

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Pauliina Mäkinen

HAMMASPYÖRÄVALMISTUKSEN LÄMPÖKÄSITTELYLINJAN LAAJENNUS

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2006

Lehtori Kaarlo Koivisto
Sisu Diesel Oy, valvojana työnjohtaja Olli Frantzi

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Kone- ja laiteautomaatio

Mäkinen, Pauliina

Hammaspyörävalmistuksen lämpökäsittelylinjan laajennus

Tutkintotyö

40 sivua + 5 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Kaarlo Koivisto

Työn teettäjä

Sisu Diesel Oy, valvojana työnjohtaja Olli Frantzi

Helmikuu 2006

Hakusanat

Hiiletyskarkaisu, hiiletyskarkaisu-uuni, panosteline, hammaspyörä

TIIVISTELMÄ

Työn aiheena on hammaspyörävalmistuksen lämpökäsittelylinjan laajennus. Työn teittäjän Sisu Diesel Oy:n suunnitelmissa on hammaspyörävalmistuksen lämpökäsittelylinjan laajennus sekä samalla tuotettavien hammaspyörien laadun parantaminen. Sisu Diesel Oy on dieselmootoreita valmistava yritys, joka sijaitsee Nokian Linnavuoressa, noin 30 km päässä Tampereelta.

Tutkintotyö koostuu kahdesta pääaiheesta. Ensimmäiseksi pohditaan lämpökäsittelylinjan laajenemissuunnitelmaa, jonka yhteydessä on ostaa toinen hiiletyskarkaisu-uuni. Lämpökäsittelylinjasta piirretään layout-kuvia, joihin on suunniteltu uuden uunin mahdollinen asennuspaikka. Layout-kuvia on lisäksi vertailtu uunin eri asennuspaikkojen eduilla ja haitoilla. Suunnittelun jälkeen layout-kuvat lähetetään uunia myyvälle saksalaiselle yhtiölle, ja kuvien perusteella pyydetään hintatarjous uunista.

Toisena pääaiheena on uuden panostelineen piirustuksien suunnittelu. Uuden panostelineen tarkoituksena on parantaa hammaspyörien laatuominaisuuksia. Laadun parantamisella tarkoitetaan, että hammaspyöriin syntyisi vähemmän muodonmuutoksia hiiletyskarkaisussa ja lämpökäsittelyssä. Laadun parantamisella voitaisiin yleisesti vähentää hammaspyörien hionta- ja oikaisutarvetta, jotka osaltaan kasvattavat hammaspyörien valmistuskustannuksia.

Työn tuloksena on siis hammaspyörätuotannon lämpökäsittelylinjan laajennuksen suunnittelumateriaali, siihen liittyvät layout-kuvat sekä hiiletyskarkaisu-uunin tarjouspyyntö. Tutkintotyön tulokset ja suunnittelumateriaali tullaan arkistomaan Sisu Diesel Oy:lle ja se otetaan esille kun päätetään yhtiön vuosien 2006-2008 investoinneista. Lisäksi tuloksena on uuden panostelineen tuotantopiirustukset sekä niihin pohjautuvat moottorihammaspyörien vuosikapasiteettilaskut uudella ja vanhalla panostustavalla.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Machine Automation

Mäkinen, Pauliina

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

February 2006

Keywords

Extension for the heat-treatment plant of the gear wheel production

40 pages, 5 appendices

Kaarlo Koivisto, lecturer

Sisu Diesel Oy. Supervisor: Olli Frantzi

carburizing, furnace of the atmosphere technology, charge, gear wheel

ABSTRACT

Sisu Diesel Company is the manufacturer of diesel engines which is located in village called Linnavuori in Nokia. Sisu Diesel Company plans to extend on its heat-treatment line of the gear wheel manufacturing. At the same time the purpose of the company is to advanced brand quality of the manufacturing gears. Today's quality requirements for the motor gear wheels have increased significantly in the world trading, and Sisu Diesel Company must stay along with the hard competition.

In this study, new option of the extending for the heat-treatment-line has been explored. Main part of this work concerns acquiring of the second furnace of the carburizing. For the new furnace, layouts of the extending of the heat-treatment line have been made. Layout-pictures consist of all suitable opportunities of the installation places of the new furnace. Layout-pictures have also been compared according to their advantages and disadvantages. When the decision of the installation place of the new furnace has been made, the layout-picture will be sent to a German company which sells concerned furnaces and they will give a budget quotation based on the layout-pictures.

The second part of the work concerns the brand qualities of the gear wheels. To improve the result of carburizing of the heat-treatment the way of the charging of the gear wheels must be changed. In this work there has been planned a new kind of charge frame. With this new charge frame, there would be generally decreased needs of grinding and amendments of the gear wheels which enhance the manufacturing costs.

Result of the work is a covering planning material of the extending of the heat-treatment-line. The planning material consists of the layout-pictures and the budget quotation of the second furnace. Furthermore there is also planned a production drawings of the new charge frame for the motor gear wheels. The material of this Engineer Thesis will be filed at the Sisu Diesel Company and it will be taken out when the Company decides the resorts of the investments for the capital during years 2006 to 2008.

ALKUSANAT

Tutkintotyön aihe kokonaisuudessaan oli hyvin antoisa ja monipuolinen, koska se oli todellinen ja tulevaisuudessa tarpeellinen työn teettäneelle yritykselle. Kuitenkin työn tekemiseen ja suunnitteluun sain ”vapaat kädet” ja samalla soveltaa luovuutta ja koulussa opittuja asioita. Työn kautta sain tutustua tehdaselämään ja siihen liittyviin tuotantoprosesseihin sekä laitehankintoihin. Ajankäyttö koostui pääosin etätyöstä sekä useista palavereista tutkintotyön ohjaajan ja työn teettäjän kanssa. Haluan kiittää hyvästä yhteistyöstä Olli Frantzia ja Kaarlo Koivistoa.

Pauliina Mäkinen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ ABSTRACT ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO	5
1 JOHDANTO	6
2 SISU DIESEL OY	8
2.1 YRITYKSEN HISTORIA	9
2.2 AGCO-KONSERNI	9
2.3 HAMMASPYÖRÄTUOTANTO	10
3 LÄMPÖKÄSITTELYLINJAN ESITTELY	12
4 HIILETYSKARKKAISU	13
4.1 HIILETYS	15
4.2 KARKKAISU JA PÄÄSTÖ.....	17
4.3 HIILETYSKARKKAISU-UUNIN ESITTELY	18
4.4 HIILETYSKARKKAISU-UUNIN TOIMINTAPERIAATE.....	20
5 HIILETYSKARKKAISU-UUNIN HANKINTA	21
5.1 LÄMPÖKÄSITTELYLINJAN LAAJENNUKSEN SUUNNITTELU JA LAYOUT-KUVAT	23
5.1.1 Layout-suunnitelma nro 1	23
5.1.2 Layout-suunnitelma nro 2	24
5.1.3 Layout-suunnitelma nro 3	25
5.2 UUDEN HIILETYSKARKKAISU-UUNIN HANKINTAPROJEKTI	25
6 HAMMASPYÖRÄN UUDEN PANOSMALLIN SUUNNITTELU	26
6.1 MITTA- JA MUODONMUUTOKSET HIILETYSKARKKAISUSSA	29
6.2 MUODONMUUTOSTEN TORJUMINEN JA ENNALTAEHKÄISY.....	30
6.3 HUOMIOON OTETTAVAT TOIMINNALLISET OSAT UUDEN PANOSTELINEEN SUUNNITTELUSSA.....	31
6.4 KAPASITEETTILASKUT MOOTTORIHAMMASPYÖRILLE.....	32
6.4.1 Moottorihammaspyörien nykyinen tuotantokapasiteetti vuodessa.....	33
6.4.2 Moottorihammaspyörien uusi tuotantokapasiteetti vuodessa	34
7 TULOSTEN TARKASTELU	37
8 YHTEENVETO	38
LÄHTEET	40
LIITTEET	

- 1 Layout nro 1 hammaspyörän lämpökäsittelylinjasta
- 2 Layout nro 2 hammaspyörän lämpökäsittelylinjasta
- 3 Layout nro 3 hammaspyörän lämpökäsittelylinjasta
- 4 Uuden panostelineen tuotantopiirustus
- 5 Uuden panostelineen tyyppiritilän tasopiirustus

1 JOHDANTO

Työn aiheena on hammaspyörävalmistuksen lämpökäsittelylinjan laajennus. Tutkintotyö koostuu kolmesta laajahkosta kokonaisuudesta. Ensimmäisessä osassa perehdytään yleisesti hiiletyskarkaisuun lämpökäsittelymenetelmänä. Hiiletyskarkaisussa esitellään lämpökäsittelylinjaa ja siinä käytettäviä koneita sekä työvaiheita.

Tutkintotyön toisessa osiossa käsitellään uuden hiiletyskarkaisu-uunin hankintaa ja ostoja saksalaiselta lämpökäsittelylaitteistoja valmistavalta yhtiöltä.

Hiiletyskarkaisu-uunin hankinta- osiossa pääpaino kohdistuu Sisu Diesel Oy:n tehtaan hallin lämpökäsittelylinjan layout-kuvien suunnitteluun. Layout-kuvat sisältävät uuden hiiletyskarkaisu-uunin eri asennuspaikkojen vaihtoehtoja.

Vaihtoehtoja on käsitelty jokaista erikseen tarkastellen kunkin hyviä ja huonoja puolia. Sopivan layout-kuvan valinta on myös suurin vaikuttavin tekijä uuden hiiletyskarkaisu-uunin tarjouksessa.

Viimeisenä aihekokonaisuutena on uuden panostelineen suunnittelu. Suunnittelu on kohdistunut uusien piirustuksien luomiseen. Piirustukset on suunniteltu apuna käyttäen moottorihammaspyörän halkaisijamittoja sekä paksuutta. Panostelineen suunnitteluun liittyvät myös lämpökäsittelylinjan kapasiteetilaskut, joilla verrataan uuden ja vanhan panostelineen etuja ja haittoja sekä samalla ennustetaan tulevaisuuden moottorihammaspyörätuotantoa. Kapasiteetilaskuilla voidaan myös pohtia uuden hiiletyskarkaisu-uunin tarpeellisuutta, jolla korjataan uuden panostelinemallin aiheuttamaa tuotannon vajetta vuodessa.

Tutkintotyön teettävä yritys on minulle tuttu jo ennestään, koska olen suorittanut kaikki insinööritutkintoon liittyvät ohjatut harjoittelut Sisu Diesel Oy:ssä. Oli siis luontevaa saada tutkintotyön aihe tästä yrityksestä. Aihe on hyvin ajankohtainen, koska maailmalla hammaspyöräiden laadusta on tullut yhä tärkeämpi tekijä. Sisu Diesel Oy:ssä puhaltavat nyt muutoksen tuulet, ja tehtaan uudistustyöt on jo aloitettu. Agco-konserni investoi 40 miljoonaa euroa Sisu Diesel Oy:n moottorinvalmistukseen.

Investoinnit koskevat osaksi myös mm. hammaspyörätuotannon lämpökäsittelylinjan laajentamista sekä hammaspyörätuotannon laadun parantamista.

Suurin hyöty tutkintotyöntöön toimeksiantajalle tulee olemaan uuden panostelineen piirustuksista. Telineet tullaan teettämään yrityksen alihankkijalla ja ottamaan käyttöön lämpökäsittelylinjalla mahdollisimman pian.

2 SISU DIESEL OY

Työn teettäjä Sisu Diesel Oy on dieselmoottoreita valmistava yritys. Sisu Diesel Oy sijaitsee Nokian Linnavuorella, noin 30 km päässä Tampereelta, Porin tien varrella.



Kuva 1. Sisu Diesel Oy valmistaa mm. dieselmoottoreita maatalouskoneisiin ja traktoreihin sekä hammaspyöriä ja vaihdelaatikoita. /10/

Yrityksen tärkeimmät tuotteet ovat dieselmoottorit ja varaosat traktoreihin sekä muihin maatalous- ja merikoneisiin. Muita tuotteita ovat erilaiset hammaspyörät, dieselgeneraattorit ja –pumput, vaihteistokomponentit sekä dieselaggregaatit. Yrityksen asiakkaat koostuvat pääosin traktori-, leikkuupuimuri-, metsä- ja työkonevalmistajista.



Kuva 2. Sisu Diesel Oy:n valmistamien tuotteiden käyttökohteita /10/

2.1 Yrityksen historia

Sisu Diesel Oy:n Linnavuoren tehdas perustettiin vuonna 1942 Valtion metallitehtaan osaksi. Tuolloin Sisu Diesel Oy oli osana vanhaa Valmetia, ja tehdas valmisti lentokoneiden moottoreita. Valmet-moottoreiden valmistus käynnistyi vuonna 1947. Sen jälkeen omistajat ovat vaihtuneet moneen kertaan. Sisu Diesel on ollut pitkään osana Partekia.

Kotimaisen Koneen omistuksessa Sisu Diesel Oy ei ollut kuin pienen ajan, kun amerikkalainen, maatalouskoneita valmistava Agco-konserni osti Sisu Diesel Oy:n marraskuussa 2003.

2.2 Agco-konserni

Agco on maailman kolmanneksi suurin maatalouskoneiden valmistaja ja myyjä. Sen pääkonttori sijaitsee Yhdysvaltojen Duluthissa, Georgiassa. Agco-konsernin suurimmat tuotemerkit ovat Massey Ferguson (liikevaihto yli 1 mrd euroa vuodessa), Valtra, Fendt ja Challenger.



Kuva 3. Agco-konserni välittää maailmalla hyvin tunnettuja maatalouden tuotemerkkejä, joita myydään yli 140 eri maassa. /11/

Agco-konserni käyttää vuosittain noin 70 000 dieselmoottoria. 20 000 moottoria menee Agcon omistamalle Valtralle ja loput 50 000 Agcon omistamille muille tehtaille. Sisu Diesel valmistaa vuodessa noin 24 000 moottoria ja on myös Agco-konsernin ainoa moottoritehdas. Moottoreilla on ollut paljon kysyntää, ja tuotantoennätys on rikottu useaan kertaan.

Uusia asiakkaita on saatu ympäri maailmaa, ja vanhat asiakkaatkin ovat olleet tyytyväisiä Sisu Diesel Oy:n valmistamiin dieselmoottoreihin. Tästä johtuen Sisulla on vuosina 2007–2008 edessä suuri tuotannon laajennus, joka tuo samalla noin 100 uutta työpaikkaa Linnavuoreen. Sisu Dieselin liikevaihto oli vuonna 2004 138 milj. euroa.

Insinöörityöni koskee myös osaksi Sisu Diesel Oy:n tulevaa tuotannon laajennusta. Tutkimuskohteeni käsittelee hammaspyörätuotannon lämpökäsittelylinjan laajennusta, joka tulee olemaan yritykselle ajankohtainen jo ensi vuonna. Lisäksi hammaspyörätuotannon laatuvaatimukset ovat kasvaneet, joten hammaspyörätuotannon kasvattaminen ja samalla hammaspyörälaadun parantaminen entisestään luovat tutkintotyöstäni haasteellisen ja mielenkiintoisen.

2.3 Hammaspyörätuotanto

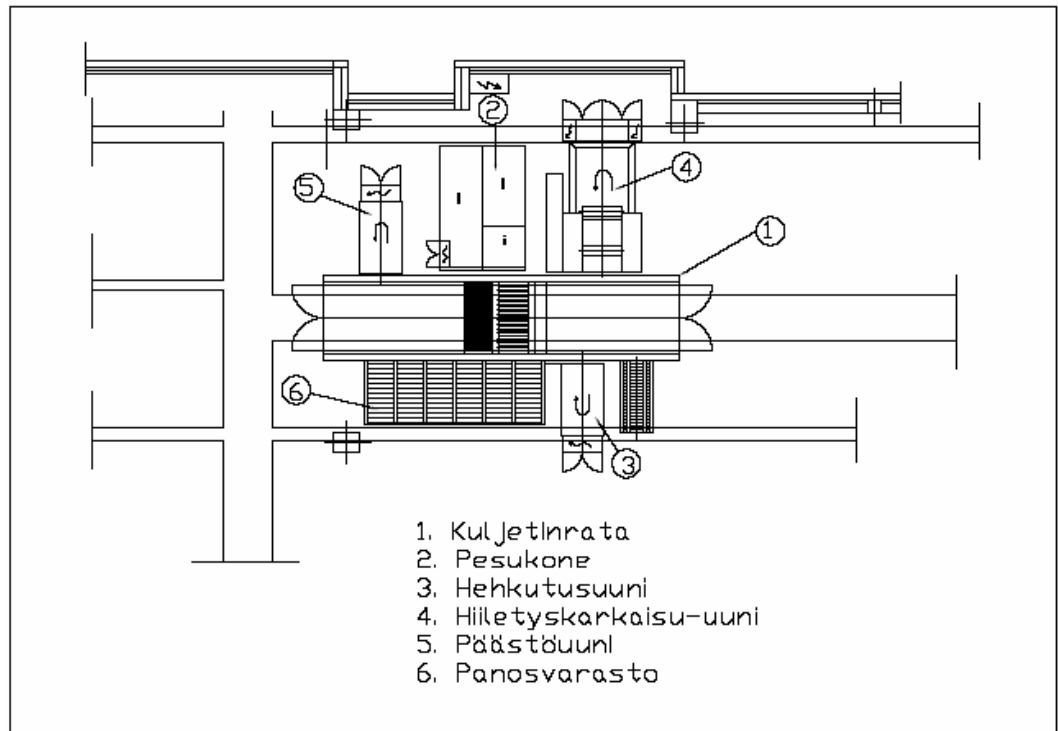
Sisu Diesel Oy on Suomen suurin hammaspyörrien valmistaja. Erilaisia hammaspyörriä tuotetaan vuodessa noin 800 000 kappaletta.

Hammaspyöriä koneistetaan 12 solua käsittävällä FMS-linjalla (Flexible Manufacturing System) ympäri vuorokauden kuutena päivänä viikossa. FMS-linja aloitetaan ottamalla raaka-ainetangot ja –aihiot sisään. Linja loppuu hammaspyörien lämpökäsittelyyn.

Sisu Diesel Oy valmistaa hammaspyöriä moniin eri käyttökohteisiin. Hammaspyöriä toimitetaan mm. Suolahden traktoritehtaalte, moottorikelkkujen vaihteistoihin ja sellaisenaan Volvon tehtaille. Suurin osa hammaspyöristä menee Agco-konsernin sisäpuolelle. Hammaspyöristä noin 20 - 30 % toimitetaan konsernin ulkopuolelle. Tutkintotyöni koskee ensisijaisesti moottorihammaspyöriä, joiden panostelineen suunnittelua ja siihen liittyviä lämpökäsittelyn kapasiteettilaskelmia.

3 LÄMPÖKÄSITTELYLINJAN ESITTELY

Hammaspyörätuotannon lämpökäsittelylinja koostuu kuvan nro 4 esittämistä teollisuuskoneista.



Kuva 4. Hammaspyörän lämpökäsittelylinjassa käytettävät koneet

Lämpökäsittelylinja on rakennettu automaattisen kuljetinradan ympärille.

Lämpökäsittely aloitetaan syöttämällä hammaspyöräpanos pesukoneeseen.

Pesukoneessa panos pestään liasta ja työstölastuista. Pesukoneen jälkeen panos tuodaan ulos kuivumaan, minkä jälkeen se syötetään hehkutusuuniin.



Kuva 5. Lämpökäsittelylinjan keskellä sijaitsee kuljetinrata. Kuvan vasemmalla puolella takana on hammaspyörien panosvarasto ja edessä hehkutusuuni.

Hehkutusuunissa panos esilämmitetään 400 °C:een, minkä jälkeen se on valmis varsinaiseen hiiletukseen. Esilämmityksen jälkeen panos syötetään välittömästi kammiohiiletysuuniin, jotta se ei ehtisi paljoa jäähtyä.

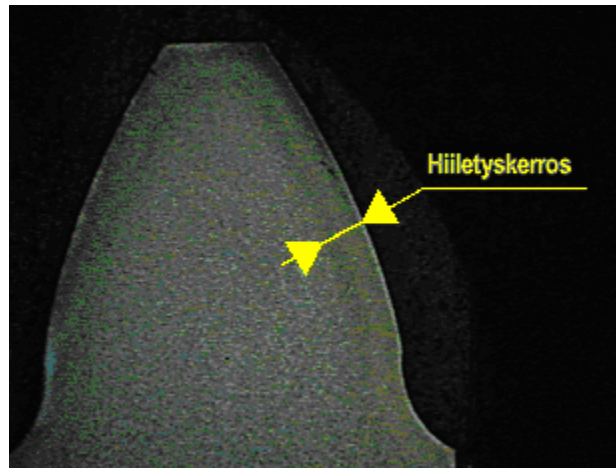
Seuraavaksi panokselle suoritetaan hiiletys ja karkaisu kammiohiiletysuunissa. Hiiletysuunissa panos on 920 °C ja 860 °C karkaisulämpötilassa.

Karkaisun ja sammutuksen jälkeen panos otetaan kammiohiiletysuunista ulos ja siirretään pesukoneen kautta päästöuuniin. Panokselle suoritetaan päästö alhaisessa 170 - 180 °C:n lämpötilassa. Päästön jälkeen kappale on valmis ja siirretään jäähtymään panosradan vieressä olevaan panosvarastoon. Lämpökäsitellyt hammaspyörät puretaan panostelineistä hiekkamyllyyn, minkä jälkeen ne viimeistellään esimerkiksi hiomalla lämpökäsittelystä aiheutuneet muodonmuutokset.

4 HIILETYSKARKAISU

Hiiletyskarkaisu on lämpökäsittelymenetelmä, jossa niukkahiilistä terästä hehkutetaan sen austeniittialueella samaan aikaan hiiltä luovuttavassa väliaineessa.

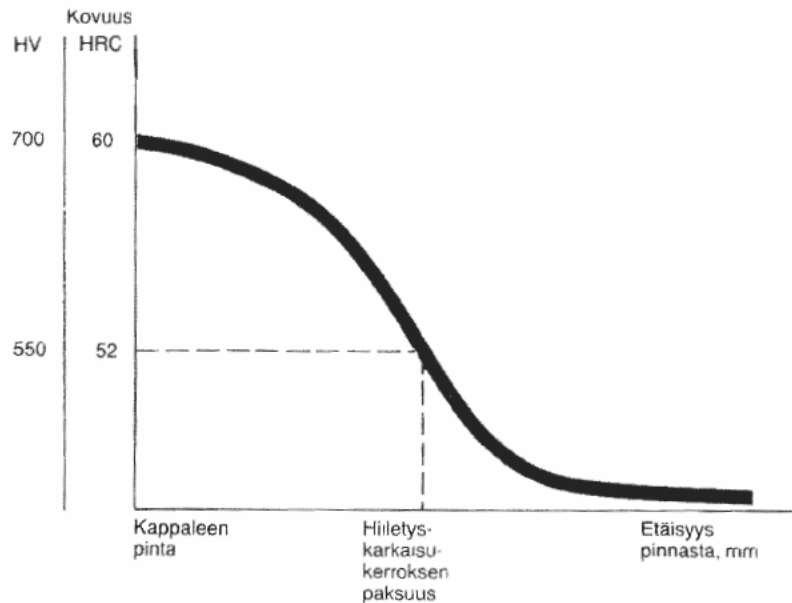
Toisin sanoen hiiletys tapahtuu kuumentamalla terästä noin 900 °C lämpötilassa hiiltä luovuttavan aineen tai kaasun kanssa. Teräksen ollessa austeniittialueella sillä on kyky liuottaa hiiltä itseensä, ja seurauksena kappaleeseen syntyy runsashiilinen pintakerros. /1/



Kuva 6. Hiiletyskarkaisusta kappaleeseen on syntynyt kova pintakerros. /8/

Hiiletyskarkaisun tavoitteena on saada kappaleen pinta kovaksi ja kulutusta kestäväksi. Lämpökäsittely luo lisäksi lujan ja sitkeän sisustan käsitellylle kappaleelle.

Pintakerroksen paksuudella on vaikutus hiiletysyvytyteen. Tyypilliset kappaleen hiiletyskarkaisusyvytydet vaihtelevat välillä 0,5 – 1,5 mm. Hiiletysyvytyys määritellään tietyn kovuuden etäisyydeksi hiiletyskarkaistun kappaleen pinnasta. SFS-EN ISO 2639 standardin mukaan hiiletyskarkaisukerroksen syvytydeksi määritetään 550 HV:n kovuus. /2/



Kuva 7. Hiiletysvyvyys on se etäisyys kappaleen pinnasta, jossa kovuus on 550 HV (= 52 HRC). /2/

Sisu Diesel Oy:n hammaspyörien hiiletyskarkaisun pintakovuudeksi tavoitteena on saada 60 HRC ja sisustan eli sydänkovuudeksi 35 - 40 HRC. Hiiletysvyvydeksi hammaspyörille pyritään saamaan 0,4 - 1,5 mm, riippuen hammaspyörätyypistä. Hammaspyörillä, joihin kohdistuu pienempi kuorma, hiiletysvyvydeksi riittää muutama kymmenesosamillimetri. Suuremmilla kuormilla hiiletysvyvyys on suurempi. Toleranssi on 0,2 mm. /4/

4.1 Hiiletys

Hiiletyskarkaisun ensimmäinen työvaihe on hiiletys. Hammaspyörien lämpökäsittelyssä hiiletysmuotona käytetään tyypipohjaista kaasuhiiletystä. Hammaspyörän lämpökäsittelyssä hiiletys tapahtuu kammiohiiletysuunissa. Hehkuttamalla kappaletta teräksen austeniittialueella kappaleen pintaan tuodaan hiiltä hiiltä luovuttavassa typpi-metanoli-kaasussa.

Kappaleen pinnan hiilipitoisuus sekä syntyvä hiiletyskerroksen paksuus riippuvat oikeasta hiiletysajasta, lämpötilasta sekä hiiltä luovuttavan kaasun hiiliaktiivisuudesta.

Hiiliaktiivisuus tarkoittaa hiilipitoisuutta, jolloin hiiletetty kappale ja hiiltä luovuttavan kaasun hiilipitoisuus ovat tasapainossa. Hiiliaktiivisuutta kutsutaan toisella nimellä hiilipotentialiksi. Mitä korkeampi on hiilipotentiali sitä suurempi on kappaleen pintahiilipitoisuus. Tietyn ajan jälkeen kappaleen pintahiilipitoisuus ei enää kasva, mutta hiiltä siirtyy edelleen kappaleen sisustaan päin kasvattaen hiiltyneen kerroksen syvyyttä. Seostamattoman teräksen pintahiilipitoisuus on yhtä suuri kuin hiiletysväliaineen hiilipotentiali. Seostetun teräksen pintahiilipitoisuus voi poiketa hiilipotentialista huomattavasti, koska hiilen aktiivisuus riippuu teräksen seostuksesta. Tästä johtuen samassa panoksessa hiiletettyjen, mutta eri tavalla seostettujen terästen pintahiilipitoisuus ei tule samaksi. Gunnarsonin kaavalla voidaan arvioida seostamattoman ja seostetun teräksen pintahiilipitoisuuksien suhdetta samassa hiiletysessä.

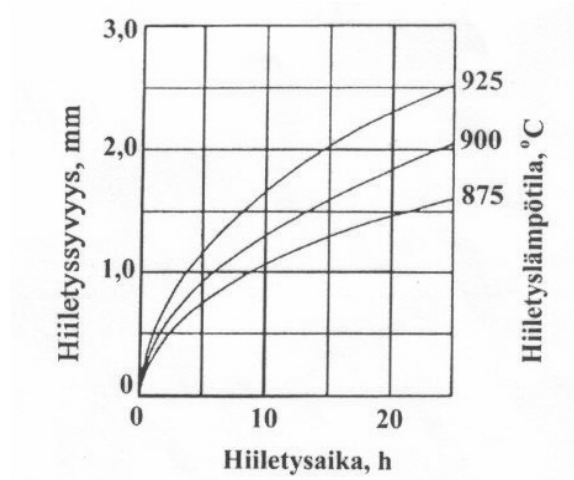
Gunnarsonin kaava:

$$\lg\left(\frac{\%C^c}{\%C}\right) = 0,05 \% \text{ Si} - 0,013 \% \text{ Mn} - 0,040 \% \text{ Cr} + 0,014 \% \text{ Ni} - 0,013 \% \text{ Mo} \quad (1)$$

jossa % C^c on seostamattoman teräksen pintahiilipitoisuus, % C on seostetun teräksen pintahiilipitoisuus, % Si on teräksen piipitoisuus painoprosenteina, Mn on teräksen mangaanipitoisuus painoprosenteina jne. /2/

Sisu Diesel Oy:n käyttämät teräkset ovat hyvin samankaltaisia. Teräkset hiiletetään 1,2 %:n hiilipitoisessa typpi-metanoli-kaasussa, josta hammaspyörien pintahiilipitoisuudeksi pyritään saamaan 0,6 - 0,8 %. /4/

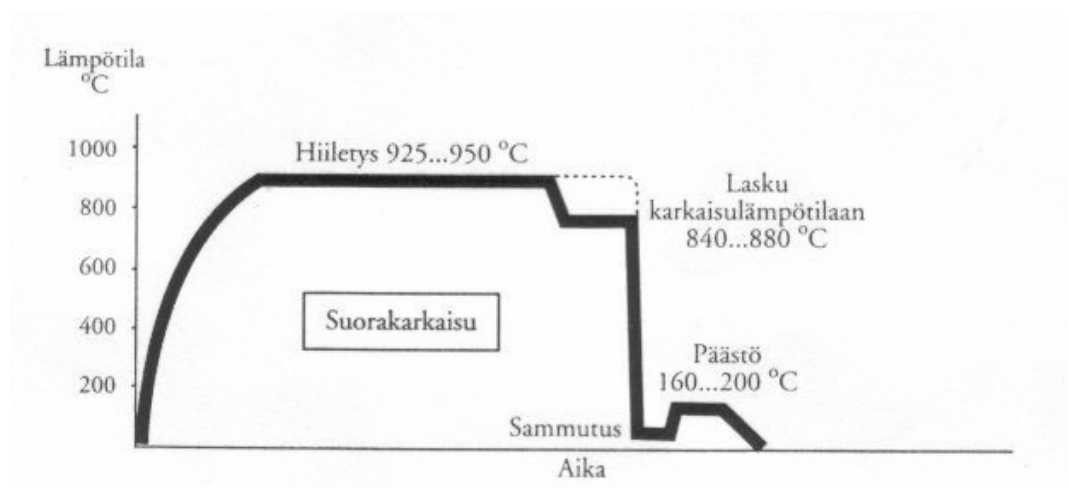
Seuraavassa kuvaajassa voidaan seurata hiiletysajan ja -lämpötilan vaikutusta kappaleeseen muodostuvaan hiilipintaan ja sen paksuuteen.



Kuva 8. Hiiletyslämpötilan ja hiiletysajan vaikutus hiiletysvyvyteen. /2/

4.2 Karkaisu ja päästö

Hiiletuksen jälkeen kappale karkaistaan kammiouunissa sijaitsevassa öljysäiliössä. Hammaspyörän lämpökäsittelyssä käytetään kuvan 9 mukaista suorakarkaisu-menetelmää.



Kuva 9. Hammaspyörän lämpökäsittely suoritetaan suorakarkaisu-menetelmällä./2/

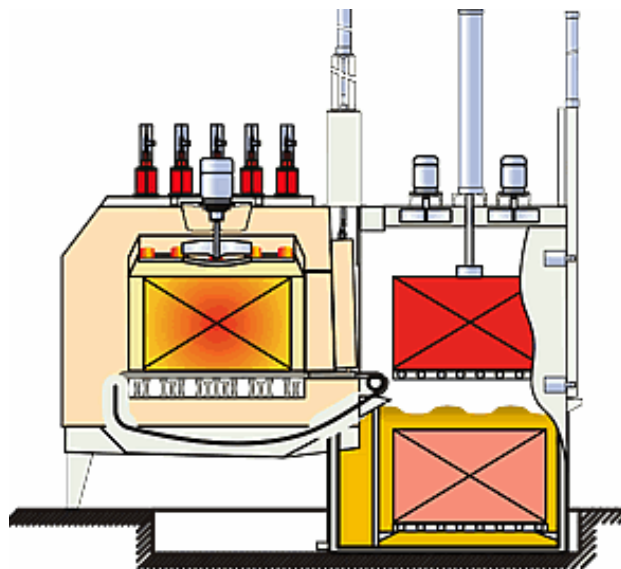
Ensimmäisenä vaiheena kappale teline esilämmitetään hehkutus-uunissa noin 400 °C:een. Seuraavaksi kappale hiiletetään sen austeniittialueella noin 900 °C:ssa.

Hiiletuksen jälkeen kappaleen lämpötila lasketaan karkaisulämpötilaan, joka on noin 860 °C. Karkaisuhehkutuksen jälkeen teräskappale on valmis sammutukseen. Kappaleen sammutus tapahtuu kammiohiiletysuunin öljyaltaassa. Sammutuksen jälkeen teräskappale pestään öljystä pesukoneessa. Lopuksi teräskappaleelle suoritetaan päästöhehkutus päästöuunissa noin 170 - 180 °C:n lämpötilassa. Päästöllä pyritään lisäämään kappaleen sitkeyttä. /2/

Hiiletyskarkaisulla lämpökäsitellyn hammaspyörän pinta on muuttunut kovaksi martensiitiksi. Pintaan ei saa jäädä jäännösausteniittia, koska tällöin kovuus ei ole suurimmillaan pinnassa vaan hieman pinnan alapuolella. Hammaspyörän ydin on bainiittia, minkä kovuus jää pienemmäksi, mutta on sitkeä. /4/

4.3 Hiiletyskarkaisu-uunin esittely

Kuten aikaisemmin on mainittu, hammaspyörän hiiletys ja karkaisu suoritetaan kammiohiiletysuunissa, ts. hiiletyskarkaisu-uunissa. Seuraava kuva esittää hammaspyörän lämpökäsittelyssä käytettävää hiiletyskammiouunityyppiä Sisu Diesel Oy:ssä. RTQ-kammiouuni on yksiovinen ja sen vuoksi myös pienikokoinen.



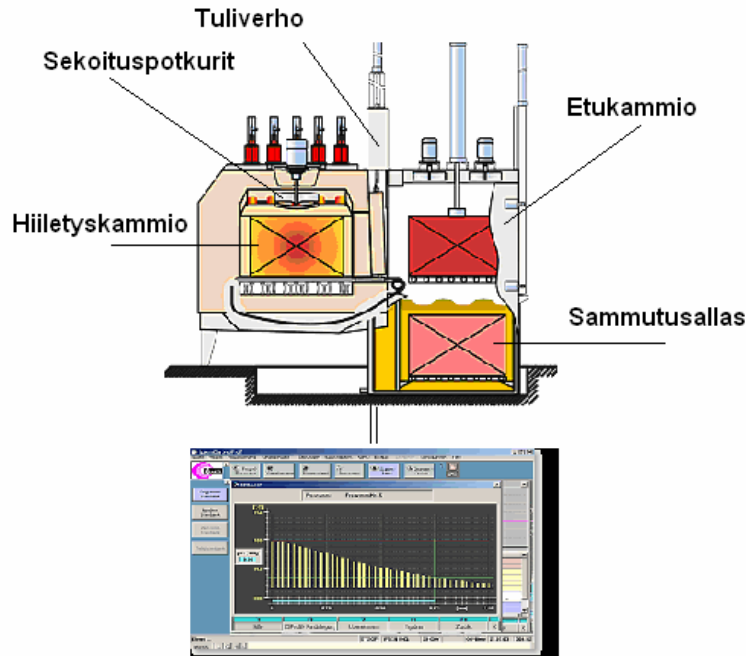
Kuva 10. RTQ-kammiouuni, Ipsen, /6/

Uunia kuumennetaan kaasupolttimilla, ja se on täysin kaasutiivis. Kammiouuni koostuu kuumennusosasta ja sammutusaltaasta. Molemmat uunin osat ovat hiiletyskaasun alaisia. Lämpökäsittely, hiiletys ja karkaisu tapahtuvat kokonaan uunin sisällä, joten hammaspyörät eivät pääse kosketuksiin ilman kanssa. Tällä ehkäistään haitalliset hapettumat, joita voisi syntyä hammaspyöriin karkaisun yhteydessä. Uuni on lisäksi varustettu kiertopuhalluslaitteistolla ja muhvelilla. Muhveli on uunin sisällä oleva tiilipesä, joka suojaa panoksen uunin kuumilta vastuksilta sekä tasoittaa uunissa vallitsevaa ilmaa ja kaasuseosta. Kammiouunin yhteydessä on myös kuvassa nro 11 oleva kaasupaneeli, jolla säädetään uuniin syötettävää typpi-metanoli-kaasusekoitusta. /4/



Kuva 11. Hiiletyskarkaisu-uunin oikealla seinällä sijaitsee kaasupaneeli.

4.4 Hiiletyskarkaisu-uunin toimintaperiaate



Kuva 12. Hiiletyskarkaisu-uunin rakenne koostuu useasta eri komponentista, joista on suora tietokoneyhteys valvomoon. /6/

Kuvan nro 12 mukaan kappaleteline ts. panosteline syötetään tuliverhon läpi uuniin. Panos on alusta alkaen uunin suojakaasussa. Suojakaasu ts. kantajakaasu koostuu pääosin typestä ja metanolista. Kun panos tulee kammiouuniin, uunin lämpötila alkaa tilapäisesti laskea. Tämän jälkeen uunia ryhdytään uudestaan huuhtomaan pelkällä kantajakaasulla. Kantajakaasun eli endokaasun tehtävä on muodostaa uuniin normaali atmosfääri. Kantajakaasu on pääosin häkää ja sitä valmistetaan endokaasugeneraattorissa. Hiiletyskammion katossa on potkurit, jotka sekoittavat kaasua ja pitävät kaasun liikkeessä. Kun kammiouunin lämpötila on noussut takaisin 920 °C:een hiiletyslämpötilaan, säädetään lisäpropani-kaasua halutun hiilipotentialin saavuttamiseksi.

Kun hiiletys on suoritettu, panos jäähdytetään karkaisulämpötilaan. Karkaisulämpötila on 860 °C. Karkaisuvaiheen alkaessa panos siirretään etukammioon ja lasketaan hissillä avulla sammutusaltaaseen.

Panoksen sammutus suoritetaan öljyssä. Öljyaltaan ympärillä on sekoituspotkureita, jotka jäädyttävät sekä huuhtelevat hiiletetyn panoksen. Sekoituspotkureilla voidaan ensisijaisesti säätää mm. sammutuksen tehokkuutta ja sekoitusaikaa. Mitä suurempi on sekoituspotkureiden määrä ja pyörimisnopeus, sen nopeampi ja tehokkaampi on panoksen sammutusvaihe. Sammutusvaiheella ja – tavalla on suora vaikutus kappaleeseen syntyviin karkaisuvääntymiin.

Koko lämpökäsittelylinjalla on tietokoneyhteys, jolla valvotaan ja säädetään lämpökäsittelyprosessia. Tietokoneella seurataan myös uunin kaasuhiiletyksen aikaa, lämpötilaa ja kaasuilmapiiriä. /4/

5 HIILETYSKARKAISU-UUNIN HANKINTA

Sisu Diesel on ostanut aikaisemmin hiiletyskarkaisu-uunin saksalaiselta lämpökäsittelylaitteistoon perehtyneeltä Ipsen-yhtiöltä.



Kuva 13. Hiiletyskarkaisu-uuni



Kuva 14. Hiiletyskarkaisu-uunin suuaukko, josta panos työnnetään sisään kuljetinradalta.

Kuvissa nro 13 ja 14 oleva hiiletyskarkaisu-uuni hankittiin kaksi vuotta sitten. Kyseisen hiiletyskarkaisu-uunin hankinnassa Ipsen-yhtiöltä ostettiin myös koko lämpökäsittelylaitteisto lukuun ottamatta pesukoneyksikköä, joka on erimerkkinen. Lämpökäsittelylinja on toiminut melko hyvin, ja Sisu Diesel Oy suunnittelee hankkivansa lämpökäsittelylinjaan toisen hiiletyskarkaisu-uunin mahdollisesti juuri Ipsen-yhtiöltä. Toisen hiiletyskarkaisu-uunin avulla hammaspyörän valmistuksen kapasiteetti nousisi teoriassa kaksinkertaiseksi.

Hiiletyskarkaisu-uunin teknisten tietojen, asennuskulujen ja itse uunin hintatietojen selvittämiseksi minulla on ollut yhteyshenkilöinä saksalainen diplomi-insinööri Mandy Herzog Wilson ja myyntineuvottelija Herbert Hans Ipsen-yhtiöstä.

Uuden hiiletyskarkaisu-uunin hankinnassa on tehtävä etukäteen paljon suunnittelutyötä. Tehtäväni oli suunnitella ja tehdä layout-kuvat hammaspyörän lämpökäsittelylinjasta. Layout-kuvia on kolme kappaletta, ja jokaisessa kuvassa uudelle hiiletyskarkaisu-uunille on mietitty eri sijaintipaikka.

Kuvia on lisäksi spekuloitu erikseen uuden hiiletyskarkaisu-uunin asennuspaikan hyödyillä ja haitoilla.

5.1 Lämpökäsittelylinjan laajennuksen suunnittelu ja layout-kuvat

Ennen kuin voidaan pyytää tarjous uudesta hiiletyskarkaisu-uunista Ipsen yhtiöltä, on tiedettävä hankittavan uunin tarkka sijoituspaikka lämpökäsittelylinjassa. Tätä varten olen suunnitellut kolme layout-kuvaa uuden hiiletyskarkaisu-uunin asennuspaikasta. Layout-kuvien suunnittelu on ollut haasteellista, koska uuni on suurikokoinen ja vaatii paljon tilaa. Uuni on noin 5 m pitkä, yli 3 m leveä ja 5,2 m korkea. Lisäksi uuni tarvitsee syvyystilaa noin 80 cm lattian alapuolelle. Uunin potentiaalisia asennuspaikkavaihtoehtoja uunin koon perusteella on vain kolme erilaista. Lämpökäsittelylinjan layout-kuvat ovat liitteissä nro 1-3. Seuraavissa kappaleissa 5.1.1 - 5.1.3 on kommentoitu layout-kuvia niiden hyötyjen ja haittojen mukaan.

5.1.1 Layout-suunnitelma nro 1

Liite nro 1:

Ensimmäisessä layout-suunnitelmassa uuden hiiletyskarkaisu-uunin asennuspaikka on sijoitettu vanhan hiiletyskarkaisu-uunin oikealle puolelle. Layout-kuva on tehty mittakaavassa 1: 100, joten uusi uuni on noin 2,5 m:n päässä toisesta uunista. Uunien välissä on noin 80 cm leveä kattopilari. Tässä ehdotuksessa uuden uunin mukana tilattava kuuden panoksen lisävarasto sijoittuisi lämpökäsittelylinjan panoksen syöttöradan oikealle puolelle uunia vastapäätä.

Hyödyt:

Kuljetinrataa on helppo jatkaa oikealle päin, ja panosradan jatkamiseen liittyvät sähkötyöt on jo esivalmisteltu. Kuljetinrata on jo ennestään asennettu 18 m:n matkalta. Lisäksi lämpökäsittelylinjan hehkutusuuni olisi uuden uunin lähellä.

Uusi uuni olisi myös turvallisuuden kannalta oikeassa paikassa mm. päästökaasujen, käryjen ja häkäkaasujen takia. Uuni on seinän vieressä, ja sen sähkökaappien oville on reilusti tilaa avautua.

Haitat:

Avennuskone pitäisi siirtää pois sen vanhalta paikalta. Avennuskoneen siirtäminen tuottaa todennäköisesti ongelmia, koska kone on vanha ja iso, eikä kenelläkään työntekijällä ole oikeaa käsitystä, kuinka syväälle avennuskone todellisuudessa ylettyy ja mitä koneen alta löytyy. Avennuskone voi olla lattiasta jopa 3-4 m syvä. Jotta avennuskonetta voitaisiin siirtää, se pitäisi todennäköisesti laittaa halki. Avennuskoneen siirtämisen kustannuksia kokonaisuudessaan on vaikea arvioida. Lisäksi hallin ulkoseinää pitäisi siirtää ulommaksi noin metrin verran.

5.1.2 Layout-suunnitelma nro 2

Liite nro 2:

Layout-kuvassa uusi uuni on sijoitettu päästöuunin vasemmalle puolelle, noin 2,5 m:n päähän päästöuunista.

Tässä tapauksessa kuljetinrataa pitäisi jatkaa 5,5 m vasempaan suuntaan. Lisäksi kuuden panoksen lisävarasto pitäisi asentaa vanhan panosvaraston jatkoksi sen vasemmalle puolelle eli uuden uunin vastapuolelle.

Hyödyt:

Avennuskonetta ei tarvitsisi siirtää, mikä olisi suuri hyöty.

Haitat:

Uusi uuni olisi melko kaukana hehkutusuunista ja muista koneista päästöuunin vieressä olevan kattopilarin ja -palkin takia. Tästä voisi aiheutua panostelineen jäähtymistä, ennen sen syöttämistä hiiletyskarkaisu-uuniin. Lisäksi kuljetinrataa pitäisi jatkaa vasempaan suuntaan. Tästä koituisi lisäkustannuksia.

Hallin ulkoseinää pitäisi myös siirtää ulommaksi noin metrin verran, jotta pystyttäisiin toteuttamaan uunin sähkökeskuksen turvallisuusmääräykset.

5.1.3 Layout-suunnitelma nro 3

Liite nro 3:

Uusi hiiletyskarkaisu-uuni on sijoitettu päästöuunin vanhalle paikalle, pesukoneen vasemmalle puolelle. Päästöuuni on siirretty nyt uudelle paikalle noin 1,2 m:n päähän uudesta uunista.

Hyödyt:

Uusi uuni olisi lähellä hehkutusuunia ja muita koneita. Avennuskonetta ei myöskään tarvitsisi siirtää.

Haitat:

Pesukoneen sähkökaapin turvaväli 800 mm ei tule täyteen lämpökäsittelylinjan tilan ahtauden takia. Layout-kuvassa turvaväli on vain 300 mm. Uuden uunin vasemman puoleisen sähkökaapin 800 mm:n turvaväliä ei myöskään voida toteuttaa uunin vieressä olevan hallin kattopilarin ja -palkin vuoksi.

Lisäksi päästöuuni pitäisi siirtää pois paikaltaan vasempaan suuntaan hallin pääkäytävälle. Hallin ulkoseinää pitäisi myös siirtää ulommaksi noin metrin verran. Tätä uunin asennuspaikkaa ei voida toteuttaa tilanpuutteen takia!

5.2 Uuden hiiletyskarkaisu-uunin hankintaprojekti

Uuden hiiletyskarkaisu-uunin hankintaprojektissa olen pitänyt yhteyttä Saksalaiseen Ipsen GmbH -yhtiöön sähköpostin välityksellä. Yhteyshenkilöinä minulla on ollut diplomi-insinööri Mandy Herzog Wilson sekä Herbert Hans. Uuden uunin ostamisella ei ole kuitenkaan vielä kiire, koska Sisu Diesel Oy on suunnitellut ostavansa uunin vuonna 2006 - 2007.

Kuitenkin lämpökäsittelylinjan laajennuksen suunnittelu on aloitettu jo hyvissä ajoin, koska uuden hiiletyskarkaisu-uunin ostoprojekti on laaja. Itse uunin toimitusaika ja asentaminen vievät aikaa noin puoli vuotta.

Ennen kuin Ipsen voi antaa minkäänlaista hintatarjousta, on tiedettävä uunityypin lisäksi tarkka uunin asennuspaikka. Suunnitelluista layout-kuvista kahdesta pyydetään tarjous Ipsen-yhtiöltä. Layout-kuva nro 3 ei ole toteutuskelpoinen tilanpuutteen takia. (Liite nro 3)

Kun layout-kuvat nro 1 ja 2 oli lähetetty yhteyshenkilölleni Mandy Herzog Wilsonille, hintatarjous Ipseniltä saapui minulle noin parin viikon päästä. Hintatarjoukseen on laskettu itse uunin hinta, asennus- ja toimituskulut sekä uunin käyttöönotto eli starttauskustannukset. Lisäksi tarjoukseen sisältyy lämpökäsittelylinjalle automaattinen kuuden panoksen lisävarasto ja kuljetinradan lisäraiteet asennuksineen. Tarjouksen perusteella hiiletyskarkaisu-uunin paikalla ei alustavasti ole suurta merkitystä ainakaan hinnan puolesta, koska tarjous on sama kummallakin layout-kuvalla.

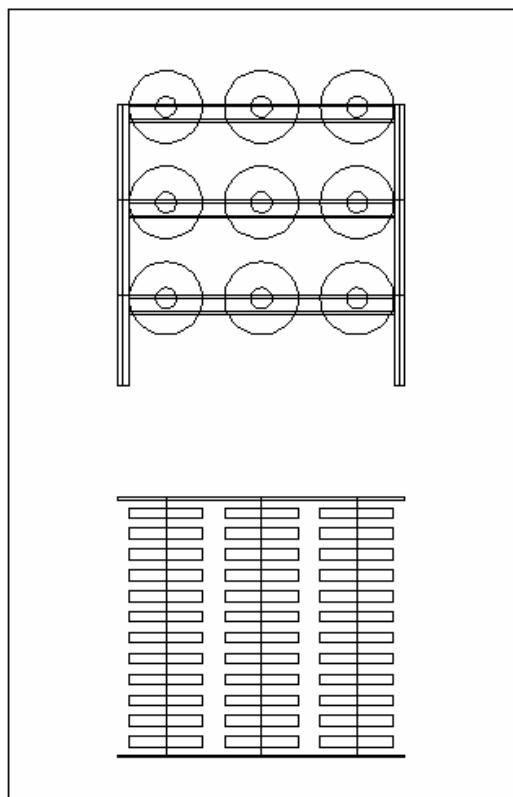
Uuden uunin hankinta aiheuttaa lisäksi joitakin muutostöitä lämpökäsittelylinjaan. Uuden hiiletyskarkaisu-uunin takia lämpökäsittelylinjaan pitää asentaa tuplaraiteet kuljetinradalle, koska paistettavia panoksia tulee liikkumaan lämpökäsittelylinjalla kaksi kappaletta samanaikaisesti. Ennen kuin uusi uuni asennetaan hammaspyörän lämpökäsittelylinjaan, on lattian kunto ja tukevuus tutkittava perusteellisesti. Lattiaan tullaan tekemään vahvistuksia, mikäli se on tarpeen. Lisäksi kuljetinradan alusta on tuettava kunnolla, joko betoni- tai tukevan teräsrakenteen avulla. Nämä asennus- ja tutkimustyöt Sisu Diesel Oy hoitaa itse. /7/

6 HAMMASPYÖRÄN UUDEN PANOSMALLIN SUUNNITTELU

Tehtäväni oli myös suunnitella lämpökäsittelyyn uusi panosteline moottorihammaspyörille. Panosmalli suunnitellaan annetuilla moottorihammaspyörän ulko- ja reiänhalkaisijoiden mitoilla sekä paksuusmitalla.

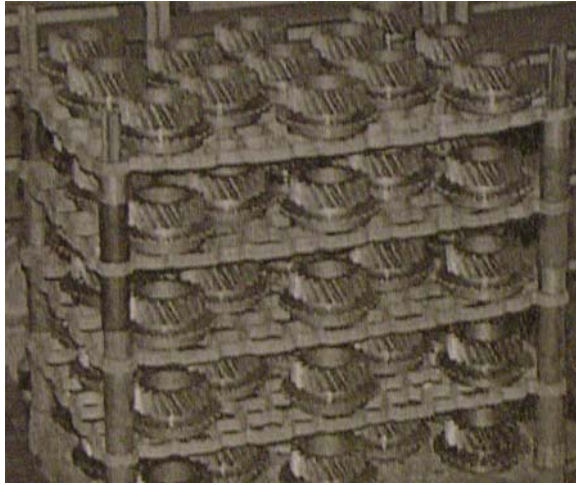
Uuden panostelineen tyyppi, standardimitat ja toiminnalliset osat on otettu Sisu Diesel Oy:n lainassa olevalta panostelineeltä, joka on saatu lainaksi yrityksen asiakkaalta.

Sisu Diesel Oy on aikaisemmin käyttänyt moottorihammaspyörien lämpökäsittelyssä panostelineitä, jotka ovat varrastyyppiä. Toisin sanoen hammaspyörät ovat kuin reikäleipiä vartaalla.

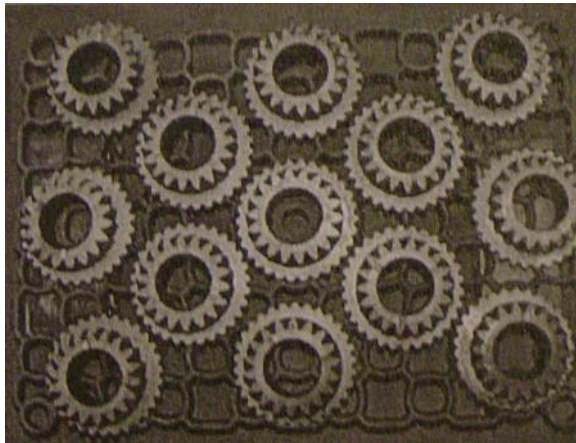


Kuva 15. Varrasmallinen hammaspyörien panosteline

Kun hammaspyörien laatuvaatimukset ovat nyt lisääntyneet kilpailun myötä, on Sisu Diesel Oy päättänyt tulevaisuudessa ottaa käyttöön panostelineet, jossa hammaspyörät ovat lappeellaan.



Kuva 16. Lappeellaan-mallinen panosteline /9/



Kuva 17. Hammaspyörät lepäävät vaakatasossa lappeellaan-mallisessa panostelineessä. Pyörät eivät saisi koskea toisiinsa. /9/

Lappeellaan-mallisessa panostelineessä hammaspyörät ovat lappeellaan ja lepäävät vaakatasossa panosritilän päällä. Lappeellaan-mallisessa panostelineessä hammaspyörän laatua voidaan huomattavasti parantaa, ja lämpökäsittelystä aiheutuneet muodonmuutokset ovat pienempiä kuin varras-panosmallissa. Panostuksella on siis olennainen vaikutus lämpökäsittelystä aiheutuviin kappaleen muodonmuutoksiin.

6.1 Mitta- ja muodonmuutokset hiiletyskarkaisussa

Hiiletyskarkaisun suurimpia ongelmia ovat lämpökäsittelyssä kappaleisiin syntyneet haitalliset mitta- ja muodonmuutokset.

Lämpökäsittely kappale voi muuttua esimerkiksi taipumalla ja vääntymällä sekä mahdollisesti myös tilavuuden muutoksilla. Mittamuutokset voidaan jakaa kahteen tyyppiin: tilavuuden muutoksiin ja muodonmuutoksiin eli vetelyyn. Lisäksi mittamuutokset voidaan jakaa myös syntyperänsä mukaan: mikrorakenteen muutoksista ja lämpöjännityksistä aiheutuviin. /3/

Mikrorakenteen mittamuutoksien suurin vaikuttava tekijä on kappaleen hiilipitoisuus. Hiiletyskarkaisussa suurin ominaistilavuuden muutos tapahtuu kappaleen pintakerroksessa, jossa hiilipitoisuus on suurin. Toisin sanoen mikrorakennemuutoksista aiheutuvat tilavuudenmuutokset ovat pinnassa ja sisustassa eri suuret. Erisuuruiset tilavuudenmuutokset muodostavat myös kappaleeseen suuria sisäisiä jännityksiä, jotka puolestaan synnyttävät muodonmuutoksia. Jos lämpökäsittelyssä kappaleen pinnassa esiintyy jäännösausteniittia, tilavuuden muutos jää huomattavasti pienemmäksi. Yleisesti voidaan sanoa, että hiiletysteräksillä keskimääräinen sisustan tilavuuden kasvu on noin 0,2 %. Karkenevuutta parantavat seosaineet kuten Mn, Cr, Mo, B ja Ni lisäävät tilavuuden muutoksia. Kuitenkin teräksen seostuksen vaikutus mittamuutoksiin on moniulotteinen. /3/

Vetely syntyy, kun kappaletta sammutetaan ja jäähdytysnopeus ei ole kaikissa osissa sama. Teräskappaleen pinta jäähtyy nopeammin kuin sisusta. Lisäksi ohuemat kohdat jäähtyvät nopeammin kuin paksut kohdat.

Tämä epätasainen jäähdytys aiheuttaa kappaleeseen eriasteisia jännityksiä, joka voi esiintyä vetelynä. Vetelyt johtuvat siis lämpölaajenemisesta ja –kutistumisesta lämpötilan vaihteluiden aikana sekä rakennemuutoksista. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että muodonmuutokset ovat sitä suuremmat, mitä enemmän karkaisussa on kuumennus- ja jäähdytysvaiheita. /1/

Suuret mittojen ja muotojen vaihtelut lisäävät hionta- ja oikaisutarvetta, jotka osaltaan kasvattavat hammaspyörrien valmistuskustannuksia. Jälkihionta on hammaspyörän laadulle lisäksi haitallinen tekijä, koska hionnassa hammaspyörän kohdista poistetaan lämpökäsittelyssä aikaan saatua martensiittikerrosta. Muodonmuutokset aiheuttavat lisäksi hammaspyörissä ylimääräistä melua sekä heikentävät niiden väsymiskestävyyttä. /2/

Muodonmuutoksia aiheuttavat myös monet muut eri tekijät, nimittäin liian nopea ja epätasainen kuumennus sekä ylikuumennus ja kappaleen huono sijoitus uuniin. Karkaisussa panoksen väärä sammutusasento ja –tapa vaikuttavat hammaspyörän laatua huonontavasti. Sammutuksessa myös liian kylmä öljy (< 50 °C) jäädyttää kappaleen helposti epätasaisesti, aiheuttaen suuria muodonmuutoksia. Lisäksi kappaleen työstössä syntyneet jännitykset ovat haitallisia. /3/

6.2 Muodonmuutosten torjuminen ja ennaltaehkäisy

Muodonmuutoksia voidaan ennaltaehkäistä seuraavilla esitoimenpiteillä ennen varsinaista kappaleen lämpökäsittelyä. On suositeltavaa, että kappale suunnitellaan rakenteeltaan tasapainoiseksi ja symmetriseksi. On myös valittava sopiva teräslaatu ja noudatettava teräksen valmistajan ohjeita mm. lämpökäsittelytoimenpiteistä.

Hiiletyksen jälkeisessä sammutuksessa kappaleen on oltava oikeassa asennossa sekä öljyn huuhteluvirtauksen on oltava tasainen. Lisäksi teräskappale on päästettävä välittömästi karkaisun jälkeen. /1/

Panosmallityypillä on myös tärkeä osa vetelyn ennaltaehkäisyssä.

Laatututkimuksissa on todettu, että lappeellaan-mallinen panosteline on hammaspyörän lämpökäsittelyssä paras panostustapa. Siinä hammaspyörät lepäävät vaakatasossa, ja mahdolliset vetelyt syntyvät hammaspyörän reunalle, vääntäen hammaspyörän hampaita hieman ylöspäin. Kyseiset muodonmuutokset ovat helpompia ennakoita ennen karkaisua esimerkiksi vierintäjyrsinkoneella tai kaavimalla. /4/

Hammaspyörien hammaslevy voidaan myös työstää etukäteen hieman kuperaksi, koska hiiletyskarkaisussa hammaspyörä palautuisi sitten oikeaan muotoonsa.

Mikäli kyseistä työstömenetelmää käytetään, on tärkeää seurata työstössä lyhyin aikavälein hammaspyörän mittoja sen ollessa pehmeänä. Tässä työstömenetelmässä panoksen paketointi on tehtävä oikein päin eli tiedettävä, mitenpäin hammaspyörää käytetään lämpökäsittelyssä. /4/

Varras-mallisessa panostelineessä hammaspyörä roikkuu reiästään, ja muodonmuutoksien syntyessä, hammaspyörästä tulee soikea. Tätä on hankala korjata lämpökäsittelyn jälkeen. Tällaiset muodonmuutosvirheet korjataan hiomalla. /4/

6.3 Huomioon otettavat toiminnalliset osat uuden panostelineen suunnittelussa

Uuden panostelineen suunnittelussa piti ottaa huomioon erilaisia toiminnallisia vaatimuksia sekä itse moottorihammaspyörän päämitat, jolle uusi panosteline olisi tarkoitus suunnitella. Apuna sain käyttää Sisu Diesel Oy:n yhteistyökumppanilta saatuja lainassa olevia panostelinepiirustuksia. Mallipiirustuksissa panostelineen yhdelle tasolle mahtuu vain neljä hammaspyörää. Uusien piirustuksien suunnitteluvaatimuksena olisi mahdollista yhdelle ritilälle peräti 6 - 8 moottorihammaspyörää. Lisäksi piirustuksien suunnittelussa on täytynyt huomioida myös muita tärkeitä asioita. Ensimmäisenä on tarkasteltava suunniteltavan panostelineen ulkomitat. Sisu Diesel Oy:n toivomuksena olisi, että telineen päämitat olisi 670 x 570 mm. Kyseiset mitat mahdollistaisivat sen, että kaksi telinettä mahtuisi peräkkäin telineen pohjalevyn eli rostin päälle, joka on mitoiltaan 670 x 1140 mm. Panostelineen korkeus voi olla enintään 910 mm.

Seuraavaksi on otettava huomioon käytettävän tilan optimointi.

Toisin sanoen telineen pinta-ala tulisi käyttää hyödyksi mahdollisimman tehokkaasti, mutta hammaspyörät eivät saisi missään vaiheessa koskettaa toisiinsa.

Kuitenkin telineen yhdelle tasolle pitäisi sijoittaa enemmän hammaspyöriä kuin mallipiirustuksissa.

Panostelineen hammaspyörien kiinnitystappeja suunniteltaessa on muistettava teräksen lämpölaajeneminen. Lämpölaajenemisvaraa on otettava tässä tapauksessa noin 10 mm. Tämä tarkoittaa, että hammaspyörän kiinnitystapit on suunniteltava noin 10 mm pienemmäksi kuin hammaspyörän reiän halkaisija, joka on 60 mm.

Panostelineen muotoilussa on lisäksi huomioitava lämmöstä aiheutuvan vetelyn ja vääntelyn torjuminen telineessä.

Tämä ilmiö estetään suunnittelemalla telineen ulkolaidoille U-muotoisia mutkia. U-muotoiset mutkat ovat siis tarpeen, mutta niiden sijaintipaikka ei ole tarkka. Suunnittelemaani telineeseen sain mahdutettua neljä U-muotoista mutkaa.

Viimeisenä toiminnallisena vaatimuksena on luoda telineen keskiosaan koko telineen läpäisevä reikä. Reikään sijoitetaan käyttövaiheessa tikku, joka tukee täyteen hammaspyöristä pinottua panostelinettä.

Uuden panostelineen viralliset piirustukset ovat liitteessä nro 4. Piirustuksissa on suunniteltu ritilä, joka voidaan pinota 9-kerroksiseksi panostelineeksi. Liitteessä nro 5 voidaan havaita, että panostelineen yhdelle ritilälle voidaan asettaa 8 hammaspyörää ja kaiken kaikkiaan panostelineeseen voidaan pakata 72 hammaspyörää. Panosteline valmistetaan valumuotista, johon ei erikseen hitsata kiinni muita osia. /4/

6.4 Kapasiteetilaskut moottorihammaspyörille

Kun uuden panostelineen piirustukset on suunniteltu, on siitä laskettava hammaspyörätuotannon vuosikapasiteetin muutos, koska kyseiseen panostelinemalliin mahtuu hammaspyöriä 118 kpl vähemmän kuin nykyiseen panosmalliin.

Kapasiteetilaskujen avulla saadaan siis selville, kuinka paljon menetetään hammaspyörän vuosituotantoa uudella panostelinemallilla verrattuna nykyiseen varrasmalliseen panostelineeseen. Vertailulaskujen perusteella voidaan myös pohtia toisen hiiletyskarkaisu-uunin tarpeellisuutta, joka teoriassa kaksinkertaistaisi hammaspyörätuotannon.

Seuraavat kapasiteetilaskut on ensisijaisesti laskettu moottorin jakopään hammaspyörille. Tällaisia ovat välihammaspyörä ja nokka-akselin hammaspyörä. Kumpiakin hammaspyörää tarvitaan moottoriin yksi kappale. Lisäksi 10 %:iin valmistetuista moottoreista menee 3 hammaspyörää jokaiseen moottoriin. Dieselmoottoreita valmistetaan 50 000 kappaletta vuodessa, joten moottorihammaspyörien vähimmäiskapasiteettivaatimus on 105 000 kappaletta vuodessa.

$$(50000 \cdot 0,9) \cdot 2 \frac{kpl}{moottori} + (50000 \cdot 0,1) \cdot 3 \frac{kpl}{moottori} = \underline{105000} \text{ kpl}$$

Muut valmistettavat hammaspyörät lämpökäsitellään koreissa.

Hammaspyörän kapasiteettia laskettaessa yksikkönä käytetään yleensä kg rautaa per vuosi. Yksikköön ei sisälly panostelineen omaa massaa. Seuraavissa kapasiteetilaskuissa yksikkönä käytetään kuitenkin pelkkää kappalemäärää, koska kapasiteettierot pystytään paremmin hahmottamaan hammaspyörien määrällä.

6.4.1 Moottorihammaspyörien nykyinen tuotantokapasiteetti vuodessa

Moottorihammaspyörien nykyinen vuosikapasiteetti käytettäessä varrasmallista panostelinettä:

Panospaketti viipyy hiiletyskarkaisu-uunissa noin 5 tuntia. Lämpökäsittely on jatkuvaa toimintaa eli seuraavissa laskuissa voidaan käyttää desimaaleja.

$$\text{Vuorokaudessa paketteja valmistetaan: } \frac{24 \text{ h}}{5 \frac{\text{h}}{\text{pkt}}} = 4,8 \frac{\text{pkt}}{\text{vrk}}$$

$$\text{Viikossa on 6 työpäivää: } 6 \text{ vrk} \cdot 4,8 \frac{\text{pkt}}{\text{vrk}} = 28,8 \frac{\text{pkt}}{\text{vk}}$$

Yhdessä panospaketissa on 190 moottorihammaspyörää ja viikossa valmistetaan:

$$190 \cdot 28,8 \frac{\text{pkt}}{\text{vk}} = 5472 \frac{\text{kpl}}{\text{vk}}$$

Vuodessa on 47 työviikkoa ja moottorihammaspyöriä valmistetaan:

$$47 \text{ vk} \cdot 5472 \frac{\text{kpl}}{\text{vk}} = 257184 \frac{\text{kpl}}{\text{vuosi}}$$

Kapasiteettimäärä kg per vuosi, kun yksi hammaspyörä painaa 2,65 kg:

$$257184 \frac{\text{kpl}}{\text{vuosi}} \cdot 2,65 \text{ kg} = 681538 \frac{\text{kg}}{\text{vuosi}}$$

6.4.2 Moottorihammaspyörien uusi tuotantokapasiteetti vuodessa

Moottorihammaspyörien uusi vuosikapasiteetti käytettäessä lappeellaan mallista panostelinettä:

Panospaketti viipyy hiiletyskarkaisu-uunissa noin 5 tuntia.

$$\text{Vuorokaudessa paketteja valmistetaan: } \frac{24 \text{ h}}{5 \frac{\text{h}}{\text{pkt}}} = 4,8 \frac{\text{pkt}}{\text{vrk}}$$

$$\text{Viikossa on 6 työpäivää: } 6 \text{ vrk} \cdot 4,8 \frac{\text{pkt}}{\text{vrk}} = 28,8 \frac{\text{pkt}}{\text{vk}}$$

Yhdessä panospaketissa on 72 moottorihammaspyörää ja viikossa valmistetaan:

$$72 \cdot 28,8 \frac{pkt}{vk} = 2073,6 \frac{kpl}{vk}$$

Vuodessa on 47 työviikkoa ja moottorihammaspyöriä valmistetaan:

$$47 \text{ vk} \cdot 2073,6 \frac{kpl}{vk} = 97459,2 \approx \underline{97459} \frac{kpl}{vuosi}$$

Kapasiteettimäärä kg per vuosi, kun yksi hammaspyörä painaa 2,65 kg:

$$97459,2 \frac{kpl}{vuosi} \cdot 2,65 \text{ kg} = \underline{258267} \frac{kg}{vuosi}$$

Tulevaisuuden kapasiteettimäärän muutos verrattuna nykyiseen tuotantoon:

$$\frac{257184 \text{ kpl} - 97459 \text{ kpl}}{257184 \text{ kpl}} \cdot 100 \% = 62,1 \% \approx \underline{62} \%$$

Tulevaisuuden kapasiteetti yhdelle uunille on siis 62 % pienempi kuin nykyinen kapasiteetti. Näin ollen toisen hiiletyskarkaisu-uunin hankinta tulee olemaan välttämätön, koska hammaspyörien valmistusmäärä uudella panostustavalla ei täytä 105 000 hammaspyörän vähimmäismäärän vaatimusta vuodessa.

Jos hankitaan toinen hiiletyskarkaisu-uuni, vuosikapasiteetti kaksinkertaistuisi:

$$2 \cdot 97459 \frac{kpl}{vuosi} = \underline{194918} \frac{kpl}{vuosi}$$

Kahdella hiiletyskarkaisu-uunilla ja uudella panosmallilla voidaan saavuttaa nykyisestä vuosikapasiteetista 76 %.

$$\frac{194918 \text{ kpl}}{257184 \text{ kpl}} \cdot 100 \% = 75,8 \% \approx \underline{76} \%$$

Hammaspyörien tuotantomäärä vähentyisi tulevaisuudessa noin 24 %, mutta valmistettava määrä kattaisi kuitenkin reilusti 105 000 moottorihammaspyörän vähimmäisvalmistusvaatimuksen. Tämänkin jälkeen hammaspyörät voisi käyttää vielä noin 44 000 ylimääräiseen moottoriin tai varaosiksi. Määrä on riittävä Sisu Diesel Oy:n tarpeisiin, mutta tulevaisuuden tarpeista ei voi vielä tietää.

7 TULOSTEN TARKASTELU

Uuden hiiletyskarkaisu-uunin hankinta aloitettiin hammaspyörätuotannon lämpökäsittelylinjan layout-kuvien suunnittelulla. Layout-kuvat ovat todenmukaisia ja käsittelevät jokaista uunin mahdollista asennuspaikkaa. Layout-kuvissa on otettu huomioon käytettävä lämpökäsittelylinjan pinta-ala ja sitä rajoittavat tekijät mm. kattopalkit, pystypilarit, seinät, lattiakanavat ja turvallisuusmääräykset. Sisu Diesel Oy:n päätettäväksi jäävät layout-kuvat nro 1 ja 2, koska Ipseniltä saatu uunin hintatarjous on tehty näiden kuvien perusteella. Layout-kuvat ovat liitteissä nro 1-3.

Layout-kuvien jälkeen aloitin uuden panostelineen suunnittelun. Panostelineen suunnittelu oli aikaa vievin osio tutkintotyöprojektissa. Panostelineen suunnittelussa piti ottaa huomioon monia toiminnallisia vaatimuksia ja samalla sovittaa telineeseen mahdollisimman monta hammaspyörää. Uusi lappeellaanmallinen panosteline on kuitenkin toteutuskelpoinen, ja siitä tilataan sarja koekäyttöön mahdollisimman pian. Panostelineen tuotantopiirustukset ovat liitteessä nro 4 ja panostelineen tyyppiritilän tasopiirustus liitteessä nro 5.

Panostelineen suunnitteluun liittyivät myös hammaspyörätuotannon kapasiteettilaskut. Kapasiteettilaskuilla verrataan tuotantomäärää vanhan ja uuden panostustavan välillä. Vanhalla varasmallisella panostustavalla karkaistaan hammaspyöriä huomattavasti enemmän, mutta laatu ei ole kuitenkaan kovin hyvä. Uudella lappeellaanmallisella panostuksella tuotantomäärä ei ole suuri, mutta laatu on paljon parempaa. Tuotantomäärän eroja pystytään kuitenkin tulevaisuudessa tasoittamaan noin 76 % nykyisestä kapasiteetista uuden hiiletyskarkaisu-uunin hankinnalla.

Hammaspyörätuotannon lämpökäsittelylinjan laajennuksen suunnittelumateriaali, layout-kuvat sekä hiiletyskarkaisu-uunin hintatarjous arkistoidaan Sisu Diesel Oy:lle ja ne otetaan esille, kun päätetään yhtiön vuosien 2006-2008 investointikohteista.

8 YHTEENVETO

Tutkintotyö oli kaiken kaikkiaan hyvin mielenkiintoinen, sopivan laaja ja haastava. Yhteistyö opettajan ja tutkintotyön valvojan kanssa sujui hyvin. Lisäksi Mandy Herzog Wilson Ipsen-yhtiöstä oli erittäin ystävällinen ja hyvin yhteistyökykyinen. Yhteydenpito Saksaan hoidettiin sähköpostilla. Joulun jälkeen yhteyshenkilöni muuttui, ja Mandy Wilsonin tilalle sain Ipsenin myyntiosastolta Herbert Hansin.

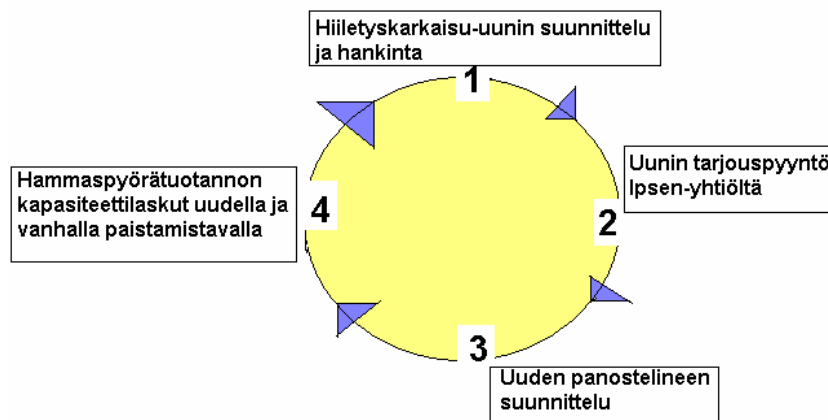
Tutkintotyö kokonaisuudessaan on hyvin tarpeellinen ja käyttökelpoinen Sisu Diesel Oy:lle. Yhtiön suunnitelmissa on ollut jo jonkin aikaa hammaspyörävalmistuksen lämpökäsittelylinjan laajentaminen ja samalla tuotettavan hammaspyörän laadun parantaminen. Laadun tärkeyden myötä tutkintotyön merkittävin tehtävä on kuitenkin uuden panostelineen suunnittelu. Uuden panostustelineen ansiosta saadaan myös hammaspyörien laatuominaisuuksia parannettua.

Työn kautta olen oppinut, miten pitkä, kallis ja monivaiheinen prosessi on lämpökäsittelyuunin hankkiminen. Tutkintotyö on myös yleensäkin hyvänä esimerkkinä teollisuuskoneiden hankinnasta. Suunnittelussa pitää ottaa huomioon taloudellisuus, tehokkuus sekä samalla turvallisuuden maksimointi. Lisäksi olen saanut oppia paljon hammaspyöristä ja niiden monivaiheisesta valmistusprosessista.

Tästä aiheesta on myös paljon hyötyä oman ammattini kehitykselle. Työ tehdään teollisuuden parissa, ja se vaatii taitoja teknillisestä piirtämisestä ja suunnittelusta. Lisäksi tehtävän suorittamiseen on tarvittu matemaattisuutta, luovuutta sekä kielitaitoa.

Tutkintotyön aikana ei ilmennyt mitään suuria ongelmia. Mieluisinta oli layout-kuvien suunnittelu ja yhteydenpito saksalaisiin uunimyyjiin. Kielitaitoni harjaantui erityisesti englannin teknisen sanaston osalta. Alussa pieniä ongelmia tuotti aikataulun suunnittelu, koska tutkintotyön aihe tuntui aluksi melko laajalta.

Oli kuitenkin tärkeää suorittaa työ johdonmukaisessa järjestyksessä yksi kokonaisuus kerrallaan. Ensin luotiin suunnitelma uudesta hiiletyskarkaisu-uunista ja aloitettiin yhteydenpito Saksaan. Uuniprojektin jälkeen suunniteltiin uusi panosteline. Panostelineen piirustuksien jälkeen voitiin pohtia tuotannon kapasiteetilaskuja kun tiedettiin, kuinka monella hammaspyörällä vähentyisi uuden panostelineen pakkaaminen. Kapasiteetilaskuja vertailemalla uudelle uunille saadaan perustelut sen tarpeellisuudelle ja ostolle.



Kuva 18. Tutkintotyö eteni kokonaisuus kerrallaan.

Tutkintotyön alussa paljon aikaa vei myös tutustuminen itse aiheeseen sekä perehtyminen hiiletyskarkaisun teoriaan. Laajaa kirjallisuutta hiiletyskarkaisusta ei ollut kovin paljoa saatavilla, koska se on vain yksi tapa useista erilaisista lämpökäsittelymenetelmistä.

LÄHTEET

Painetut lähteet

- 1 Ansaharju, Tapani – Ilomäki, Osmo – Katainen, Harri – Maaranen, Keijo – Mäkinen, Armas, Materiaalitekniikka. WSOY kone- ja metallitekniikka, Porvoo 1996. 213 s.
- 2 Härkönen, Seppo – Kivivuori, Seppo, Lämpökäsittelyoppi. Teknologiateollisuus ry, Tammer-Paino Oy, Tampere 2004. 287 s.
- 3 Ollilainen, Vesa – Vihavainen, Lasse, Mittamuutoksista hiiletyskarkaisussa. Konepajamies n:o 10, 1977. Sivut 15-21.

Painamattomat lähteet

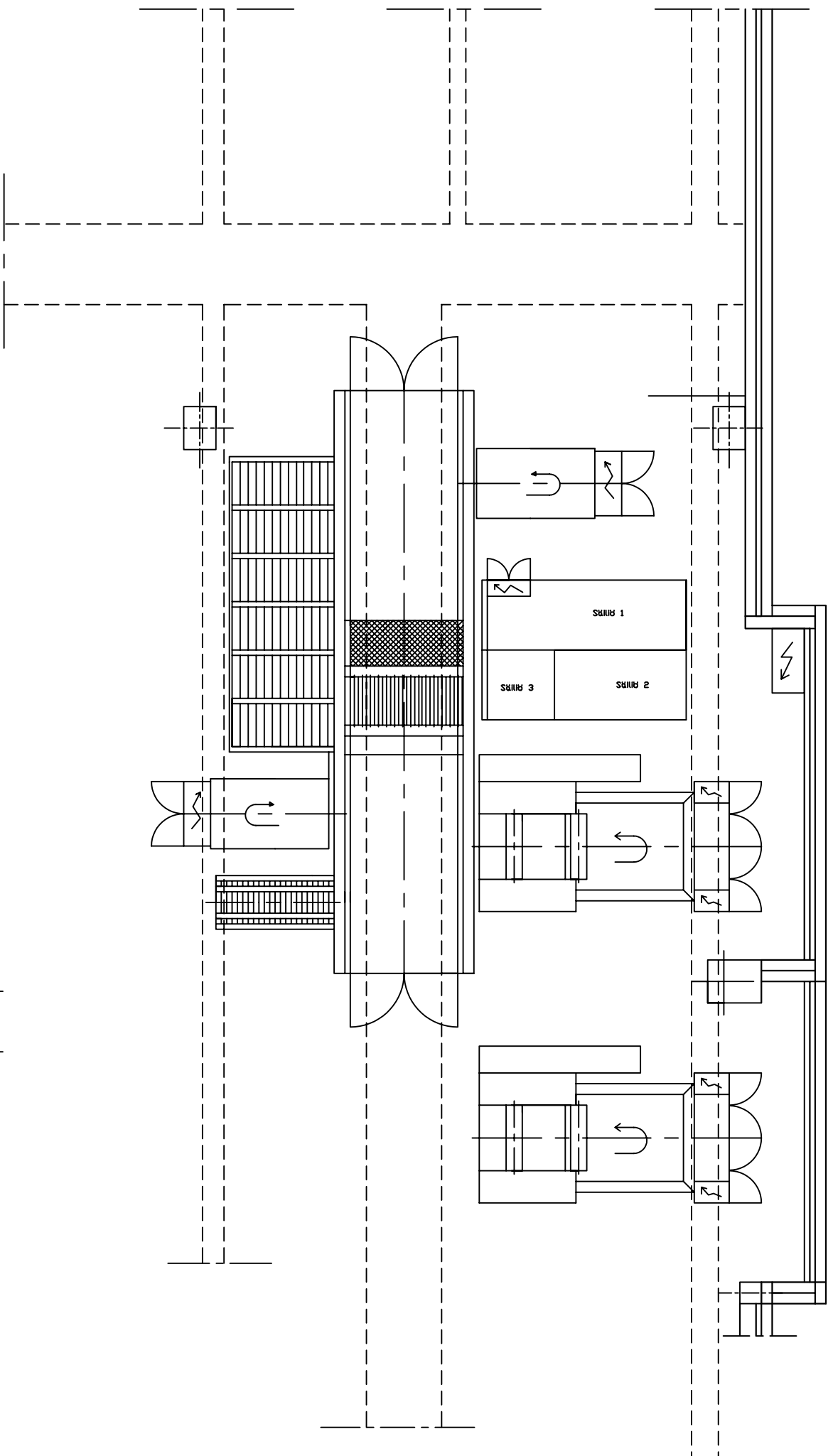
- 4 Frantzi, Olli, työnjohtaja. Keskustelut 2005-2006. Sisu Diesel Oy. Linnavuori
- 5 Koivisto, Kaarlo, lehtori. Keskustelut 2005-2006. Tampereen ammattikorkeakoulu

Sähköiset lähteet

- 6 Ipsen GmbH. [www-sivu]. [viitattu 31.10.2005] saatavissa: <http://www.ipsen-international.com>
- 7 Herzog Wilson, Mandy, Diplomi-insinööri. Ipsen GMBH. [Sähköpostiviesti.] 22.11.2005
- 8 Bodycote Lämpökäsittely Oy Finland. [www-sivu]. [viitattu 15.11.2005] saatavissa: http://www.bodycote.fi/fi/Frameset_Yritys.htm
- 9 Ipsen [www-sivu]. [viitattu 26.11.2005] saatavissa: <http://www.ipsen-international.com/en/20.htm> , Ipsen on top -PDF-tiedosto sivu 13.
- 10 Sisu Diesel Oy [www-sivu]. [viitattu 17.12.2005] saatavissa: <http://www.sisudiesel.com>
- 11 Agco Corporation [www-sivu]. [viitattu 11.1.2006] saatavissa: <http://www.agcocorp.com/default.cfm?pid=1.16.2>

LIITTEET

- 1 Layout nro 1 hammaspyörän lämpökäsittelylinjasta
- 2 Layout nro 2 hammaspyörän lämpökäsittelylinjasta
- 3 Layout nro 3 hammaspyörän lämpökäsittelylinjasta
- 4 Uuden panostelineen tuotantopiirustus
- 5 Uuden panostelineen tyyppiritilän tasopiirustus

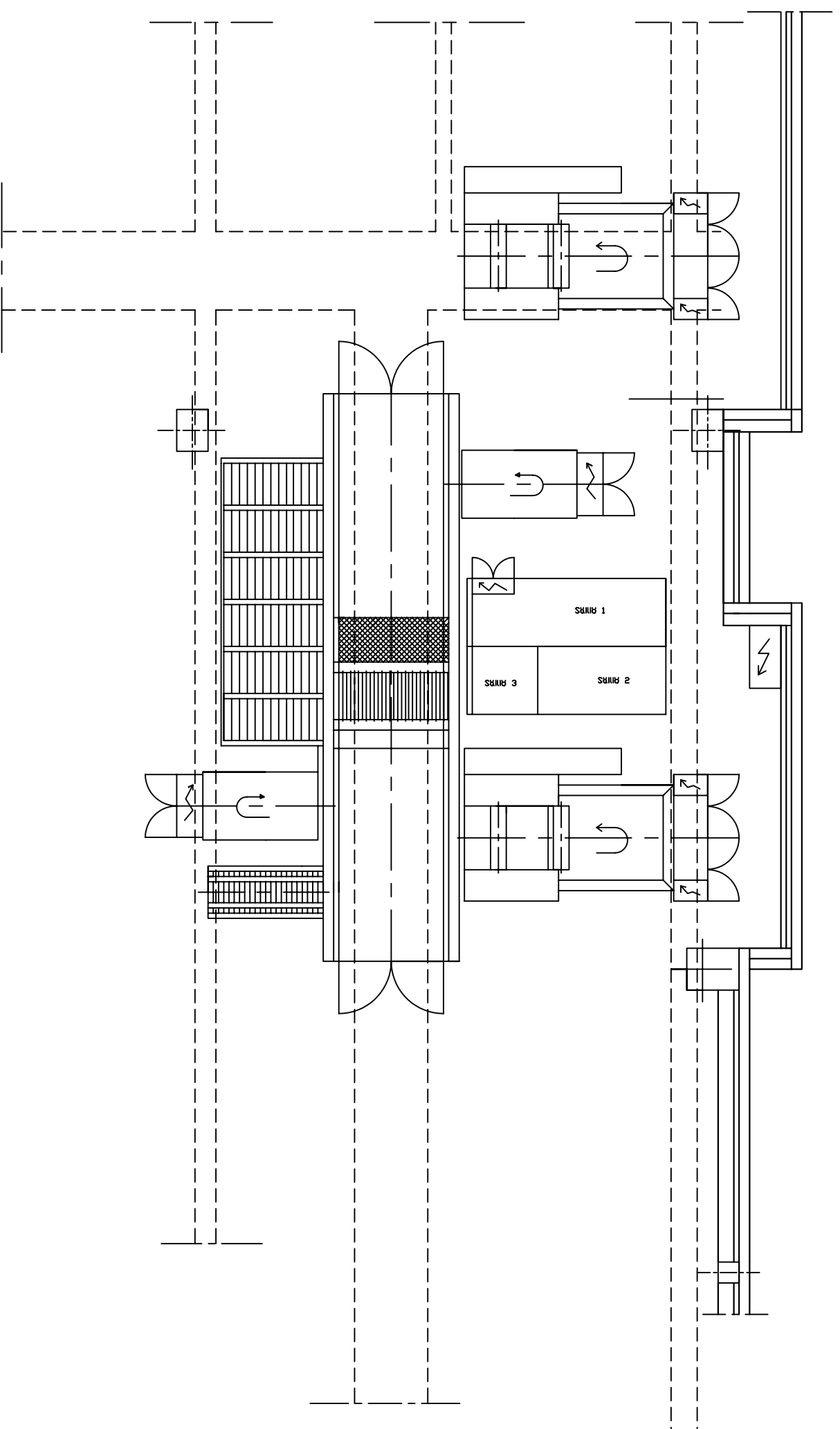


Tunnus	Muutoksen sisältö	Päiväys	Tekijä
--------	-------------------	---------	--------

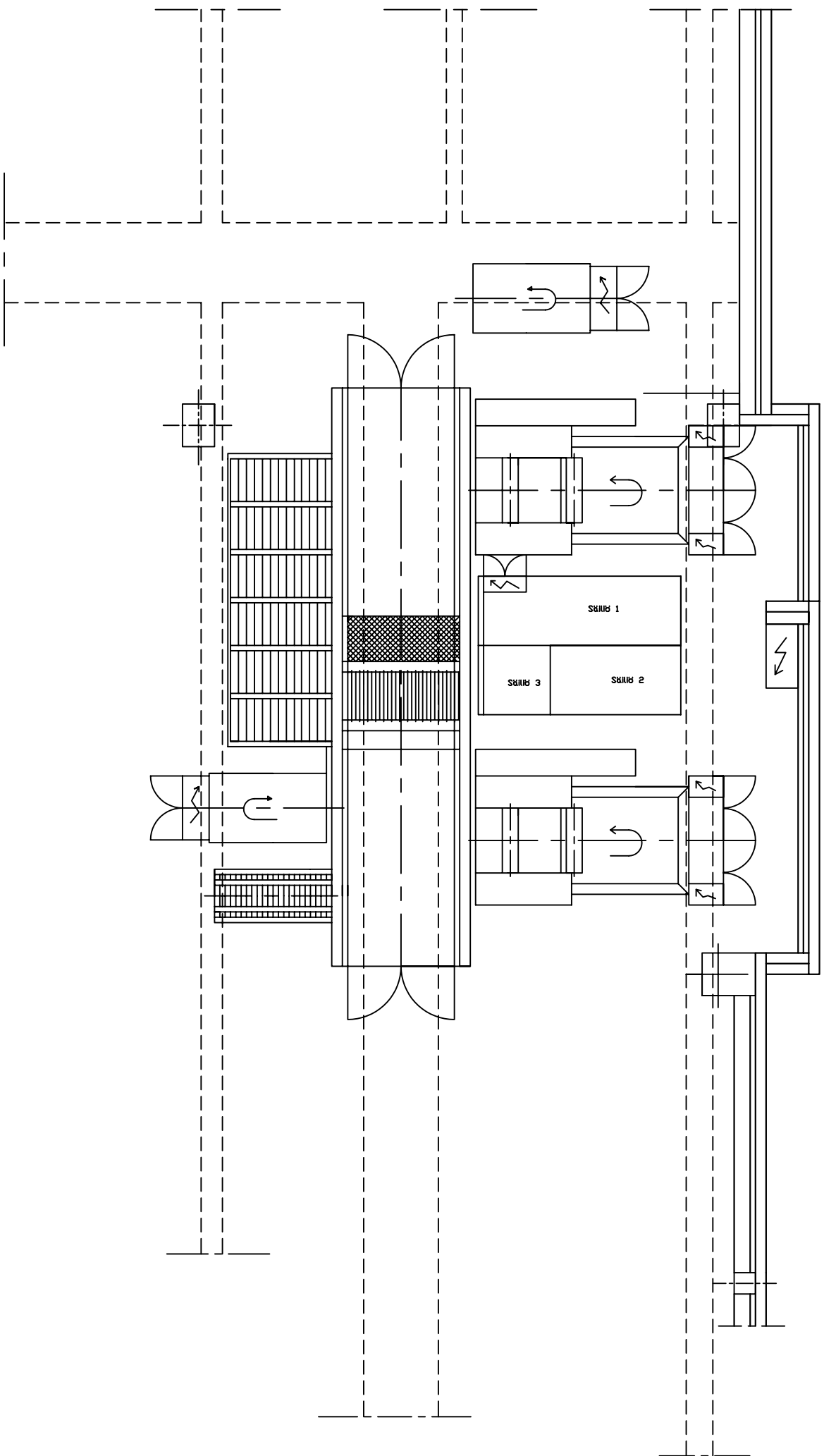
Sisu Diesel Oy		Piirustuskäsi	
		AutocAD	

Suunnittelukohteen nimi ja osoite		Piirustuksen sisältö ja mittakaava	
Hammaspöyrän lämpökäsittelylinja		Layout 1	
		1:100	

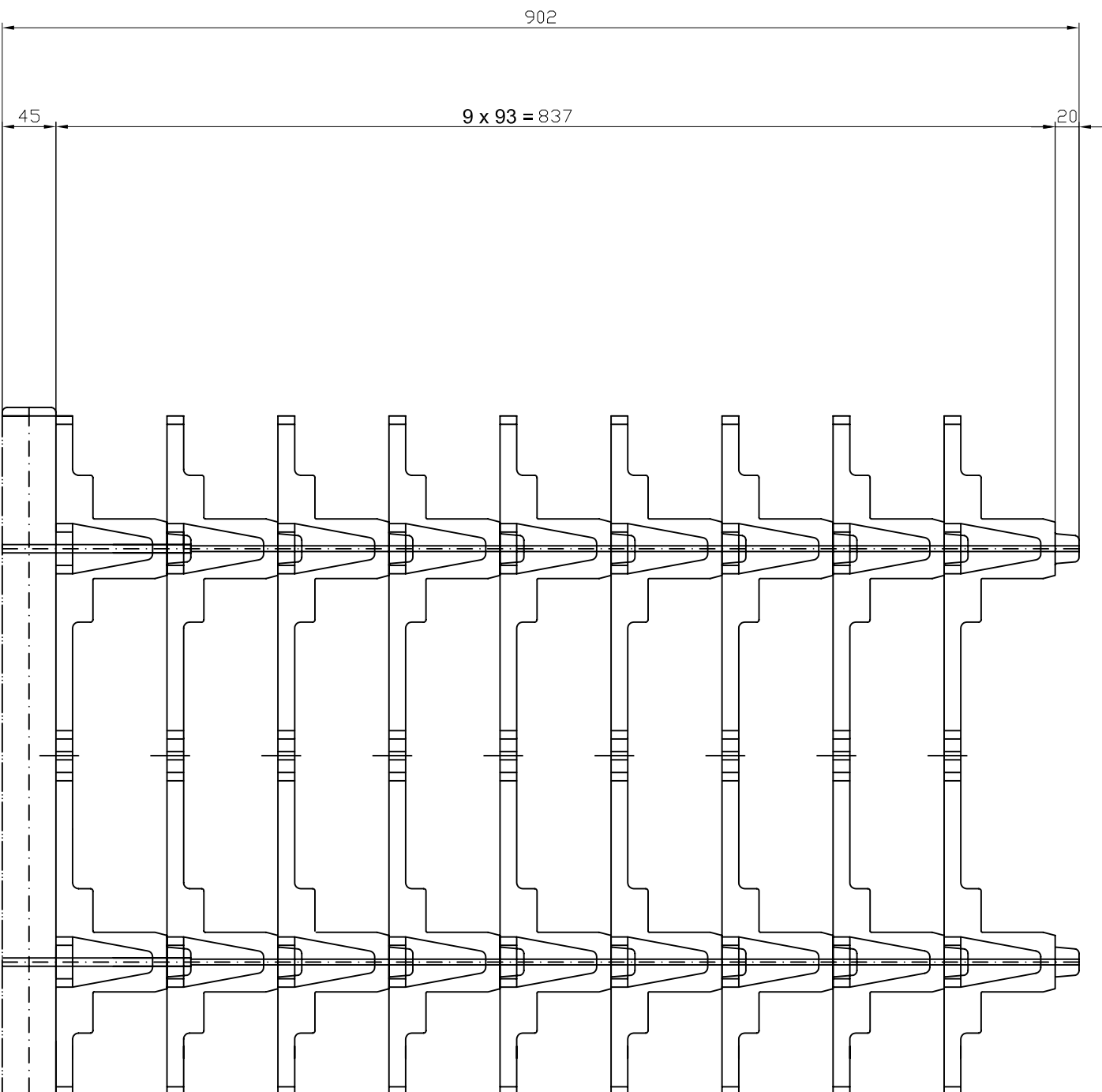
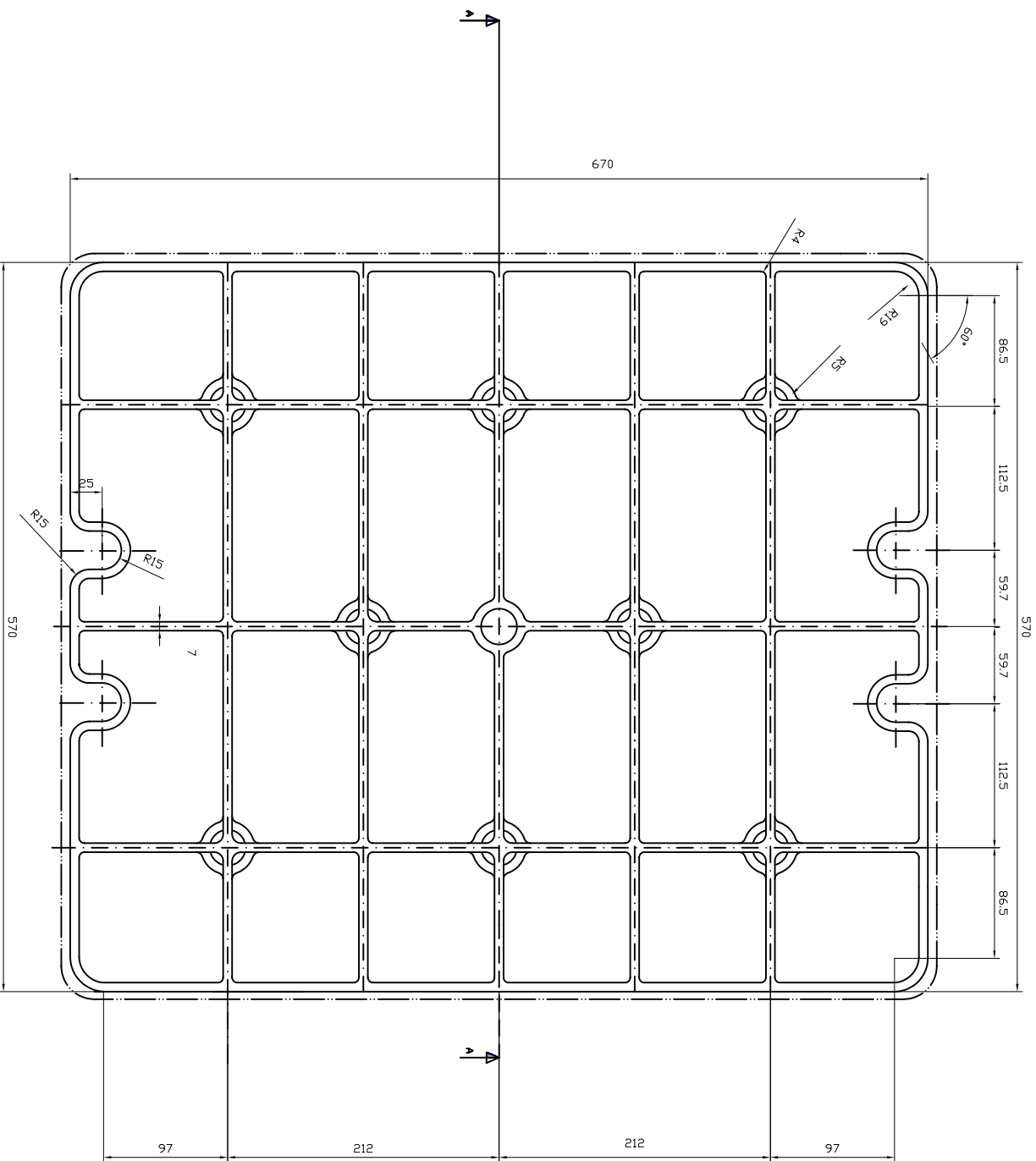
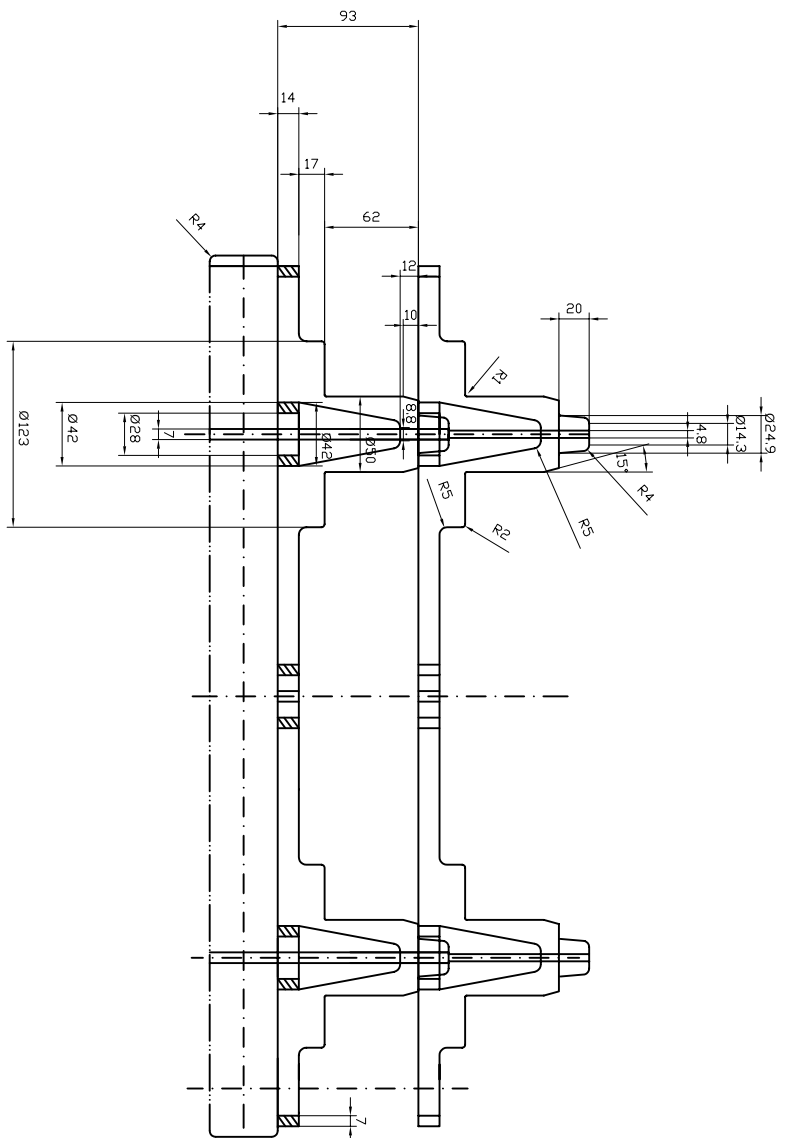
Suunnittelija: Paulina Mäkinen paulina.makinen@me.tpu.fi		Piirustusnumero	Muutos
suunn.	PM		
Päiväys		31. 1. 2006	



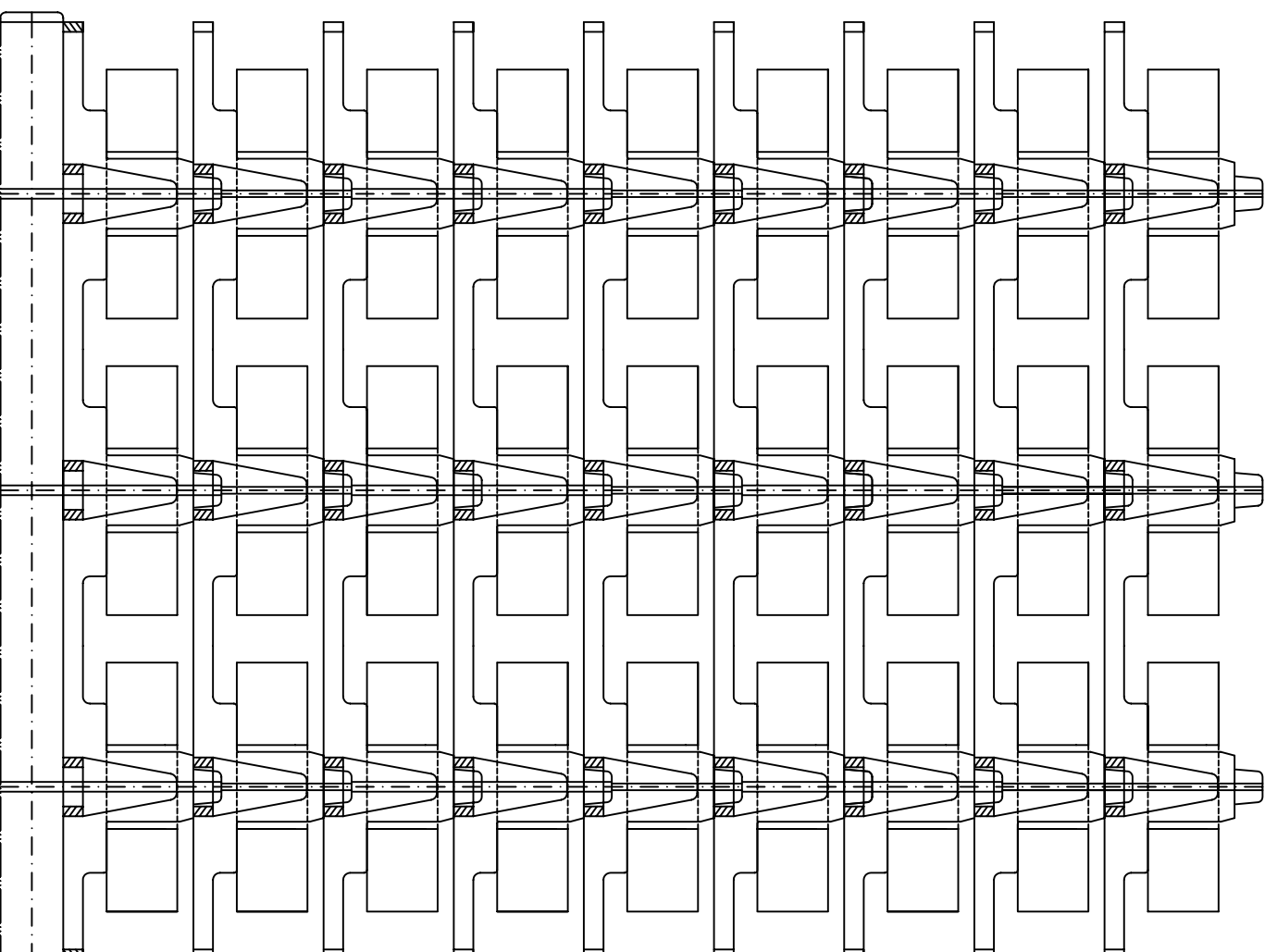
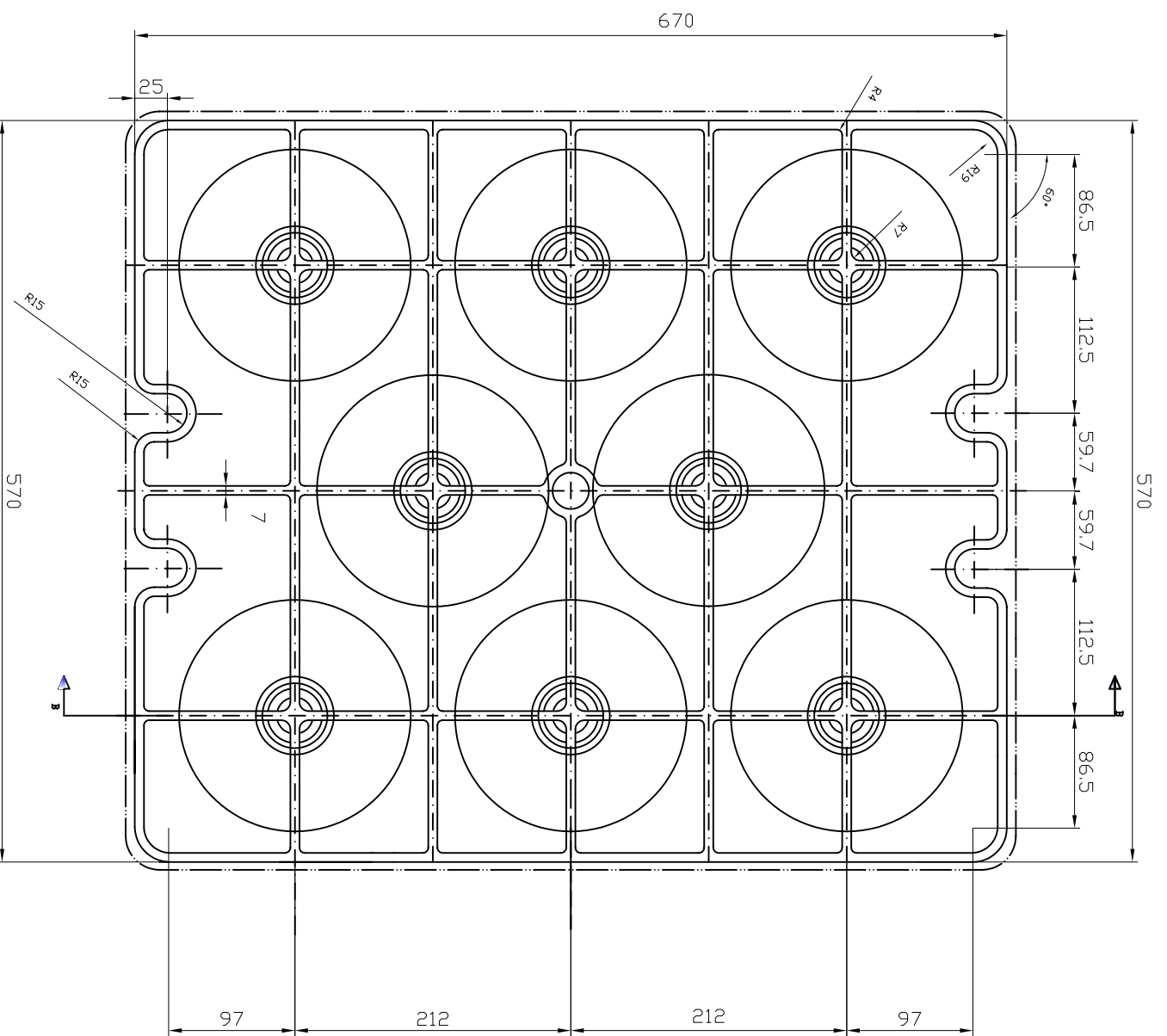
Tunnus		Muutoksen sisältö		Päiväys		Tekijä	
Sisu Diesel Oy							
		Pirtustuslaji AutocAD					
Suunnittelukohteen nimi ja osoite		Pirtustuksen sisältö ja mittakaava					
Hammaspyörän lämpökäsittelylinja		Layout 2		1: 100			
Suunnittelija: Paulina Mäkinen paulina.makinen@me-tpu.fi		suunn. PM		Pirtustusnumero		Muutos	
		Päiväys		31. 1. 2006			



Tunnus		Muutoksen sisältö		Päiväys		Tekijä	
Sisu Diesel Oy							
		Pirtustusajuri					
		AutocAD					
Suunnittelukohteen nimi ja osoite				Pirtustuksen sisältö ja mittakaava			
Hammaspyörän lämpökäsittelylinja				Layout 3			
				1:100			
Suunnittelija: Paulina Mäkinen		Pirtustusnumero		Muiden			
paulina.makinen@me-tpu.fi							
suunn. PM		Päiväys		Muiden			
		31. 1. 2006					



Tunnus		Muutoksen sisältö		Päivitys	Tehtävä
Sisu Diesel Oy					
Suunnittelukohteen nimi ja osoite		Suunnitusselitys		AutocAD	
Hammaspyörän lämpökäsittelylinja		Painostelilinen tuotantopiirustus		1:5	
Suunnittelija: Paulina Mäkinen paulina.makinen@me-ipu.fi		suunn. PM		Päivitys	
		31.1.2006		Muutos	



Tunnus		Muutoksen sisältö		Päiväys	Tekijä
Sisu Diesel Oy					
Pirtustuslaji AutocAD		Pirtustuksen sisältö ja mittakaava			
Suunnittelukohteen nimi ja osoite Hammaspyörän lämpökäsittelylinja		Ponosteluneen tyypittilän tasopiirustus			
Suunnittelija: Paulina Mäkinen paulina.makinen@me.tpu.fi		Pirtustusnumero	Muutos		
suunn.	PM	Päiväys			
		31. 1. 2006			