



Mika Silvennoinen

TUOTEKORIN KEHITTÄMINEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2009

TUOTEKORIN KEHITTÄMINEN

Silvennoinen, Mika
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2009
Salonen, Markku
UDK: 621.774, 658.5
Sivumäärä: 31

Asiasanat: Cupori Oy, lujuuslaskenta, tuotekori, tuotekehitys

Tämä opinnäytetyön tavoitteena oli keventää työn toimeksiantajan liiketoiminnassa käytettävien tuotekoreja, jotka on tarkoitettu kupariputkikieppien siirtelyyn ja välivarastointiin. Tuotekoria on tarkoitus keventää, koska alkumittaa, josta kupariputkea aletaan muokata, on jouduttu nostamaan. Tästä johtuen toimeksiantajan kaikilla nostureilla ei voida enää nostaa kokonaispainosta aiheutuvaa kuormaa. Tuotekorin nykyisestä painosta oli tarkoitus vähentää viisikymmentä kiloa, jotta yrityksen jokaisella manipulaattorinosturilla voidaan nostaa korin ja kahden kupariputkikiepin kokonaiskuorma.

Työssä keskityttiin pääasiassa rakenteellisiin muutoksiin sekä materiaalivalintoihin. Lisäksi tutkittiin rakenteen kestävyys 3D- mallinnetun lujuuslaskennan pohjalta. Parannuksilla pyrittiin saavuttamaan mahdollisimman kevyt ja kuormitukset kestävä rakenne.

Opinnäytetyöhön sisällytettiin vielä muokatusta tuotekorista tehdyt Cad- piirustukset, jotta tuotekorien vaihtuvuuden vuoksi uusia tuotekoreja saataisiin mahdollisimman pian käyttöön.

Opinnäytetyöllä saavutettiin sille asetetut tavoitteet, koska lujuuslaskennan avulla saadut tulokset osoittivat, että tuotekorin keventäminen valituilla ratkaisumenetelmillä on mahdollista, eivätkä jännitykset ylitä sallittuja arvoja. Näiden tulosten avulla toimeksiantajalla on valmiudet ottaa kevyempi tuotekori käyttöön.

DEVELOPMENT OF PRODUCT CAGE

Silvennoinen, Mika

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2009

Salonen, Markku

UDC: 621.774, 658.5

Number of pages: 31

Key words: Cupori Ltd, strength calculation, product cage, product development

The objective of this thesis was to lighten the production cages used in the business operation of the commissioner for the transfer and intermediate storing of copper tube coils. These production cages need to be lightened because the original measurements for the starting of copper tube shaping have been changed. As a result, all the cranes of the commissioner are no longer able to lift the total weight of the load. In order to make all the cranes able to lift the combined weight of the cage and two copper tube coils, the aim was to lighten the current weight of the cage by 50 kilos.

The focus in this thesis was mainly on structural changes and material choices. In addition, the durability of the structure was examined on the basis of 3D- modeled strength calculations. With these improvements, the structure of the production cage was aimed to be made as light and load resistant as possible.

In order to introduce these remodeled production cages in business operation as soon as possible, new technical CAD-drawings of the production cage were included in this thesis.

It can be stated that this thesis reached its objectives because the results obtained with strength calculation showed that it is possible to lighten the production cages with the chosen methods, without stresses exceeding the permissible values. With the help of the results attained in this thesis, the commissioner can start using these lighter production cages.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYESITTELY	7
2.1	Cupori Oy	7
2.2	Tuotteet	7
2.2.1	Vesijohtoputket	7
2.2.2	Teollisuusputket	8
2.2.3	Erikoisasennusputket.....	9
3	KUPARIPUTKEN VALMISTUSPROSESSI	10
3.1	Raaka-aine tuotanto	10
3.2	Valmistuslinja 2	11
3.3	Valmistuslinja 3	11
4	LUJUUSLASKENTA	13
4.1	Rakenteen kuormituslajit	13
4.2	Varmuusluku.....	13
5	TUOTEKEHITYS.....	14
5.1	Kehittelyn työaskeleet.....	14
5.2	Rakennemuotoilun ohjelista	16
5.3	Rakennemuotoilun pääsäännöt	18
5.4	Rakenteiden muotoiluohjeet	19
5.4.1	Korroosion huomioonottaminen	19
5.4.2	Ergonomian huomioonottaminen.....	19
5.4.3	Teollisen muotoilun huomioonottaminen	20
5.4.4	Valmistuksen huomioonottaminen.....	20
5.5	Vaatimuslista	21
6	TUOTEKORIN KEHITTÄMINEN.....	21
6.1	Toteutus suunnitelma.....	21
6.2	Tuotekorin vaatimuslista.....	22
6.3	Tuotekoriin vaikuttavat kuormitukset.....	22
6.4	Kuormitusten vaikutus käytössä olevaan tuotekoriin	23
6.4.1	Nykyisen tuotekorin jännitys varastointipaikalla.....	24
6.4.2	Nykyisen tuotekorin jännitys nostettaessa	25
6.5	Tuotekoriin tehtävät muutokset	25
6.6	Kuormitusten vaikutus uuteen tuotekoriin.....	27

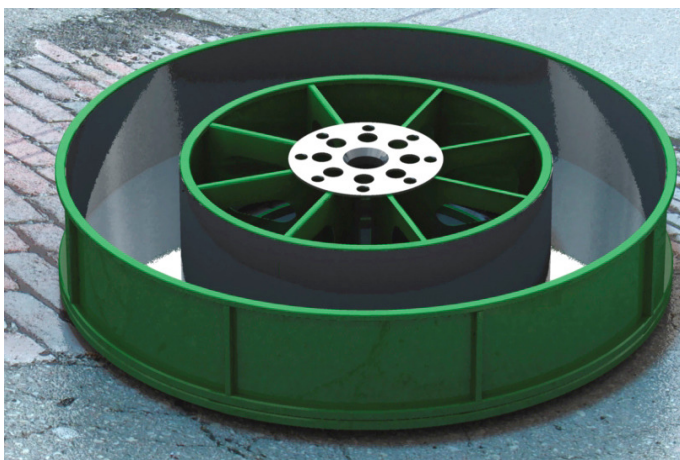
7 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	30
LIITELUETTELO	

1 JOHDANTO

Tämän tutkimustyön, ”Tuotekorin kehittäminen”, tarkoituksena selvitettiin työn toimeksiantajan Cupori Oy:n toivomuksesta kupariputkien valmistuksessa käytettävien tuotekorien jännityksien suuruudet ja niiden sijainnit tuotekorin eri kohdissa silloin, kun se on maksimaalisilla kuormituksilla rasitettu.

Tavoitteeksi asetettiin myös keventää tuotekoria siten, että korin sekä kahden kupariputkikiiepin kokonaispaino jää alle 1600 kg:n. Kupariputkien tuotannon lisäämiseksi on kupariahion, josta putkien muokkaus alkaa, alkumittaa kasvatettu. Tämän vuoksi kaikilla yrityksen manipulaattorinostureilla ei enää voida nostaa tuotekorissa samanaikaisesti kahta putkikiieppiä. Kahden kiepin nostaminen yhdessä tuotekorissa lisää tuotannon tehokkuutta huomattavasti.

Lähtökohtana tuotekorin kehittämislle oli suorittaa tarvittavat lujuustarkastelut, koska nykyisestä käytössä olevasta tuotekorista (kuva 1) ei sellaisia ollut tehty. Muokatusta tuotekorista laaditaan vaadittavat Cad- piirustukset, joita yritys voi käyttää uusien tuotekorien valmistuksessa. Tuotekori mallinnetaan Solidworks- ja lujuustarkastelut tehdään Cosmos -ohjelman avulla. Tuotekoreja on Cupori Oy:ssä noin 150 kappaletta ja niitä uusitaan noin seitsemän kappaletta vuosittain. Koreja käytetään lähinnä putkikiieppien siirtelyyn ja tilapäisvarastointiin kupariputken valmistuksen eri tuotantovaiheissa.



Kuva 1. Käytössä oleva tuotekori.

2 YRITYESITTELY

2.1 Cupori Oy

Opinnäytetyön tilaajana toimi Cupori Oy. Cupori Group Oy on vuonna 2008 perustettu uusi yritys, jolla on vahvat perinteet kupariputkien valmistuksessa. Ennen kesää 2008 liiketoiminta on ollut osa Outokumpu- konsernia. Cupori Group Oy:öön kuuluu Porissa sijaitseva Cupori Oy, Ruotsissa toimiva Cupori AB sekä Italiassa toimiva Cupori Srl.

Cupori Oy on johtava kuparisten LV- asennusputkien toimittaja Pohjoismaissa sekä yksi johtavista kuparisten teollisuusputkien toimittajista Euroopassa. Liikevaihto vuonna 2008 oli 200 miljoonaa euroa. Henkilöstöä on noin 400, joista Suomessa on 250. Asiakkaita yrityksellä on yhteensä 30 eri maasta. /1/

2.2 Tuotteet

2.2.1 Vesijohtoputket

Vesijohtoputkia voidaan käyttää esimerkiksi veden, kaasujen, kylmä tai kuuman siirtämiseen rakennusteollisuudessa. Näitä putkia voidaan kutsua myös lämpö- ja vesijohtoputkiksi. Nämä putket kuuluvat Cupori 100 tuoteryhmään.

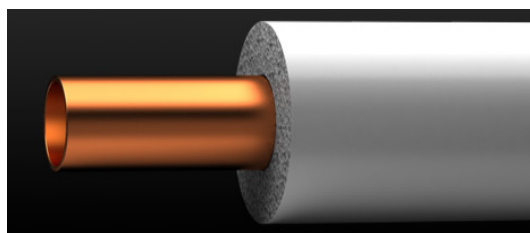
Lämpö- ja vesijohtoputkia toimitetaan suorina määrämittäisinä putkina sekä pieninä kieppeinä, ja kyseessä ovat yleensä markkina-alueittain standardoidut putkimitat.

Yrityksen brandattuja tuotteita ovat Premium, White, Chrome (kuva 2), Fincu, Plus Prisol (kuva 3) ja Therm. Premium on korroosiosuojattu, kirkas kupariputki ja se soveltuu erityisesti vesijohto-, lämmitys- ja jäähdytysputkeksi. White on valkoiseksi

polttomaalattu kupariputki, joka on suunniteltu pinta-asennuksiin, erityisesti radiaattori- ja hanaliitoksiin. Chrome-putken käyttötarkoitus on sama kuin White-putkella, mutta pinta on päällystetty 3-arvoisella kromilla. Fincu-putki on sen sijaan päällystetty valkoisella vuotovesisuojaalla ja se on tarkoitettu kaikkiin putkistoihin. Plus Prisol on vaalean harmaalla lämpöeristeellä ja höyrösululla varustettu kupariputki, jonka käyttötarkoituksena on vähentää ääntä, kondensoitumista ja lämpöhukkaa kaikissa putkistoissa. Therm-kupariputki on päällystetty vuotovesisuojaalla ja se on erityisesti suunniteltu lattialämmitysjärjestelmiin. /2,3/



Kuva 2. Chrome-putki



Kuva 3. Plus Prisol-putki

2.2.2 Teollisuusputket

Teollisuusputket muodostavat suurimman osan yrityksen tuotteista. Tuoteryhmä tunnetaan Cupori 400 nimellä.



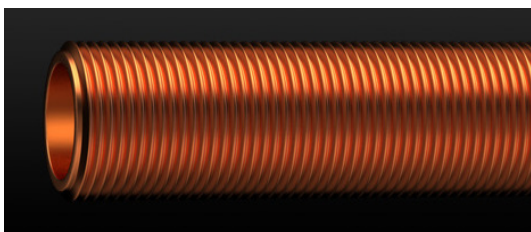
Kuva 4. Automaattilinjoilla käytettävä puolaputki.

Kuvassa 4 esitetyt puolaputket ovat 90–360 kg kokoisia puolia, joita käytetään lähinnä teollisuuden automaattilinjoilla. Suurimpia käyttökohteita ovat ilmastointilaitteet. Kuparin lämmönsiirto-ominaisuudet ovat erittäin hyvät ja sen vuoksi kupariputkia

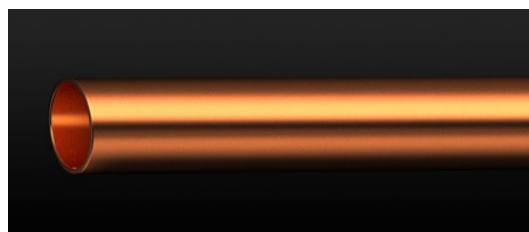
käytetään todella laajasti erilaisissa kylmäkoneissa. Myös telekommunikaatioteollisuus käyttää kaapeleissaan hapetonta kuparia sen sähkönjohtokyvyn ansiosta. Puola-putkia valmistetaan sileänä sekä rihlattuna. Ulkohalkaisija vaihtelee 4-22 mm:n välillä.

Teollisuusputket ovat asiakkaan omien spesifikaatioiden sekä EN-standardien mukaisesti valmistettuja kupariputkia, joten lähes jokainen tilaus on asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöity. Teollisuusputkikohteissa hyödynnetään usein kuparin hyviä erikoisominaisuuksia. Käyttökohteita on lukematon määrä veden läpijuoksukuumentimista liittimiin ja vesihanojen liitinputkista suihkutankoihin. Ulkohalkaisijat suorissa putkissa vaihtelevat 4-110 mm:n välillä, kun taas kiepeissä vaihtelevuus on 4-22 mm.

Teollisuusputkia ovat myös ripaputket (kuva 5), jotka ovat ulkopuolelta rivattuja valssattuja putkia. Rivin korkeus on joko matala, medium tai korkea. Tällaisia putkia käytetään lämmönvaihtimissa ja lämminvesivaraajissa. Cupori valmistaa myös kuvassa 6 esitettyjä ovaaliputkia, jotka ovat sanan mukaisessa merkityksessä ovaalin muotoisia ja niitä käytetään kaasulämmittimissä. /2,3/



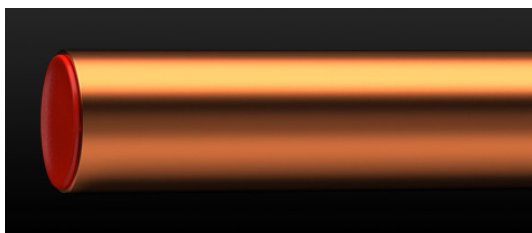
Kuva 5. Ripaputki.



Kuva 6. Ovaaliputki.

2.2.3 Erikoisasennusputket

Erikoisasennusputkiksi voidaan listata Frigo (kuva 7) ja Medical. Frigo-putkea käytetään jäädytys- ja lauhdutusteollisuudessa ja sen sisäpinta on puhdas ja sileä. Frigo-putket toimitetaan aina tulpattuina. Medical-putki on suunniteltu sairaalateknologiaan, joten sen sisäpinta on oltava erityisen puhdas. Tämä putki toimitetaan kuten Frigo eli tulpattuna. Erikoisasennusputket kuuluvat Cupori 200/300 tuoteryhmään. /2,3/



Kuva 7. Frigo-putki

3 KUPARIPUTKEN VALMISTUSPROSESSI

3.1 Raaka-aine tuotanto

Tuotanto alkaa puristimelta, jossa valimosta tulleet kuparipötkyt sahataan noin 420 kg:n painoisiksi aihioiksi. Aihiot hehkutetaan ja sen jälkeen puristetaan yleisimmin alkumittaan, jossa putken ulkohalkaisija on 84 mm ja sisähalkaisija 61 mm. Aihioita puristetaan toisinaan myös 69,7/61 mm:n mittaan.

Seuraavassa vaiheessa putki valssataan mittaan 45/40 mm. Vaihtoehtoisesti 69,7/61 mm puristemittaa voidaan joko jatkaa vetämällä sitä Bull-Block-kelalla tai pelkätään sahaamalla, jolloin putki menee alkumitaksi vetopenkille. Sahauspituudet vaihtelevat vetopenkin osalta neljästä kymmeneen metriin.

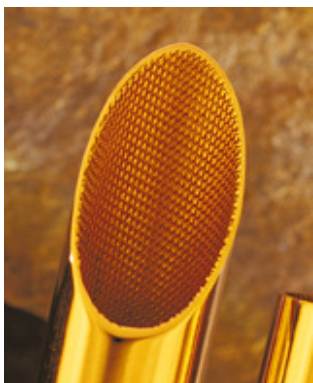
Putket jatkavat matkaa valmistuslinjoille kaksi ja kolme. Kelalta putki lähtee jatkojalostukseen kun ulkohalkaisija on joko 38 tai 32 mm. Pääsääntöisesti ulkohalkaisija on 32 mm, mutta tiettyjen mittojen kohdalla on käytettävä 38 mm:n putkea. /2,4/

3.2 Valmistuslinja 2

Valmistuslinjasta kaksi käytetään myös nimitystä puolalinja. Tuotteet ovat useita satoja metrejä pitkiä puolattuja putkia. Puolaputkia on kahdenlaisia, joko sileitä tai rihlattuja. Puoliin tehtävän rihlan tarkoituksena on kasvattaa sisäpinta-alaa, jonka avulla putken lämmönsiirtoa saadaan tehokkaammaksi. Puolaputket toimitetaan asiakkaille hehkutettuna eli pehmeänä putkena.

Valmistuslinjalle kaksi tulevan putken alkumitta on normaalisti ulkohalkaisijaltaan 32 mm. Puolalinjalla on käytössä neljä Spinner-vetokelaa, jotka ohentavat putket asiakkaiden vaatimuksien mukaisiksi. Vetokeloilta ulkomitoiltaan valmiit putkikiepit menevät puolauskoneille. Puolauskoneilla putkille tehdään pyörrevirtatarkastus ja ne puhdistetaan ylimääräisistä vetorasvoista. Puolauskoneet vetävät putken puolalle asiakkaan määräämään mittaa, joka vaihtelee 500 metristä aina 2,9 kilometriin asti.

Kuvassa 8 on kuvattu rihlattua putkea, jota tehdään samoin kuin puolattuja putkia, mutta vetokelan jälkeen tuote ohjataan hehkutuksen kautta rihlauskoneelle. Hehkutus tapahtuu induktiouunin avulla, jolloin korissa oleva putki ohjataan uunin läpi. /2,4/



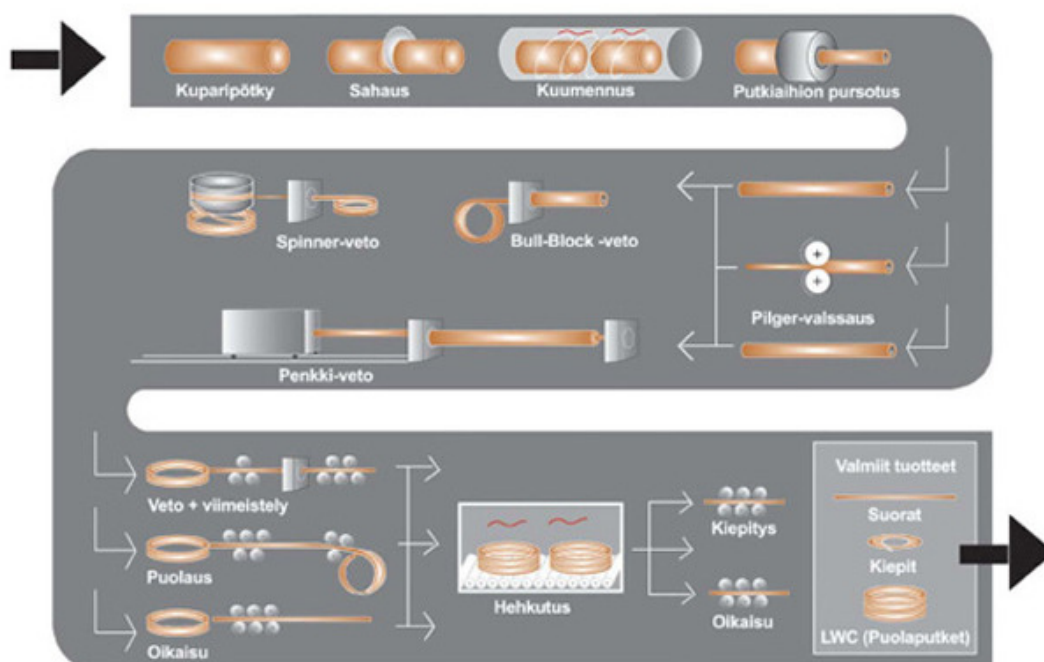
Kuva 8. Rihlattu putki.

3.3 Valmistuslinja 3

Valmistuslinja kolme voidaan jakaa karkeasti kahteen eri osaan, vesijohtoputkiin ja teollisuusputkiin. Pääsääntöisesti vesijohtoputkia valmistavaa linjan osaa kutsutaan

valmistuslinja 3 eteläksi tai vesijohtolinjaksi. Valmistuslinjalla vedetään putket valmiiseen mittaan siten, että ensimmäinen kela aloittaa vetämisen suoraan puristeputkesta. Eteläpäässä on kaksi Spinner-kelaa ja yksi Bull-Block-kela. Bull-block-kela vetää ensimmäisen vedon, jonka jälkeen kupariputkikiepit siirtyvät kuljetinta pitkin Spinner-keloille. Kelojen jälkeen vesijohtolinjalla on puolikovalinja, jossa putket vedetään lopullisiin, asiakkaan toleranssit täyttäviin mittoihin. /2,4/

Kuvassa 9 on havainnollistettu kupariputken eri valmistusvaiheet Cupori Oy:ssä. Kuvan yläreunassa on kuvattu raaka-ainelinja, josta aihiot lähtevät muokkaukseen valmistuslinjoille kaksi ja kolme.



Kuva 9. Tuotantokaavio Cupori Oy:ssä.

4 LUJUUSLASKENTA

Laitteelta edellytetään tiettyä käyttöikää, joka riippuu olennaisesti sen käyttötarkoituksesta. Oletetun käyttö- tai kestoiän aikana saattaa kuitenkin tapahtua sellaista, joka tekee laitteen toiminnan mahdottomaksi tai ainakin vaikeuttaa sitä huomattavasti.

Kun rakenne ei enää pysty toimimaan käyttötarkoituksensa mukaan, sanotaan sen vaurioituneen tai rikkoutuneen. Vaurio ei siis rajoitu pelkästään murtumisvaurioihin vaan se voi olla laitteen rakenteessa mikä tahansa tarpeeksi suuri muutos, joka estää sen normaalin toiminnan. Lujuuslaskelmien avulla pyritään ennakoimaan rakenteen mekaanista käyttäytymistä tietyn kuormitustilanteen vaikuttaessa.

Mahdollisuudet rakenteiden lujuusopillisiin analyyseihin ovat parantuneet muutaman viime vuosikymmenen aikana. Tietokoneet ja niiden kehitys ovat aikaansaaneet tämän muutoksen. /5/

4.1 Rakenteen kuormituslajit

Yksinkertaisimpiin lujuusopillisiin laskentamalleihin päädytään, jos rakenteen kuormitus on staattista. Staattista laskentatapaa voidaan monesti soveltaa vaikka kuormitus ei ole täysin vakio.

Kuormituksia luokitellaan perinteisesti seuraavasti. Kuormitusta voi olla kolmea erityyppiä; staattista, tykyttävää ja vaihtuvaa. Tuotekorin kaikki kuormitustilanteet voidaan luokitella staattiseksi kuormitukseksi. /5/

4.2 Varmuusluku

Varmuusluvulla pyritään huomioimaan kaikki epävarmuustekijät. Tällaisia ovat muun muassa materiaaliominaisuuksien vaihtelut, kuormitusolosuhteiden epävarmuudet, ympäristöolosuhteet, kuluminen ja valmistustarkkuus.

Varmuusluku lasketaan kaavasta 1, jossa materiaalin myötölujuus jaetaan materiaaliin kohdistuvalla maksimijännityksellä. Esimerkiksi jos materiaalille S355 kohdistuu 100 MPa jännitys, on siinä varmuuskerroin myötölujuuden suhteen 3,5.

$$n := \frac{\sigma_{\text{kriittinen}}}{\sigma_{\text{vertailu}}} \quad (1)$$

Varmuuslukulaskennan tuloksien tarkkuus riippuu ensisijaisesti rakenteeseen vaikuttavien tekijöiden tarkkuudesta. Varmuusluvun minimiarvolle on vaikea antaa yleistä sääntöä, koska se riippuu käsiteltävästä tapauksesta. /5/

5 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitys on prosessi yrityksessä, jonka avulla on tarkoitus saada markkinoille uusia tuotteita tai parannuksia nykyisiin tuotteisiin. Sillä tarkoitetaan myös tutkimustulosten ja kokemusten kautta saadun tiedon käyttämistä menetelmien ja järjestelmien parantamiseksi.

Kehittely on se konstruktioinnin vaihe, jossa teknisen tuotteen rakenne kehitetään vaikutusrakenteesta tai periaatteellisesta ratkaisusta lähtien teknisten ja taloudellisten näkökohtien mukaan yksikäsitteiseksi ja täydelliseksi. /6/

5.1 Kehittelyn työaskeleet

Pääpaino tuotekehittelyssä on konkreettisesti rakennemuotoilussa, joka vaatii otta-
maan huomioon materiaalien ja valmistusmenetelmien valinnan, päämittojen vahvis-
tamisen ja kolmiulotteisten yhteensopivuuksien tutkimisen. Lisäksi ratkaisua on täy-
dennettävä esiin tulleiden sivutoimintojen osaratkaisuilla. Monessa tapauksessa on

tarpeellista tehdä useampia kehitelmiä tai osakehitelmiä tyydyttävään lopputulokseen pääsemiseksi.

1. Ensimmäisessä askeleessa sen jälkeen, kun vaikutusrakenne ja luonnos ovat tiedossa, otetaan vaatimuslistasta käsittelyyn vaatimukset, jotka oleellisesti määräävät rakennemuotoa. Tällaisia vaatimuksia ovat esimerkiksi mittoja, järjestelyä ja työaineiksi määräävät vaatimukset.
2. Toisessa vaiheessa selvitetään kehittelyn rakennemuotoilua määräävät tai rajoittavat reunaehdot; Esimerkiksi voiko tuotekorin reunojen korkeuksia muuttaa tilavuuden suurentamiseksi.
3. Reunaehtojen selvittämisen jälkeen alustavilla materiaalivalinnoilla kehitellään ja karkeasti hahmotellaan kokoonpanorakenne, jossa on otettava huomioon kokonaisuotoilua määräävät päätoiminnon toteuttimet.
4. Seuraavassa vaiheessa rakennemuotoilua määrävien päätoimintojen toteuttimien muoto ja materiaali on alustavasti suunniteltava. Toisin sanoen, on siis vastattava kysymyksiin takaavatko valitut muodot, mitat ja materiaalit esiintyvällä kuormituksella sovittuna käyttöaikana:
 - riittävän kestävyuden
 - riittävän jäykkyyden
 - riittävän vakavuuden
 - riittävän vähäisen korroosion ja kulumisen?
5. Valitaan yksi tai useampi kehitelmä jatkokehittelyyn.
6. Seuraavaksi hahmotellaan karkeasti ne päätoiminnon toteuttimet, jotka eivät vielä tähän mennessä ole määränneet rakennemuotoilua.
7. Hahmottelun jälkeen todetaan tarpeelliset sivutoiminnot ja käytetään hyväksi tunnettuja ratkaisuja. Mikäli tämä ei ole mahdollista, etsitään ratkaisuja käyttäen lyhennettyä menettelytapaa.

8. Seuraavassa vaiheessa päätoiminnon toteuttimet hienomuotoillaan rakennemuotoilusääntöjen mukaan huomioiden standardit, tarkistuslaskelmat ja koetulokset.
9. Sivutoiminnon toteuttimet hienomuotoillaan seuraavassa vaiheessa ja tarvittaessa viimeistellään päätoiminnon toteuttajien muotoilu. Lopuksi esitetään kaikki toiminnon toteuttimet yhdistettyinä.
10. Hienomuotoiluvaihteen jälkeen suoritetaan pistearviointi teknisten ja taloudellisten kriteerien mukaan.
11. Alustava kokonaiskehitelmiä vahvistetaan edellisen vaiheen jälkeen. Tässä kohtaa täydellinen kokoonpanorakenne on oltava valmiina.
12. Seuraavaksi poistetaan pistearvioinnissa esiin tulleet heikkoudet ja käytetään sopivia osaratkaisuja tai rakennekohtia aikaisemmin hylätyistä muunnelmista. Valittu kehitelmä optimoidaan ja muotoillaan lopullisesti tarvittaessa käymällä vielä läpi edellä kuvatut työaskeleet.
13. Tässä vaiheessa tarkistetaan kehitelmän virheet ja häiriösuurevaikutukset toimintoon.
14. Viimeistä edellisessä tuotekehittelyn vaiheessa lopullinen kokonaiskehitelmiä täydennetään alustavilla osaluetteloilla sekä valmistus- ja asennusohjeilla.
15. Lopuksi lopullinen kokonaiskehitelmiä vahvistetaan ja luovutetaan viimeistelyyn. /6,7/

5.2 Rakennemuotoilun ohjelista

Rakennemuotoilussa toiminto yritetään aina ensiksi toteuttaa peruskonstruktion ja materiaalin valinnalla. Tämä tehdään usein esipiirroksen avulla, jossa voidaan esittää

mittakaavaiset hahmottelut ja arvioida karkeasti kolmiulotteiset yhteensopivuudet. Jatkossa tärkeämpiä ovat turvallisuuden, ergonomian, valmistuksen, kokoonpanon, kunnossapidon ja kustannusten näkökulmat.

Taulukko 1. Rakennemuotoilun päätunnusmerkkien ohjelista. /6, s. 183/

Pätunnusmerkki	Esimerkkejä
Toiminto	Toteutuuko tarkoitettu toiminto? Mitä sivutoimintoja tarvitaan?
Vaikutusperiaate	Tuottavatko valitut vaikutusperiaatteet toivotun vaikutuksen, hyötysuhteen ja hyödyn? Mitä häiriöitä periaatteesta voi seurata?
Peruskonstruktio	Takaavatko valitut muodot ja mitat sekä työainekset esiintyvällä kuormituksella sovittuna käyttöaikana: riittävän kestävyuden sallitun muodonmuutoksen riittävän vakauden riittävän resonanssittomuuden esteettömän laajentumisen
Turvallisuus	hyväksyttävän korroosio- ja kulumiskäyttämisen Ovatko käyttövarmuuteen sekä työ- ja ympäristöturvallisuuteen vaikuttavat tekijät huomioonotetut?
Ergonomia	Ovatko ihminen-kone-suhteet huomioonotetut? Onko kuormitus, rasittuminen ja väsyminen otettu huomioon? Onko hyvä teollinen muotoilu otettu huomioon?
Valmistus	Ovatko teknologiset ja taloudelliset valmistusnäkökohdat huomioonotetut?
Tarkastus	Ovatko tarpeelliset tarkastukset valmistuksen aikana ja sen jälkeen tai jonain muuna tarvittavana ajankohtana mahdollisia ja sellaisina aiheellisia?
Asennus	Voidaanko kaikki työpajassa tai sen ulkopuolella tapahtuvat asennukset tehdä yksinkertaisesti ja yksikäsitteisesti?
Kuljetus	Onko kaikkien työpajassa ja sen ulkopuolella tapahtuvien kuljetusten edellytykset ja riskit harkittu ja otettu huomioon?
Käyttö	Onko kaikki sellaiset käytössä esiintyvät ilmiöt ja seikat kuin melu, värinä ja tuotteen käsittely otettu riittävästi huomioon?
Kunnossapito	Ovatko huoltoa, tarkastusta ja kunnossapitoa varten tarpeelliset toimenpiteet varmalla tavalla suoritettavissa ja kontrolloitavissa?
Kierrätys	Onko jälleenkäyttö tai -hyödyntäminen tehty mahdolliseksi?
Kustannukset	Onko pysytty annetuissa kustannusrajoissa? Syntykö ylimääräisiä käyttö- ja sivukustannuksia?
Määräajat	Voidaanko pysyä määräajoissa? Löytykö rakennemuotoilumahdollisuuksia, joilla voitaisiin parantaa määräaikatilannetta?

Eri näkökohtien keskinäisestä riippuvuudesta huolimatta voidaan yleisestä tavoitteenasettelusta ja yleisistä ehdoista johtaa tärkeitä tunnusmerkkejä taulukossa 1 esitellyllä tavalla. Tunnusmerkit on laadittu sekä työvaiheen etenemis- että tarkistusaske-

lissa tarkoituksenmukaisen työjärjestyksen mukaan. Tunnukset toimivat virikkeinä mutta ne muistuttavat myös ettei mikään tärkeä ole unohtunut rakennemuotoilussa.

Päätunnusten huomioiminen auttaa tekemään rakennemuotoilun ja sen tarkistuksen työtä säästävällä tavalla; Seuraavaan näkökohtaan ei pitäisi paneutua ennen kuin edellinen on perusteellisesti käsitelty ja tarkastettu. /6/

5.3 Rakennemuotoilun pääsäännöt

Rakennemuotoilun pääsääntöjen huomiotta jättäminen johtaa suurempiin tai pienempiin haittoihin, virheisiin, vahinkoihin ja jopa onnettomuuksiin. Rakennemuotoilun pääsääntöjä voidaan pitää perustana jokaiselle kehittelyn työaskeleelle.

Yksikäsitteinen, yksinkertainen ja turvallinen ovat rakennemuotoilun pääsääntöjä. Ne voidaan johtaa yleisistä tavoitteen asetteluista, joita ovat teknisen toiminnon toteuttaminen, taloudellinen toteuttaminen sekä ihmisen ja ympäristön turvallisuus.

Monissa tapauksissa voidaan säästää myös aikaa ja laajoja tutkimuksia, sillä yksikäsitteisyyden huomioonottaminen auttaa vaikutuksen ja käyttäytymisen luotettavaa ennakkointia.

Yksikertaisuus varmistaa ratkaisun taloudellisuuden, sillä yksinkertaiset rakennemuodot ja osien pieni lukumäärä helpottavat nopeaa ja kunnollista valmistusta.

Turvallisuuden vaatimus pakottaa käsittelemään kestävyuden, luotettavuuden, tapaturmariskittömyyden sekä ympäristön suojele kysymyksiä. /6/

5.4 Rakenteiden muotoiluohjeet

Yleisistä tavoitteista johdettujen pääsääntöjen (yksikäsitteinen, yksinkertainen ja turvallinen) ohella rakennemuotoilun suuntaviivat voidaan johtaa rakennemuotoilun ohjelistan (taulukko 1) avulla.

Muotoiluohjeet auttavat ottamaan huomioon alkuehdot ja erityisesti ohjeet täydentävät rakennemuotoilun pääsääntöjä. /6/

5.4.1 Korroosion huomioonottaminen

On monia tapauksia, joissa korroosioilmiötä ei voida välttää vaan ainoastaan lieventää. Korroosiota kestäviä aineita, kuten ruostumattomia tai haponkestäviä teräksiä, ei aina voida taloudellisten syiden takia käyttää, minkä vuoksi on toisinaan turvauduttava tarkoituksenmukaiseen muotoiluun. Se puolestaan merkitsee kehitystä korroosiolta suojatulta muodolta korroosiota sietävään muotoon. /6/

Tuotekorin käyttöolosuhteet ovat korroosiota ehkäisevät; Tuotekoreihin tippuu aika ajoin vedon yhteydessä käytettävää öljyä, joka suojaa teräsrakennetta korroosiolta. Kuparikiepit eivät saa olla missään tekemisissä veden kanssa, jotta ne eivät hapettuisi. Tästä johtuu, että kieppejä kuljettavat tuotekorit ovat suojassa kosteudesta aiheutuvasta korroosiosta.

5.4.2 Ergonomian huomioonottaminen

Ergonomia lähtee ihmisen ominaisuuksista, kyvyistä ja tarpeista ja se käsittelee ihmisen ja tuotteen välisiä suhteita. Ergonomian ja rakennemuotoilun avulla voidaan sovittaa tuote ihmiselle sopivaksi, mutta myös henkilövalinnoilla ja opetuksella on suuri merkitys tuotteen sopivuudessa henkilölle. /6/

Tuotekorin ergonomia on veto- ja viimeistelykoneilla tärkeimmässä osassa. Vetokeiloilla ennen vedon aloittamista putken pää puristetaan hydraulisen puristimen avulla, jotta se saadaan mahtumaan vetorenkaan läpi. Ennen puristusta putki täytyy kuitenkin nostaa korista, mikä täytyy huomioida koria uudelleen suunniteltaessa.

5.4.3 Teollisen muotoilun huomioonottaminen

Tuotteiden ei pidä vain täyttää vaadittuja toimintoja, vaan niiden tulee olla myös miellyttäviä. Ulkomuodon pitäisi noudattaa tiettyjä sääntöjä, kuten esimerkiksi olla täyteläinen, selväpiirteinen, yksinkertainen ja ottaa huomioon työaines sekä valmistustapa. Muoto voi tällöin antaa enemmän staattisen eli lepäävän, kevyemmän, enemmän leijuvan tai liikkeessä olevan vaikutelman.

Luonnollisesti toiminnallisten vaatimusten pitää aina toteutua, mutta on huomioitava myös turvallisuuden, käytön sekä taloudellisuuden näkökohdat, koska tavoitteena on luoda ihmisistä miellyttävä tuote. Tällaisella tavoitteenasettelulla teollinen muotoilu liikkuu tekniikan ja taiteen välimaastossa. Siinä pitää ottaa huomioon samalla tavalla niin ergonomiset, turvallisuuden kuin käytönkin näkökohdat. Teollisella muotoilulla on lisäksi tavoitteena parantaa yrityksen imagoa sekä korostaa tuotteen yksilöllisyyttä. /6/

Tuotekorien muotoilu on rajatuissa määrin sallittavissa, sillä korin reunaehdot määräävät tuotekorien mittoja. Näin ollen muotoilun mahdollisilla muutoksilla pyritään parantamaan työntekijöiden viihtyvyyttä työpisteillään. Samalla yrityksen imago saadaan nostettua, sillä uuteen tuotteeseen investoiminen kohottaa imagoa niin työntekijöiden kuin vierailijoidenkin silmissä.

5.4.4 Valmistuksen huomioonottaminen

Valmistuksen huomioonottava rakennemuotoilu pyrkii rakentavilla keinoilla minimoimaan muun muassa valmistuskustannuksia ja -aikoja.

Valmistusmyönteistä muotoilua helpottaa, jos mahdollisimman aikaisessa konstruktiovaiheessa suunnittelijan ratkaisujen tukena olisi yhteistyö ja informaationvaihto standarditoimiston, työnsuunnittelun ja ennakkolaskennan, osto-osaston sekä asianomaisen valmistuspaikan kanssa. Noudattamalla yksinkertaisuuden ja yksikäsitteisyyden pääsääntöjä lopputuloksena saadaan valmistusystävällinen muotoilu. /6/

5.5 Vaatimuslista

Vaatimuslistan oleellisena tehtävänä on tunnistaa, ymmärtää ja tulkita tuotteeseen kohdistuvat vaatimukset. Vaatimustyyppjä on kolme; vähimmäisvaatimus, kiinteävaatimus ja toivomus. Vähimmäisvaatimukset ovat vaatimuksia, joiden reilu ylittäminen on suotavaa, kiinteävaatimus sen sijaan on vaatimus, joka on pystyttävä täyttämään tilanteessa kuin tilanteessa. Kolmas vaatimustyyppi, toivomus, huomioidaan mahdollisuuksien mukaan. Toivomukset siis eivät aina toteudu.

6 TUOTEKORIN KEHITTÄMINEN

6.1 Toteutussuunnitelma

Nykyinen tuotekori (kuva 1) on mallinnettu SolidWorks- ohjelmalla Cad- piirustusten pohjalta. Vanhimmat Cupori Oy:ltä saadut piirustukset ovat 1980- luvun alkupuolelta, joten tuotekehitystä ei kyseessä olevalle tuotteelle ole juurikaan tehty. Myöskään lujuuslaskelmia ei ole tehty saati materiaalia säästelty. Nykyistä käytössä olevaa tuotekoria suunniteltaessa on se suunniteltu kestämään käyttötarkoituksessaan suuriakin kuormituksia. Materiaaleina on käytetty Fe 52 D ja Fe 37 B teräksiä. Teräksien merkinnät ovat vaihtuneet vuosien saatossa, joten edellä mainitut teräkset ovat tänä päivänä S355 ja S235 teräksiä.

Korin paino on tällä hetkellä 900 kg, mistä on tavoitteena vähentää noin 50 kg, jotta tehtävänanto tulisi täytettyä. Tuotekorien kestävyyttä tarkastellaan Cosmos- ohjelmaa käyttäen. Vertailun vuoksi lasketaan kestävyys sekä nykyiselle käytössä olevalle korille että uudelle tuotekorille.

Tuotekoreja rikkoutuu vuosittain seitsemän kappaletta muun muassa törmäysten, putoamisten ja kulumisen vuoksi.

6.2 Tuotekorin vaatimuslista

Tuotekori, jossa kupariputkikieppejä siirretään ja varastoidaan, on halkaisijaltaan 3050 mm ja korkeudeltaan 610 mm. Kyseiset mitat toimivat myös reunaehtoina korin muuntelua ajatellen sillä koneet, joissa tuotekoreja käytetään, ovat mitoitettu kyseessä olevan suuruusille koreille.

Tuotekorin kiinteitä vaatimuksia ovat:

- kestettävä siihen kohdistuvat kuormitukset
- päämitat oltava entiset
- turvallinen

Tuotekorin vähimmäisvaatimus:

- korin ja kahden putkikiepin paino oltava alle 1600 kg

Toivomuksia ovat:

- halvemmat valmistuskustannukset
- muotoilu 2000- luvulle

6.3 Tuotekoriin vaikuttavat kuormitukset

Suurin tuotekoreihin vaikuttava kuormitus kohdistuu niihin tuotekorien ollessa varastopaikoillaan, jonne niitä pinotaan enintään kuusi kappaletta päällekkäin. Tilanne on

kuvattu kuvassa 10. Tällöin suurin kuormitus kohdistuu alimpaan koriin noin 100 kN voimalla. Kyseinen voima on määritetty kokonaispainon avulla, joka saadaan viiden tyhjän korin sekä kahdentoista täyden kiepin summasta. Tyhjä kori painaa 900 kg ja täysi kieppi painaa 380 kg. Näin ollen kokonaispainoksi saadaan 9 540 kg.

Tuotekorien siirtäminen tapahtuu siltanostureilla. Nostoapuvälineenä on kynsinostin, joka avaa kynnet sivulle sen laskeutuessa korin keskiöön. Koreja siirrettäessä varas-
topaikoille tai viimeistelykoneille kohdistuu korin keskiön sisäpuolen yläpintaan noin 17 kN voima. Tämä 17 kN voima on määritetty yhden tuotekorin ja kahden täyden kiepin painon summasta.

Tuotekoreihin kohdistuu myös iskumaiset kuormitukset, jotka aiheutuvat muun muassa rullaratojen pysäyttimistä ja kiepin panostuksesta koriin panostajalta. Työn tilaajan kanssa sovittiin, ettei korin putoamisesta nosturilta aiheutuvia törmäysvoimia tarvitse ottaa huomioon.



Kuva 10. Käytössä olevat tuotekorit välivarastointipaikoillaan.

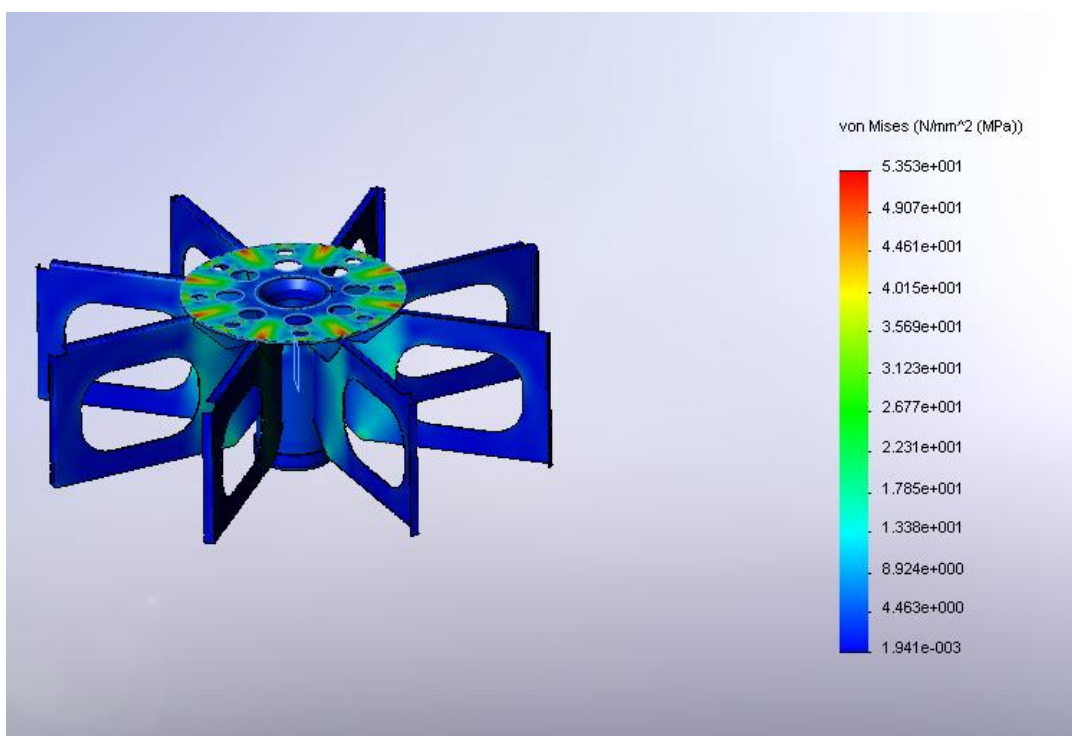
6.4 Kuormitusten vaikutus käytössä olevaan tuotekoriin

Suurimmat jännitykset koreihin syntyvät niiden ollessa varastointipaikoillaan sekä niitä nostettaessa. Opinnäytetyössä tarkasteltiin tuotekorin jännityksiä sekä nostoti-

lanteessa että varastointitilanteessa. Kuormituksia määrittäessä tuotekorissa oletettiin olevan aina kaksi täyttä kupariputkikiieppiä.

6.4.1 Nykyisen tuotekorin jännitys varastointipaikalla

Tuotekoreja on maksimissaan kuusi kappaletta päällekkäin (kuva 10), joten rakenteen tulee kestää vähintään 100 kN voima. Edellä mainittu voima kohdistettiin kohtisuorassa tuotekorin ylälevylle ja kiinnitykset laitettiin tukilevyjen alapintaan sekä keskiön pohjaan.

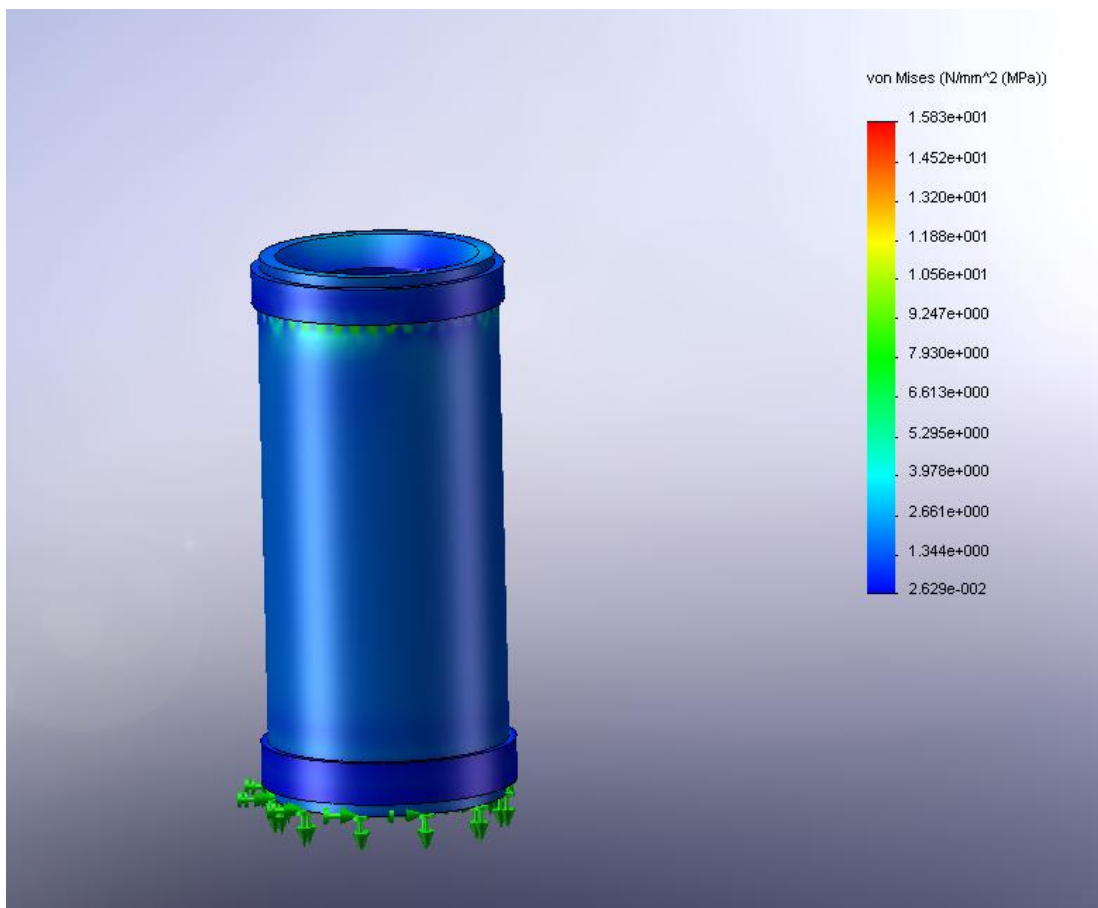


Kuva 11. Tuotekorin jännitys varastointipaikallaan.

Suurin jännitys kohdistui ylälevyn reunaan välitukien päälle (kuva 11). Maksimijännitys oli 53 MPa. Siirtymät kyseisillä kuormituksilla olivat niin pieniä, ettei niitä tarvitse ottaa huomioon. Varmuuskerroin on näin ollen 4,4. Varmuuskerroin on laskettu käyttäen materiaalina S235.

6.4.2 Nykyisen tuotekorin jännitys nostettaessa

Tuotekoriin vaikuttavien jännitysten suuruus nostettaessa on esitetty kuvassa 12. Se saatiin määritettyä korin keskiön avulla. Kyseisessä tapauksessa voima kohdistettiin pintaan, josta kynsinostin tarttuu korista kiinni. Kiinnitykset määriteltiin keskiön pohjaan.



Kuva 12. Käytössä olevan tuotekorin jännitys sitä nostettaessa.

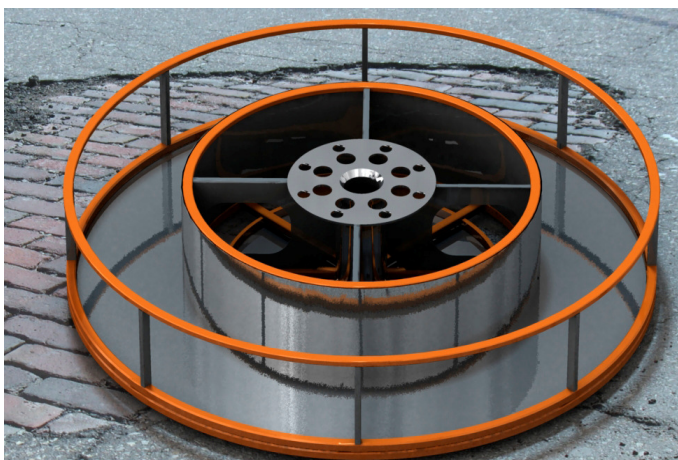
Suurin jännitys kohdistui keskiössä olevan putken sekä yläaihion liitokseen. Jännityksen suuruus oli kuitenkin vain 16 MPa.

6.5 Tuotekoriin tehtävät muutokset

Tuotekoria voidaan keventää helpoimmin poistamalla korin ulkovaippa. Pelkästään tämän ansiosta kokonaispainosta kevenee 58 kg. Kilpailevissa yrityksissä vastaavan-

laisissa koreissa ei käytetä tuotekorin ulkokehällä olevaa vaippaa. Ulkovaipan poistamisesta johtuva kevennys ei ole ainoa positiivinen asia, vaan myös korien puhdistaminen helpottuu huomattavasti.

Tuotekorin siirtäminen tapahtuu tietokoneen avulla välivarastointipaikoille, joista ne ohjataan joko vetokeloille tai viimeistelykoneille. Kun varastopaikat ovat täynnä ja eri koreissa on monia eri mittoja, menevät varastointipaikat helposti sekaisin. Ulkovaipan poistaminen auttaa näkemään koriin paremmin, ja siten voidaan helposti todeta ja mitata, mitä putkea missäkin korissa on.



Kuva 13. Uusi tuotekori.

Välitukien määrä käytössä olevassa korissa on kahdeksan kappaletta. Näiden määrän vähentäminen oli myös ilmeinen vaihtoehto tuotekorin keventämiseksi. Ongelma nykyistä käytössä olevaa tuotekoria nostettaessa on ollut nosturin kynsinostimen jumittuminen välitukien väliin tilanteessa, jossa kynsinostin on mennyt korin keskiön ohi. Uuteen tuotekoriin (kuva 13) välitukien määrää vähennettiin puolella eli niitä on jatkossa enää neljä. Tuen materiaali täytyi muuttua S355:een sekä levyn paksuus neljästä millimetristä viiteen millimetriin. Välituen reiän koon sekä materiaalin muuttaminen aikaansai sen, että muokkaamisesta johtuva kevennys oli 28 kg. Uudesta tuotekorista laaditut Cad- piirustukset on esitetty liitteissä 1-6.

Tuotekorin värityksi muutettiin käyttämällä Cupori Oy:n logon värejä (kuva 14). Ulkokehän sekä keskiön välitukien väriksi muutetaan Staubgran RAL 7037, myös poh-

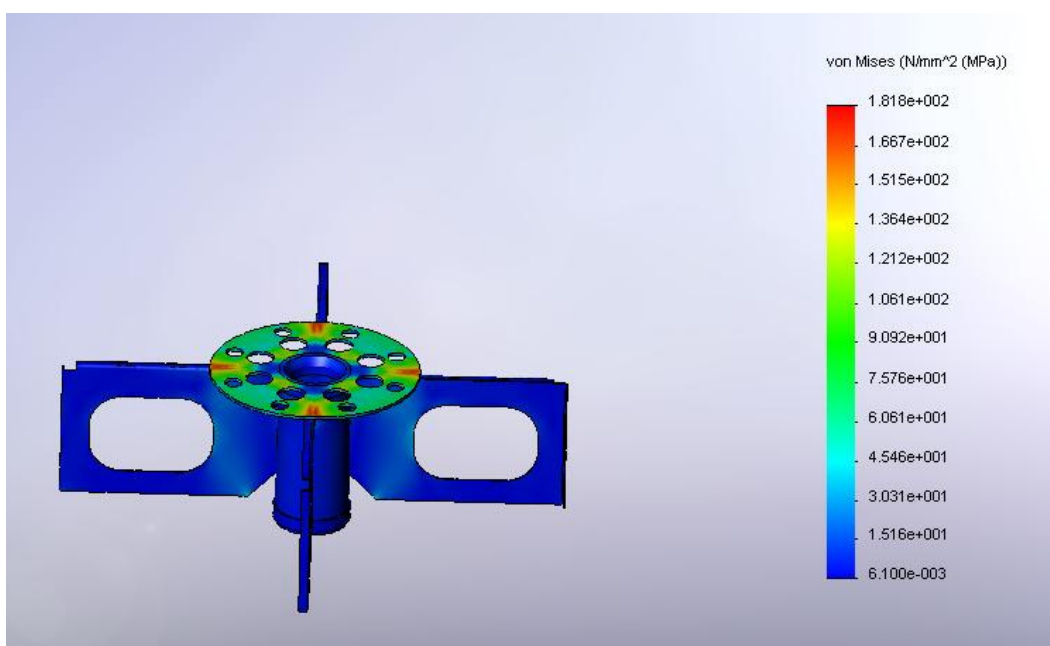
jalevyn pinta maalataan samalla värillä. Tukirakenteiden väriksi valittiin Pastellorange RAL 2003.



Kuva 14. Tuotekorissa käytettävät RAL- värit.

6.6 Kuormitusten vaikutus uuteen tuotekoriin

Tuotekoriin vaikuttavien kuormitusten paikat pysyvät samoina, mutta niiden suuruus muuttuu korin kevennyksen vuoksi. Tuotekorin paino väheni 86 kg, joten kuormitusten suuruudesta voidaan vähentää 860 N tuotekoria kohden. Toisin sanoen kuormituksen suuruus korien ollessa varastointipaikoillaan (kuva 16) saadaan laskettua viiden tyhjän korin sekä kahdentoista täyden kupariputkikiepin summasta, joka on 87 kN. Kuvassa 15 näkyy jännityksien suuruus ja rasitetuimmat kohdat, jotka nousivat 180 MPa:iin. Materiaali tuotekorin ylä- ja alalevyssä on S355:ta, joten varmuuskerroin on kaksi.



Kuva 15. Kuormituksen vaikutus varastointipaikalla uudessa tuotekorissa.

Tuotekorin keskiöön ei tehty muutoksia, joten nostettaessa koria sen jännitykset pienivät entisestään johtuen aikaisempaa kevyemmästä rakenteesta.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli keventää Cupori Oy:ssä kupariputkien valmistuksessa käytettävien tuotekorien painoa siten, että yhden tuotekorin ja kahden kupariputkikielin kokonaispaino jää alle 1600 kg:n. Näin ollen yrityksen pienimätkin nosturit voivat nostaa yhteispainosta aiheutuvan kokonaiskuorman.

Työn aluksi mallinnettiin käytössä oleva tuotekori käyttäen Solidworks- ohjelmaa. Mallinnuksen pohjana käytettiin yrityksestä saatuja Cad- piirustuksia, joista vanhimmat olivat 80- luvulta. Mallinnuksen jälkeen määritettiin tuotekorin kriittisimmät jännityskohdat tilanteessa, jossa se oli maksimaalisesti rasitettu. Suurin rasitus koriin vaikutti korien ollessa varastointipaikoillaan eli kun tuotekoreja oli kuusi päällekkäin. Rasittunein kohta tällöin oli ylälevyssä välitukien päällä.



Kuva 16. Uudet tuotekorit välivarastointipaikoillaan.

Tuotekorin kevennykseen saatiin ajatuksia muun muassa työn toimeksiantajalta. Ulkovaipan poistaminen oli yksi näistä. Sen poistaminen oli ilmeinen, koska Cupori Group Oy:öön kuuluvassa Ruotsin tehtaassa vastaavanlaisissa koreissa ei ole ulkovaippaa. Tällä muutoksella saatiin tuotekoria 58 kg kevyemmäksi. Korin painoa kevennettiin myös välitukien kappalemäärän muuttamisella ja niiden vähentämisellä. Tällä toimenpiteellä koria saatiin kevennettyä vielä 28 kg entisestään.

Tehdyn lujuuslaskennan ja tarkastelun perusteella voidaan todeta, että nykyisen käytössä olevan tuotekorin paino kevenee noin 90 kg. Näin ollen Cupori Oy:n jokainen manipulaattorinosturi pystyy nostamaan korin, jossa on kaksi täyttä kupariputkikielppiä. Kuormitettaessa uutta tuotekoria samoilla voimilla kuin nykyistä, jäävät jännitykset alle sallittujen arvojen.

Opinnäytetyön voidaan todeta saavuttaneen sille asetetut tavoitteet tuotekorin keventämisen suhteen, sillä tarkastelun perusteella tuotekorin painoa saadaan vähennettyä toimeksiantajan toiveen mukaisesti alle 1600 kg:n.

LÄHTEET

1. Matilainen, Jaana. Cupori Oy. Yrityksen sisäinen asiakirja.
2. Söderlund, Jani. Cupori Oy. Tuotannon esittely. Yrityksen sisäinen asiakirja.
3. Cupori Oy. Yrityksen viralliset kotisivut. Viitattu 23.2.2009. Saatavilla: <http://www.cupori.com/fi>
4. Cupori Oy. Putken valmistus. Yrityksen sisäinen asiakirja.
5. Ranta, A. 1995. Koneenosien lujuuslaskenta. Teoksessa Airila, M., ym. Koneenosien suunnittelu. WSOY, 9-70.
6. Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneen suunnitteluoppi, 2. painos, Helsinki, Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
7. Nurmi, Lassi. Opettaja, Satakunnan ammattikorkeakoulu. Tuotekehitys ja luonnostelu kurssi. Kurssimateriaali.

LIITELUETTELO

- | | |
|---------|---|
| Liite 1 | Tuotekorin keskiön alapään aihion piirustus 590622-4 |
| Liite 2 | Tuotekorin keskiön yläpään aihion piirustus 590623-4 |
| Liite 3 | Tuotekorin keskiön kokoonpanopiirustus 590621-3 |
| Liite 4 | Tuotekorin ylä- ja alalevyn mittakuvapiirustus 590624-3 |
| Liite 5 | Tuotekorin tukilevyn piirustus 978392-2 |
| Liite 6 | Tuotekorin kokoonpanopiirustus 978391-0 |