korroosionkesto
7000	Sinkki	Suurin lujuus, huono hitsattavuus

Kuvio 3: Lämpökäsiteltävien alumiinien sarjoja (<http://www.thyssenkrupp.fi>)

Hitsausta ja anodisointia käytettäessä 6000-sarjan alumiinit ovat paras vaihtoehto. 7000-sarjan alumiinit ovat lujimpia alumiineja, mutta niiden hitsattavuus, korroosionkesto ja anodisoitavuus on heikompi. Samoin kuin teräksiä, alumiineja voidaan lämpökäsitellä parempien ominaisuuksien ja seoksien toivossa. Näin saadaan optimaalisin materiaali käyttökohteesta riippuen. (<http://www.thyssenkrupp.fi>)

4.4.5 Kulumisen huomioonotto

Koneensuunnittelun näkökulmalta katsottuna kulumisen koostuu mekaanisesta kulumisesta ja partikkelien ei toivottavasta irtoamisesta.

Rakenteen kannalta kulumista tarkastellaan tribologisena systeeminä, jossa voitelulla ja osien välisellä kitkalla on keskeisin rooli.

Neljä kulumisen päämuotoa ovat:

- Adhesiivinen
- Abrasiivinen
- Korrosiivinen
- Pinnan väsyminen

Aina kun kaksi kiinteän pinnan omaavaa kappaletta liukuu toisiaan vasten, ei adhesiivista kulumista voida kokonaan estää. Pintojen välillä vaikuttaa voimakkaat tartuntavoimat, jotka aiheuttavat kappaleiden kulumista.

Pintojen välillä syntyvästä kulumisesta irtoaa kappaleesta hiukkasia. Hiukkasia irtoaa tavallisimmin kovien aineiden heikoimmista kohdista, sekä pehmeämmästä ai-

neesta. Voidaan todeta materiaalin kovuuden olevan likimain kääntäen verrannollinen kulumisnopeuden kanssa. Näistä syistä kahden samaa ainetta omaavien kappaleiden käyttöä liukuparina tulisi välttää.

Abrasiivista kulumista syntyy kahdella tavalla: Pehmeää pintaa vasten liukuu kova ja karhea pinta. Abrasiiviset hiukkaset voivat myös kuluttaa kappaleita kahden pinnan välissä, jota kutsutaan kolmikappalekulumiseksi. Voiteluaineita käytettäessä syntyy kosteuden myötä huuhteluvaikutus, joka myös kuluttaa kappaleita. Kosteudella on tästä syystä huomattavasti kulumista nopeuttava vaikutus.

Abrasiivisen kulumista voidaan estää valitsemalla kova ja sileä materiaali. Tavallisin kappaleita kuluttava aine on ilman pölyn sisältämä kvartsi. Mitä suurempia kimmomoduuli materiaalilla on, sitä paremmin se kestää abrasiivista kulumista. Käyttämällä tiivistimiä ja tehokasta voiteluaineiden suodatusta, voidaan merkittävästi hidastaa abrasiivista kulumista. Materiaaleja valitessa tulisi liukuparien kovuseron oltava yli kolminkertainen. (Kleimola 1985, 36-37.)

4.5 Mitoitus

Nykypäivänä koneiden ja laitteiden valmistus on siirretty pääasiassa eri osastoille, eri toimipisteisiin tai ne tehdään esikokonpanoja myöden alihankintana toisessa yrityksessä. Lisääntyvässä määrin alihankintana valmistettavat osat valmistetaan myös ulkomailla tai yrityksen kohdemaassa. Tällaisessa toimintatavassa osien mitoituksella on ratkaiseva merkitys. Osien tulee olla vaihtokelpoisia toisten samanlaisten osien kanssa. Jos osat eivät sovi toisiinsa kiinni halutulla tavalla, tulee muutostyöt ja osien uudelleenvalmistus yritykselle hyvin kalliiksi. Tämän johdosta osien todelliset mitat tulee olla valmistettu tietyllä tarkkuudella vastaamaan piirustuksessa esiintyviä mittoja. (Pere 2004, 20-1)

Piirustuksessa esiintyvät mitat ovat osien lopullisia mittoja. Mitoituksessa huomiotavia seikkoja ovat osan toiminnan, valmistuksen ja tarkastuksen kannalta oleelliset kohdat. Työpiirustus on osan tärkein valmistusohje, jonka johdosta piirustuksen tulee olla mitoitettu oikein ja ryhmitelty selkeästi. Oikeaoppisella mitoituksella piirustus on selkeä lukea ja se vaikuttaa osien luotettavuuteen. Piirustuksessa esiintyvät mitat vaikuttavat myös työn- ja työvälinesuunnitteluun sekä hankintaan ja valmistukseen. (Kleimola 1985, 55.)

Piirustuksessa esiintyvien mittojen pääasialliset ryhmittelyt ovat:

- Toimintamitat
- Varmistusmitat
- Tarkastusmitat
- Apumitat

Toimintamitat ovat osien, osaryhmien ja pääkokoonpanojen kannalta kaikista tärkeimpiä. Niiden avulla määritellään toiminnan kannalta ratkaisevat muodot ja sijainnit. Toimintamitat joudutaan hyvin usein toleroimaan, koska useamman toimintamitan yhteenlaskettu mittapoikkeama kasvaa nopeasti liian suureksi. Liian suureksi kasvanut mitoitusalue huonontaa osien vaihtokelpoisuutta ja saattaa estää koko laitteen toiminnan.

Apumitat laitetaan tavallisimmin sulkeiden sisään. Niiden avulla helpotetaan laske-
mistyötä ja autetaan valmistuksessa tarkastettavien välimittojen huomioimista.

Mitoituksen perussääntöjä ovat seuraavat:

- Mitoituksen on käsitettävä kappaleen kaikki yksityiskohdat kaikissa tarvittavissa tasoissa.
- Mitoitussysteemi tulisi rakentaa kappaleen valmistustavan helpottamiseksi.
- Mitoitus tulisi aloittaa aina kappaleen pinnasta, jotta yhteenlaskettujen mittojen toleranssi ei nousisi liian suureksi.
- Koneistettavien kappaleiden mitoitus tulisi suunnitella koneen liikkeiden suuntaisesti. Esimerkiksi sorvattava kappale tulisi mitoittaa oikealta vasemmalle ilman ketjumitoitusta.
- Mitoitus tulee suunnitella siten, että niiden mittaaminen on mahdollista ja käytettävät mittavälineet ovat yleisesti saatavilla.
- Mitoituksessa tulee huomioida myös valmistettavuus, jotta kappale saadaan kiinnitettyä työstökoneeseen riittävällä voimalla.

(Kleimola 1985, 55-56.)

4.5.1 Valmistustarkkuus

Riittävän tarkan mitoituksen määrittelemiseksi on osille annettava mittatarkkuus, eli toleranssi. Toleranssi voi olla mittatoleranssi, muototoleranssi tai pintapoikkeama. Mitoitus ja tolerointi määrittelee mitan tai muodon lisäksi myös mitan tarkastuksessa käytettävän mittalaitteen. Mitoitusta laadittaessa on huomioitava, että mittatyökä-
lun mittapoikkeama voi olla jopa 20% taulukoidusta poikkeamasta.

Tiukkoja toleranssirajoja tulisi kuitenkin välttää mitoituksessa, koska ne lisäävät valmistuskustannuksia, eivätkä välttämättä paranna kappaleiden vaihtokelpoisuusvaatimuksia. (Kleimola 1985, 57.)

4.5.2 Yleistoleranssit

Jokaisella osalla on aina määritelty koko ja geometrinen muoto. Mitoituksessa huomioitujen rajoitukset auttavat kappaleen toiminnan määrittelyssä. Rajoittamaton mitoitus ilman yleistoleranssialueita heikentää osien ja rakenteen toimintaa merkittävästi.

Tolerointi tulee esittää piirustuksissa aukottomasti, jotta voidaan varmistua kappaleen halutusta valmistustarkkuudesta. Tavallisimmin kappaleelle määritellään yksi tietty yleistoleranssi, jota tuetaan tarpeen mukaan tarkemmilla toleransseilla. (SFS ISO 22768-1,3.)

4.6 Lujuuslaskenta

Tässä kappaleessa käsitellään lujuuslaskentaan liittyviä huomioita suunnittelun kannalta.

4.6.1 Lujuuslaskennan yleisiä periaatteita

Jokaisella koneella ja laitteella on määritelty käyttötapa. Käyttötapa määrittelee koneelle asetetut lujuusvaatimukset ja käyttöiän.

Lujuuden ja käyttöiän tulee olla mitoitettu siten, että se kestää vaurioitumatta tai rikkoutumatta sille asetetun eliniän. Kaikissa tapauksissa ei voida kulumista tai rikkoutumista huomioida vielä suunnitteluvaiheessa, mutta mitä tarkemmin suunnittelija tuntee rakenteen toiminnan, sitä tarkemmin hän pystyy huomioimaan ne suunnitteluvaiheessa.

Rakenteiden lujuusopillinen tarkastelu on yksi tärkeimmistä osa-alueista rakenteiden hyvyystarkastelussa. Lujuusopissa pyritään tarkastelemaan osien toimintaa matemaattisten mallien avulla. Normaalisti tällaiset mallit ovat hyvin yksinkertaisia, joiden avulla päästään tarkoituksenmukaisiin tuloksiin. Monesti tämänkaltainen tarkastelu antaa riittävän tarkan vastauksen kappaleen tai rakenteen kestävydestä. Nykypäivänä vähänkin monimutkaisempi rakenne tarkastellaan FEM-laskentaohjelmien avulla. (Ranta 1985, 77.)

4.6.2 Suunnitteluohjeet

Lujuuslaskennan avulla pyritään mitoituksessa ja raaka-aineiden valinnassa mahdollisimman optimaaliseen tulokseen. Kappaleelle tulee asettaa kuitenkin riittävä varmuuskerroin rikkoutumisen estämiseksi.

Raaka-ainetta valitessa tulee huomioida osan rasitusmuoto. Staattinen tai dynaaminen rasitus vaatii materiaalilta erilaisia ominaisuuksia, tämän vuoksi kuormitukset ja sisäiset jännitykset tulee verrata raaka-aineen lujuusominaisuuksien kanssa.

(Kleimola 1985, 29-30.)

4.7 Viimeistely

Viimeistely on suunnittelun viimeinen vaihe, jonka aikana tehdään työpiirustukset, valmistusohjeet ja käyttöohjeet valmiiksi. Viimeistään viimeistelyn aikana päätetään lopulliset raaka-aineet, mitoitukset, toleranssit, pintavaatimukset ja pintakäsittelyt. Monimutkaisista ja kalliista osista voidaan tehdä tarvittaessa pienoismalleja tai puumalleja tarkasteltavaksi, mutta edullisemmat osat voidaan valmistaa ilman ylimääräisiä välivaiheita. (Jokinen 1998, 96.)

Tuotekehitys ei tulisi koskaan päättyä koneen tai laitteen päätyessä tuotantoon. Kilpailukyvyn ja kehityksen kannalta myös tuotannossa olevia rakenteita tulisi jatkuvasti kehittää. Erilaiset tilastot asiakastyytyväsyydestä, kestävydestä, vikaherkkyydestä ja monesta muusta tekijästä kertovat tarkat suuntaviivat tuotekehityksen jatkotoimenpiteille. (Jokinen 1998, 99.)

5 3D MALLINTAMINEN SUUNNITTELUSSA

3D-mallintaminen suunnittelutapana on 2000-luvulla kasvanut merkittävimmäksi suunnittelutavaksi yrityksissä. 3D-mallinnusohjelmat ovat nykypäivänä selvästi tehokkaampia suunnittelutyökaluja kuin vanhemmat 2D-suunnitteluun suuntautuneet ohjelmistot. 3D-suunnittelun avulla pystytään hallita monimutkaisempia konstruktioita paljon aikaisempaa helpommin. (Tuhola & Viitanen 2008, 13.)

5.1 3D-mallintamisen vaiheet

Mallinnus tapahtuu seuraavia vaiheita mukailten:

Lähtötiedot

Suunnittelijalla on tavallisimmin lähtötiedot tai idea valmiista tuotteesta tai sen osasta, jonka avulla hän lähtee etenemään.

Esivalmistelu

Esivalmistelussa määritetään osan tai projektin lähtötiedot ja määrittelyt.

Mallinnus

Suunnittelija piirtää lähtötietojen tai idean perusteella sketsin, jonka avulla 3D-malli saa ensimmäisen muotonsa.

Sketsien avulla mallista muokataan valmis osamalli ja osamalleista rakennetaan kokoonpano.

Kokoonpanosta ja osamalleista laaditaan 2D-piirustukset tuotetietoineen ja osaluetteloineen. (Tuhola & Viitanen 2008, 19.)

Tämä vaiheluettelo määrittelee hyvin karkeasti 3D-mallinnuksen prosessin ideasta valmiiksi työpiirustukseksi. Varsinainen mallinnus on vain työkalu suunnittelijan ideoiden toteuttamiseksi. Itse mallinnusohjelma ei suunnittele, se vain mahdollistaa suunnitteluprosessin yhden oleellisen työvaiheen. (Tuhola & Viitanen 2008, 20.)

5.2 3D-mallista 2D-piirustukseksi

3D-mallit ovat nykypäivänä enimmäkseen suunnittelun apuna monimutkaisten konstruktioiden hallinnassa. 2D-piirustuksilla valmistetaan tarvittavat kappaleet, joten malleista tehdään lähes poikkeuksetta työpiirustukset. Työpiirustukset lähetetään valmistajalle tavallisimmin sähköisenä tiedostona. Sähköiset tiedostot joko tuloste-

taan tai syötetään oikeassa formaatissa suoraan työstökoneelle. Mallinnusohjelma kääntää 3D-malleista tarvittavat 2D-kuvainnot standardipiirustuksiksi, jonka jälkeen suunnittelija lisää niihin mitoituksen ja muut tarvittavat tiedot piirustusohjelmassa myöden. (Tuhola & Viitanen 2008, 55.)

Mallinnusohjelma sisältää tiedostoformaatin kääntäjiä tai sellaisen voi ostaa valmistajalta lisäoptiona. Tiedostoformaatin vaihtamalla voidaan piirustukset kääntää toisen valmistajan ohjelmaan tai suoraan työstökoneelle työstörajojen määrittämiseksi. Tämän vuoksi mallien tulee olla jokaiselta mitaltaan juuri sellainen kuin suunnittelija on määritellyt. Oikeaoppisen mallinnuksen avulla myös 2D-piirustuksissa esiintyvät muodot ovat halutunlaisia. Osan valmistajan tulee tässäkin tapauksessa huomioida piirustukseen määritellyt toleranssit, koska mitoitustieto on suunnittelijan lisäämää tietoutta piirustusviivojen ollessa tasamitoituksella. (Tuhola & Viitanen 2008, 137.)

6 KYLMÄPOTKULAITTEISTO

6.1 Käynnistäminen

6.2 Luonnostelu

6.2.1 Laukaisulaite

6.2.2 Vetolaite

6.2.3 Vetolaitteen kiinnityksen ratkaiseminen

6.2.4 Tumppihylsyn vioittumisen estäminen

6.2.5 Tarkastusteline

6.3 Kehittäminen

6.3.1 Laukaisulaite

6.3.2 Vetolaite

6.3.3 Vetolaitteen kiinnityksen ratkaiseminen

6.3.4 Tumppihylsyn vioittumisen estäminen

6.3.5 Tarkastusteline

6.4 Materiaalivalinnat ja pintakäsittely

6.4.1 Teräksien valinta ja pintakäsittely

6.4.2 Alumiinien valinta ja pintakäsittely

6.5 Mitoitus

6.6 Lujuuslaskenta

6.7 Viimeistely

7 YHTEENVETO

Tavoitteena oli suunnitella tehdaskäyttöön sopiva kylmäpotkulaitteisto. Laitteen suunnittelu onnistui minun ja tiimini mielestä hyvin. Laite täyttää kaikki sille asetetut toiminnot, joten tehtävä tuli täytettyä halutulla tavalla. Laitteistoja tilattiin heti useampi, jotta se saataisiin käyttöön kaikille kokoonpanopaikoilla.

Tärkeintä itselleni oli kuitenkin, että laitteen lopulliset käyttäjät eli asentajat olivat tyytyväisiä lopputulokseen. Sainkin heiltä kallisarvoisia vinkkejä työtä suunnitellessani. Osan suunnittelun tarkkuuteen ja ratkaisuihin vaikuttivat varmasti suunnittelun yhteys opinnäytetyöhöni. Jotkut kohdat saivat tämän johdosta erityistä huomiota viimeistään siinä vaiheessa, jolloin etsin ratkaisulleni eri kirjoista hyväksyttävää teoriapohjaa.

Työ oli opinnäytetyöksi paljon aikaa vievä suunnittelutehtävä. Useiden kymmenien osien ja kokoonpanojen suunnittelu valmiiksi piirustuksiksi ja valmistettaviksi osiksi vaati työssä eniten aikaa, jonka jälkeen kirjallisen työn tekeminen oli hyvien muistiinpanojen johdosta jo puoliksi tehty.

Jos aikaa olisi ollut vielä enemmän käytettävissä, olisin saattanut suunnitella laitteeseen automaattisen mittalaitteen vetoa varten, jolloin vetomatkan mittaamiseen ei tarvitsisi käyttää erillistä mittaa. Myös tarkastustelinettä käytettäessä kokoonpanoteelineen tukijalan päähän olisi voinut muotoilla erilaisen tuen, mutta sen muotoilu ja koko vaatii parempaa testausta nykyisillä laitteilla ennen suunnittelua.

Jatkossa laitteelle tehtävää kehitystyötä en pääse itse tekemään, koska kylmäpotkulaitteisto on viimeinen suunnittelemani erikoistyyökalu heitinjärjestelmiin liittyen siirtyessäni uusien haasteiden pariin Patria Land Systems Oy:n suunnittelijaksi ajoneuvopuolelle ”ajoneuvoversiot ja varustelu” -suunnitteluryhmään.

LÄHTEET

Patria Oyj [online] [viitattu 01.03.2011]
<http://www.patria.fi>

Kleimola, Matti; Niemi, Erkki; Ranta.1985. Koneenosien suunnittelu 1. Porvoo:
WSOY

Gerhard, Pahl & Wolfgang, Beitz. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Porvoo: Metallite-
ollisuuden kustannus Oy

Aaltonen, Kalevi; Ekman, Kalevi; Kamppari, Jorma; Kauppinen, Veijo; Kivivuori,
Seppo; Paro, Jukka & Vuorinen, Jouko. 1991. Työvälinetekniikka. Hämeenlinna:
Karisto Oy

Stén & Co Oy Ab [online] [viitattu 14.04.2011]
<http://www.sten.fi>

ThyssenKrupp Aerospace Finland [online] [viitattu 15.04.2011]
<http://www.thyssenkrupp.fi>

Pere, Aimo. 2004. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy

Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y., Metalliteollisuuden Standardisoimiskeskus.
1993. Standardi SFS-EN 22768-1. Helsinki

Jokinen, Tapani.1998. Tuotekehitys. Helsinki: Valopaino Oy
Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Tuhola, Esa & Viitanen, Kristiina. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuväli-
neenä.

Tuomaala, Jorma. 1995. Luova koneensuunnittelu.
Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy