

Matias Juutilainen

Hihnan reunasulkukoneen suunnittelu

Transpap Oy

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

26.10.2012

Tekijä Otsikko	Matias Juutilainen Hihnan reunasulkukoneen suunnittelu
Sivumäärä Aika	34 sivua + 8 liitettä 26.10.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Pekka Salonen Toimitusjohtaja Eero Peltola
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Transpap Oy:lle. Työn tarkoitus on suunnitella ja kehittää ja hihnan reunasulkukone. Tavoitteena oli kehittää varma ja luotettava hihnan reunansulatusmenetelmä, jota yritys voisi hyödyntää tuotteissaan. Sulatusmenetelmän lisäksi suunniteltiin koneen loputkin osat ja runko kokonaisuudessaan. Lisäksi työssä kerrotaan kuljetinhihnoista, niiden historiasta, käytöstä, ominaisuuksista ja elintarvikestandardeista.</p> <p>Kehitys- ja suunnittelutyöt aloitettiin aivan alkutekijöistä. Varsinaista mallia tai esimerkkiä ei ollut, vaan kaikki piti itse kehittää. Kaikki menetelmä- ja hihnan reunan paistokokeet suoritettiin yrityksen tiloissa olemassa olevilla laitteilla ja välineillä. Hihnan materiaaliin liittyvät tiedot ja ohjeet saatiin yrityksen työntekijöiltä ja erilaisista esitteistä. Itse hihnan reunansulatusta kokeiltiin kolmella erilaisella menetelmällä, joista parhaiten menestynyt valittiin jatkokehitystä varten.</p> <p>Hihnan reuna saatiin sulatettua haluttuun muotoon ja malliin. Taitettu silikonimatto-menetelmä oli ylitse muiden, ja sen kehitystä jatkettiin. Sivupalamenetelmä osoittautui osittain toimivaksi, mutta sen kehittäminen jätettiin tämän työn ulkopuolelle. Tämän lisäksi saatiin poissuljettua heikot valmistusmenetelmät. Taitettu silikonimatto-menetelmää hyväksi käyttäen suunniteltiin loput osat koneesta.</p> <p>Työn tulokset mahdollistavat hihnan reunansulkukoneen lopullisen suunnittelun ja valmistuksen. Reunasulkukone saatiin kokonaan hahmoteltua ja suunniteltua. Työ mahdollistaa myös poissuljetun sivupalamenetelmän jatkokehityksen ja parantamisen.</p>	
Avainsanat	kuljetinhihnat, reunansulku, FDA, HACCP, reunasuljetut hihnat

Authors Title	Matias Juutilainen Design of Machine for Belt Edge Sealing
Number of Pages Date	34 pages + 8 appendices 26 Oct 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Specialisation option	Production Engineering
Instructors	Pekka Salonen, Senior Lecturer Eero Peltola, CEO
<p>This thesis was carried out for Transpap Oy. The purpose is to design and develop a belt edge sealing machine. The aim is to develop a safe and reliable method for the edge melting process that the company could utilize in the manufacture of its products. In addition to this, the other parts of the machine are planned, as well. This thesis also describes conveyor belts, their history, use, properties and food safety standards.</p> <p>Development and design work began from scratch. As there was no existing model or example the whole process had to be developed. All experiments and tests were carried out on the company premises using the company's equipment. Information concerning the belts was obtained from employees and brochures. Belt edge melting was tested using three different methods. The best method was selected for further development.</p> <p>The tests were completed successfully. The edge of the shape and pattern turned out as expected. One method turned out to be partially effective but its development was not included in this thesis. The best method of three tested was the folded silicon fabric and it was chosen to be developed further.</p> <p>The results of this thesis allow for the final machine design and manufacture. The work also enables the development and improvement of the partially effective method currently excluded.</p>	
Keywords	conveyor belt, sealing edge, FDA, HACCP, edge of closed-belts

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Transpap Oy	2
3	Hihnan reunansulkukoneen suunnittelun aloitus	2
4	Kuljetushihnat	4
4.1	Kuljetushihnojen historia ja käyttö	4
4.2	Kuljetushihnan koostumus ja ominaisuudet	5
4.3	FDA ja HACCP	9
4.4	Reunasuljettu hihna	10
5	Hihnan reunan sulatus	11
5.1	Sulatuksen lähtökohdat ja tavoitteet	11
5.2	Sulatuskeinojen kokeilu	12
5.2.1	POM-sivumuotti	12
5.2.2	Metallilevyt teflonkyllästetyllä lasikuituteipillä	16
5.2.3	Taitettu silikonikangas	17
5.3	Sulatuksen tulosten analysointi ja pohdinta	19
6	Reunasulkukoneen rungon suunnittelu	22
6.1	Reunasulkukoneen hahmottelu	22
6.1.1	Koneen runko ja sen valmistusmenetelmä	24
6.1.2	Hihnan sulattaminen	26
6.1.3	Reunan puristaminen	29
6.1.4	Reunan jäähdytys	29
6.2	Reunasulkukoneen luonnos ja jatkotoimenpiteet	30
7	Yhteenveto ja tavoitteiden saavuttaminen	32
	Lähteet	34

Liitteet

Liite 1. Palaverit ja haastattelut

Liite 2. Sivupala versio 1

Liite 3. Sivupala versio 2

Liite 4. Sivupala versio 3

Liite 5. Koneen työpiirustus 1

Liite 6. Koneen työpiirustus 2

Liite 7. Koneen työpiirustus 3

Liite 8. Koneen 3D-kuva

1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena on hihnan reunasulkukoneen suunnittelu ja kehittäminen. Työn tilaajana on Transpap Oy, joka on erikoistunut Forbo Siegling GmbH:n (Oy) kuljetin- ja voimansiirtohihnojen maahantuontiin. Yritys pystyy tällä hetkellä ainoastaan tilaamaan reunasuljettuja hihnoja, mutta ei valmistamaan niitä. Reunansulkukoneella yritys voisi itse tuottaa reunasuljettuja hihnoja ja tehdä niille korjaustöitä. Koneen avulla saataisiin pienennettyä toimitusaikoja huomattavasti ja yritys olisi omavaraisempi. Yrityksellä on vanha reunansulkukone, mutta se osoittautui käyttökelvottomaksi ja vanhaksi. Vanhaa konetta ei lähdetty uusimaan ja parantamaan vaan päätettiin suunnitella alusta alkaen täysin uusi kone.

Yritys pyysi tällaisen koneen suunnittelua ja kehittämistä, koska idea koneesta oli elänyt yrityksessä jo pitkään. Näin ollen yritys sai hyvän mahdollisuuden toteuttaa aikeensa. Yrityksen vanha kone on noin 20 vuotta vanha, joten tekniikan kehitys mahdollistaa uudet lähestymistavat laitetta suunniteltaessa. Työn suunnittelussa ja toteuttamisessa annettiin täysin vapaat kädet, ainoastaan suuntaa antavat tavoitteet laadittiin. Työn aihe on myös hyvin ajankohtainen, koska reunasuljetut hihnat ovat hygieenisempiä ja kestävämpiä ja sekä täyttävät FDA- ja HACCP- standardit. Nykyään, etenkin elintarviketeollisuudessa, on hyvin tarkat säännöt ja standardit hygieniasta. Laitteen tuomat edut vahvistaisivat yrityksen toimintaa ja antaisivat sille edun kilpailijoihin nähden. Toimiva reunansulkukone mahdollistaisi myös muiden hihnojen parantaminen ja käyttöiän pidentämisen.

Työ suoritettiin yrityksen tiloissa olemassa olevilla välineillä ja koneilla. Apuna käytettiin niin henkilökunnan kokemusta ja tietoa kuljetinhihnoista, kuin omaa tietämystä ja kokemusta. Kuljetinhihnoilla on teollisuudessa suuri merkitys, joten työllä on hyvät vaikutukset koko tuotantoteollisuuteen.

2 Transpap Oy

Transpap Oy on voimansiirto- ja kuljetinhihnoin erikoistunut suomalainen yritys, joka perustettiin vuonna 1981 [1]. Yrityksen perusti Sami Peltola, ja nykyisin yrityksen johdossa on hänen poikansa Eero Peltola. Yritys on palvellut Suomen teollisuutta jo 30 vuotta tuomalla maahan Forbo Siegling GmbH:n kuljetus- ja tehonsiirtohihnoja [1]. Yritys sijaitsee Roihupellon teollisuusalueella, ja siinä työskentelee 9 työntekijää. Yrityksen asiakkaiksi lukeutuvat monet suuret suomalaiset yritykset, mm. Valio, Fazer, LU, Ruukki ja monet muut tunnetut suomalaiset suuryritykset.

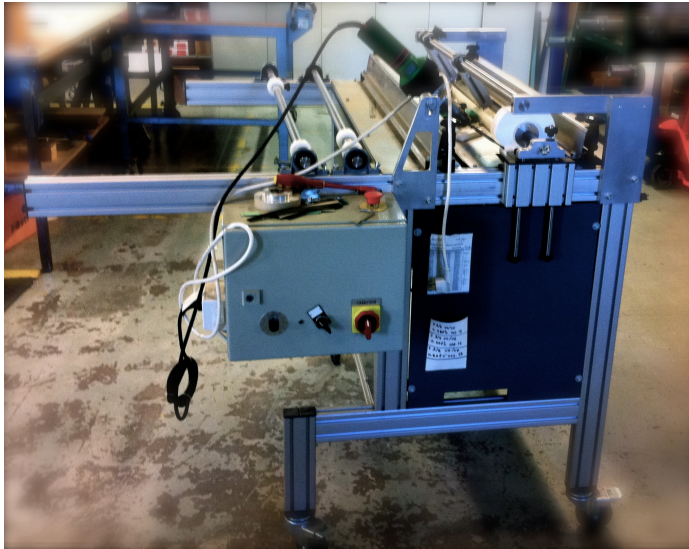
Yritys on Forbo Siegling GmbH:n kuljetus- ja tehonsiirtohihnojen Suomen maahantuoja. Yrityksen tuotteet ja materiaalit tulevat pääasiassa Saksasta Forbon tehtaalta, mutta tuotteita tulee myös seuraavista maista: Tanska, Italia, Sveitsi, Ruotsi, Israel ja Yhdysvallat [2]. Osa tuotteista tilataan suoraan valmistajalta asiakkaalle, mutta yrityksellä on myös oma varasto ja työtilat, joissa voidaan nopeasti valmistaa mittatilaushihna asiakkaille. Yritys tarjoaa myös koko Suomen kattavan asennuspalveluverkoston yhdessä yhtiökumppaneidensa kanssa [1].

Aloitin yrityksessä työskentelyn 19.4.2010 opiskeluun liittyvällä työharjoittelulla. Työharjoittelun jälkeen siirryin osa-aikaiseksi työntekijäksi ja työskentelin opiskelun ohella. Työskentelin yrityksessä kesätyöntekijänä vuosina 2011 ja 2012. Lisäksi tein siellä kouluun liittyvän projektityön 2:n. Yritys tarjosi minulle myös insinööriyön aihetta ja työn tekeminen aloitettiin tammikuussa 2012.

3 Hihnan reunansulkukoneen suunnittelun aloitus

Yritys ehdotti lopputyön aiheeksi hihnan reunansulkukoneen suunnittelua, koska yrityksellä ei sellaista ole ja näin ollen kaikki reunasuljetut hihnat joudutaan tilaamaan päämieheltä. Tämän takia toimitusajat ovat pidemmät ja korjaustöitä on mahdoton toteuttaa. Koneen avulla voitaisiin toteuttaa pienet tilaukset yrityksen tiloissa ja tehdä nopeita korjaustöitä. Päämieheltä Saksasta löytyy reunansulkukone, mutta sitä ei suostuta myymään eteenpäin [2]. Kone ei ollut ennestään tuttu, joten kaikki suunnittelut ja kokeilut piti aloittaa aivan alkutekijöistä. Yrityksellä tosin on noin 20 vuotta vanha hihnanreunansulatuskone (Kuva 1), mutta se osoittautui epäkäytännölliseksi ja toimimattomaksi.

Kahden vuoden työkokemuksen pohjalta perusasiat ja materiaalitietämys olivat jo olemassa.



Kuva 1. Noin 20 vuotta vanha hihnan reunansulatuskone, joka valmistettiin tilaustyönä. Kone osoittautui epäkäytännölliseksi ja epävarmaksi.

Tavoitteeksi asetettiin aluksi suunnitella täysin automaattinen reunansulkukone, joka siirtäisi hihnaa automaattisesti ja sulattaisi aina uuden kohdan reunasta. Tämä osoittautui liian työlääksi ja aikaa vieväksi. Lopuksi päädyttiin suunnittelemaan reunansulku kone, joka paistaisi hihnan reunan, mutta siirto tulisi suorittaa käsin. Vaatimuksiksi asetettiin toimintavarmuus ja työn jälki, jotta työ onnistuisi aina ja työn jälki olisi hyvää [2]. Tarvittaessa hihnanreuna tulisi pystyä paistamaan uudelleen, mikäli siihen olisi tarvetta. Työhön liittyvät kokeet suoritettiin työpaikalla olemassa olevilla välineillä ja kalustolla. Pää tavoitteena olisi kehittää toimiva valmistusmenetelmä ja lopuksi suunnitella koneelle runko ja osat.

Työn vaativin osuus oli saada hihnanreuna sulamaan haluttuun muotoon ja tilaan. Sula hihnamateriaali on erittäin tarttuvaa ja siksi hankala käsitellä. Työt aloitettiin tämän asian selvittämällä ja ratkaisemisella. Loppukoneen suunnittelu ei ollut hankalaa, koska kone on toiminnaltaan hyvin yksinkertainen. Pneumatiikka hoitaa puristuksen ja vastukset hihnan sulatuksen. Lisäksi tarvitaan antureita mittaamaan painetta, lämpötilaa ja aikaa. Kokeet suoritettiin yrityksen omilla hihnanliitoskoneilla. Kokeiden suorittaminen oli haastavaa, koska kyseiset koneet on tehty hihnan liitostöitä varten, ja niitä tarvitaan päivittäisen tuotannon tekemiseen (Kuva 2).



Kuva 2. Kaksi puristinta, HDP 60 M150 (vas.) ja Novitool aero 600 (oik.).

4 Kuljetushihnat

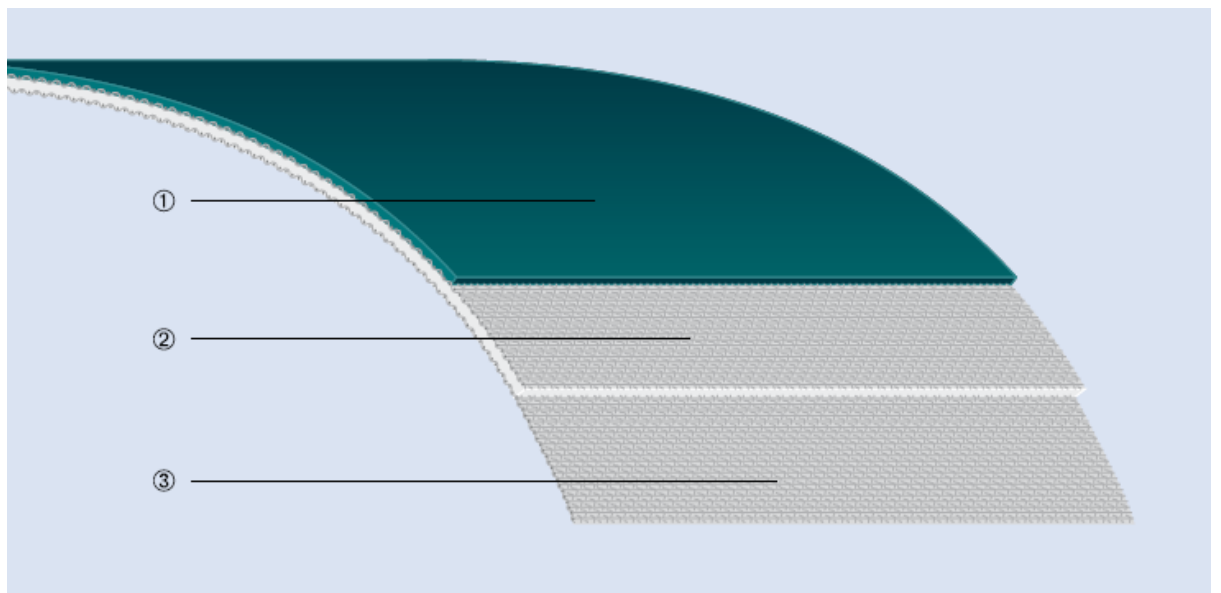
4.1 Kuljetushihnojen historia ja käyttö

Kuljetushihnojen käyttö teollisuudessa, kaivostoiminnassa ja varastoissa on ollut sidoksissa sähkömoottorin käytön alkamiseen, eli voidaan sanoa, että ensimmäiset kuljettimet on keksitty 1900-luvun alussa. Sähkömoottorista saatiin riittävä vääntömomentti kuljettimen liikkeelle saamiseksi. Alussa hihnamateriaalina käytettiin eläinnahkaa tai teräksistä nauhaa. Nykyään materiaalina ovat nahkan lisäksi mm. uretaani, PVC ja erilaiset sekoitukset [3].

Kuljetushihnoja käytetään nykyään hyvin tuloksin kaikkialla maailmassa teollisuus-, kaupp- ja palveluyrityksissä. Hihnat ovat luotettavia ja kestäviä kevyen materiaalin kuljetukseen. Niiden käyttö on helppoa ja kustannusystävällistä. Kestävimmät, teräslangalla vahvistetut hihnat soveltuvat hyvin voimansiirtoon.

4.2 Kuljetushihnan koostumus ja ominaisuudet

Kuljetushihnan koostuu kolmesta eri kerroksesta: kulkupinnasta, vahvikekudoksesta ja kuljetuspinnasta (Kuva 3). Hihnojen vahvikekerroksen kuteet ja loimet ovat yleensä polyesteriä, peitekerrokset joko polyvinyylidikloridia (PVC) tai polyuretaania. Jatkuvan kehitystyön vuoksi hihnojen koostumukset ja rakenteet voivat muuttua helposti [4]. Hihnojen pinnoille voidaan myös hitsata erilaisia profiileja kiinni. Näitä käytetään elintarviketeollisuudessa todella paljon. Profiilihihnat ovat hyviä tavarankuljetukseen, kun kyseessä on nousukuljetus. Profiilit kiinnitetään hihnaan lämmön ja liiman avulla.



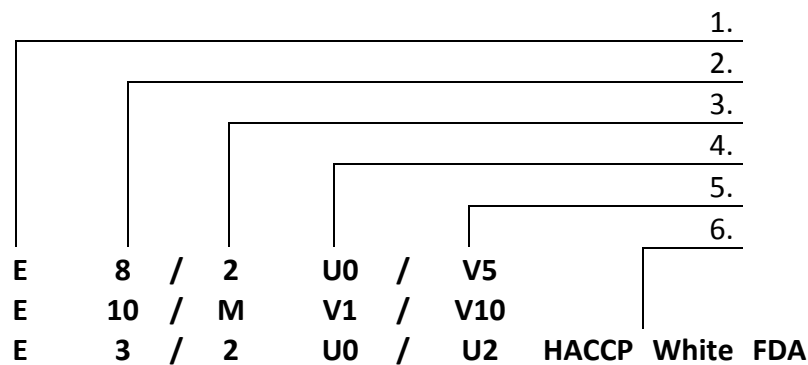
Kuva 3. Hihnan koostumus. 1 on kuljetuspinta, 2 vahvikekudokset ja 3 kulkupinta.

Kuljetuspinnan peitekerros voidaan valita täysin käyttötarkoituksen mukaisesti joko

- kulutusta, viiltoja, mätänemistä ja lahoamista vastaan kestävä
- pysyvästi antistaattinen
- erittäin kestävä öljyjen, rasvojen ja muiden kemikaalien vaikutusta vastaan
- fysiologisia vaatimuksia vastaan
- käyntiääneltään hiljainen
- tarttuva tai luistava tai
- sileä tai kuvioitu.

Vahvikekudokset ja kerrokset takaavat hihnan käyttökelpoisuuden kosteuden ja lämpötilan vaihdellessa. Muita etuja ovat mm. taipuisuus, mittansa pitävyys ja vankkuus [4].

Oikean hihnan valinta käyttötarkoituksen mukaan on tärkeää. Väärän hihnamateriaalin valinta voi rikkoa kuljetinkoneen ja pysäyttää pahimmassa tapauksessa koko tehtaan tuotannon. Kuljetushihnoille on kehitelty oma merkintäsysteemi, joka helpottaa oikean hihnan valitsemista. Seuraavassa esimerkissä on selvennetty Forbo Siegling-ihnoissa käytettävää merkintää.



1. Kudoksen raaka-aine
2. SD-luku*
3. Kudoskerrosten luku tai monikerroskudos
4. Kulkupinnan peitekerros**
5. Kuljetuspinnan peitekerros**
6. Pintakuvio, väri ja hihnan ominaisuudet

* Ominaisjännitys eli SD-luku on se hihnan leveydellä jaettu voima, joka aiheuttaa 1 %:n venymän mittayksikön ollessa N/mm. Se on käyttökelpoinen laskentasuure, joka murtolujuutta paremmin kuvaa hihnan käyttäytymistä toiminta-alueella. *Esim., 1000 mm leveä 8/2 hihna venyy 10 mm, kun siihen kohdistuu 8 N:n voima*

** Ilmoitettava numeroarvo on peitteen paksuus lausuttuna yksikössä 0,1 mm, esim. V5=0,5 mm paksu PVC-peitekerros [4].

Taulukoista 1-5 selviää, mitä eri lyhenteet tarkoittavat [5; 6].

Taulukko 1. Vahvikeverkon rakenne/ materiaali.

AE	Aramidi/ polyesteriin sekoitettu kangas
E	Polyesteri
FC	Polyesteri/ puuvillaan sekoitettu kangas
EP	Polyesteri/polyamidiin sekoitettu kangas
P	Polyamidi

Taulukko 2. Hihnan malli/ rakenne.

1,2,3	Kudoskerrosten/vahvike lukumäärä
M	Kiinteäksi kudottu kangas/ monikudos
NOVO	Polyesteri-kuitukangas
H	Hightech-kangas

Taulukko 3. Pintamateriaali.

A	Polyolefiini
C	Puuvilla
E	Polyesteri
G	Kumi/ elastomeeri
L	Nahka
P	Polyamidi
S	Silikoni
T	Sekoitus tai polyamidi-kangas
U	Uretaani
UH	Kova uretaani
V	PVC= polyvinyylidikloridi
VH	Kova PVC
VS	Pehmeä PVC
O	Päällystämätön
F,Z	Huopa/Veluuri
U0,E0,A0,S0,Y0	Kyllästetty

Taulukko 4. Pinnan kuvio.

AR	Liukumista estävä kuvio
CH	Lähtöselvityshihna/ check-in
FG	Kalanruotokuvio
FSTR	Hienosti kuvioitu
GL	Sileä pinta
GSTR	Karkeasti kuvioitu
KN	Ristikuvio
LG	Pitkittäisurat
MT	Mattapinta
NP	Negatiivinen pyramidikuvio
R	Suuri timanttikuvio
RF	Pienikokoinen pyramidikuvio
RFF	Tasainen vinoneliökuvio
RPH	Korkea pyöreäprofiilipinta
R80	Vinoneliö/matkatavarahihna
SG	Ristikokuvio
SP	Tähtipyramidikuvio
STR	Kudosrakennekuvio
VN	Porrastettu ristikuvio
WAR	Aaltoileva liukumisenestokuvio
ROUGH	Karkea pinta
FINE	Hieno/ohut pinta

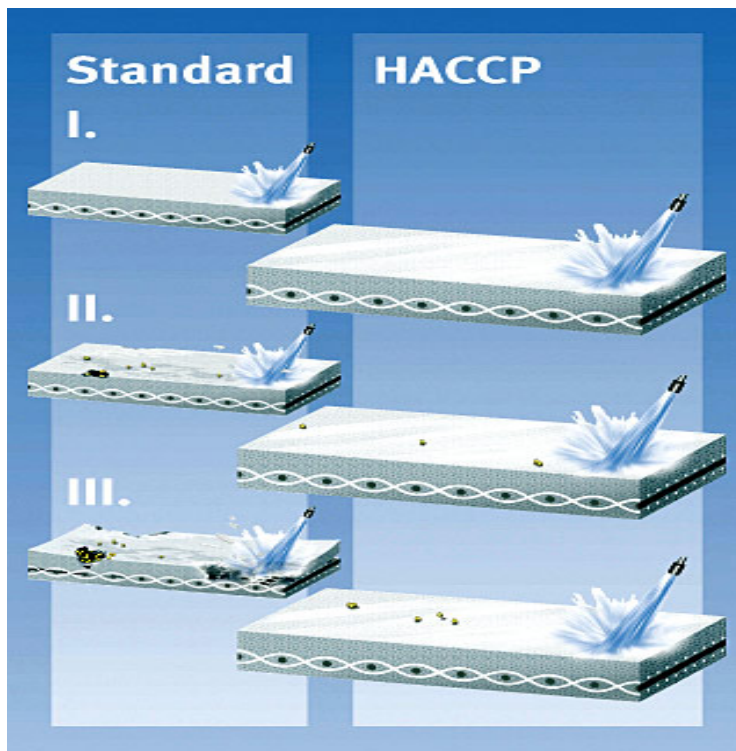
Taulukko 5. Hihnan ominaisuudet.

ATEX	Räjähdyssuojattu, antistaattinen
C	Sivuttaissuunnassa joutava
FDA	FDA-yhteensopiva
HACCP	Tukee HACCP-konseptia
HC	Erittäin sähköä johtava
HW	Kuuman veden kestävä
LF	Pienikitkainen
M	Erittäin jäykkä sivusuunnassa
NA	Ei-antistaattinen
S	Erittäin hiljainen
SE	Palosuojattu
TT	Pyrolyysi-yhteensopiva
Q	Sivuttaissuunnassa pehmeä

4.3 FDA ja HACCP

FDA (Food and Drug Administration) on yhdysvaltalainen elintarvike- ja lääkevirasto, jonka vastuulla on laatia säädökset Yhdysvaltain markkinoille. Säädöksen piiriin kuuluvat ruoka, ravintolisät, eläinlääkkeet, lääkintäaineet, verta sisältävät tuotteet, kosmetiikka ja säteilevät laitteet. FDA tarkastaa yrityksiä, jotka myyvät tuotteita Yhdysvaltain markkinoille [7]. Kuljetushinnat ovat tuotantoprosessin aikana jatkuvasti kosketuksissa elintarvikkeiden kanssa, joten niiden täytyy täyttää kansainväliset elintarvikestandardit [8]. Forbo Siegling-hihnoissa FDA-merkintä tarkoittaa siis, että kyseinen hihnamateriaali täyttää FDA-vaatimukset ja on turvallinen käyttää.

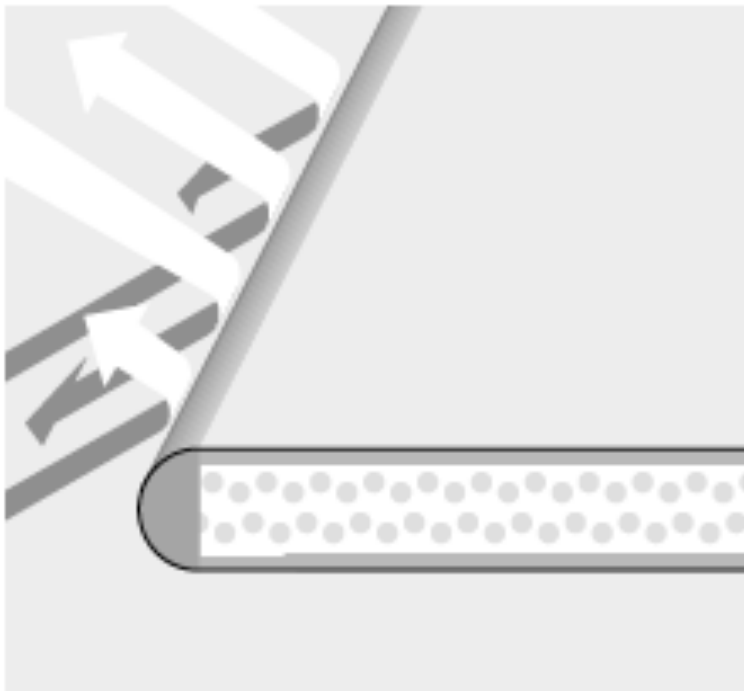
HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) -järjestelmä on osa elintarvikehuoneiston omavalvontajärjestelmää. HACCP on elintarvikealan standardi turvalliseen elintarvikkeiden käsittelyyn, kuten kertoo suomennos ”vaarojen arviointi ja kriittiset hallintapisteet.” [9]. Forbo Siegling-hihnät tukevat aukottomasti HACCP-konseptia. HACCP-hihnät ovat hydrolyysi-kestäviä ja sileäpintaisia hihnoja, joissa on hyvä irrotusominaisuus (Kuva 4). Koska insinööriyö liittyy elintarviketeollisuuteen, täytyy sen täyttää FDA- ja HACCP-standardit.



Kuva 4. Kuvassa ilmenevät tavallisen hihnan ja HACCP-hihnan eroavaisuudet.

4.4 Reunasuljettu hihna

Koska elintarviketeollisuudessa kuljetinhihnat ovat jatkuvasti kosketuksissa elintarvikkeiden kanssa, esimerkiksi raakalihan, on niiden oltava turvallisia ja täytettävä elintarvikkeestandardit. Hihnan pintamateriaali ja pohja ovat jo valmiiksi FDA- ja HACCP-hyväksytyjä, jäljelle jäävät enää hihnan reunat [10]. Hihnan työstövaiheessa hihna leikataan oikeaan leveyteen. Tämä toimenpide jättää hihnan reunan auki ja reunakudokset näkyviin. Avoimesta reunasta bakteerit ja lika pääsevät hihnan sisään ja sitä kautta itse tuotteeseen. Tätä vastaan on kehitelty reunasuljettu hihna, jossa hihnan reuna on sulatettu umpinaiseksi (Kuva 5).



Kuva 5. Reunasuljettu hihna.

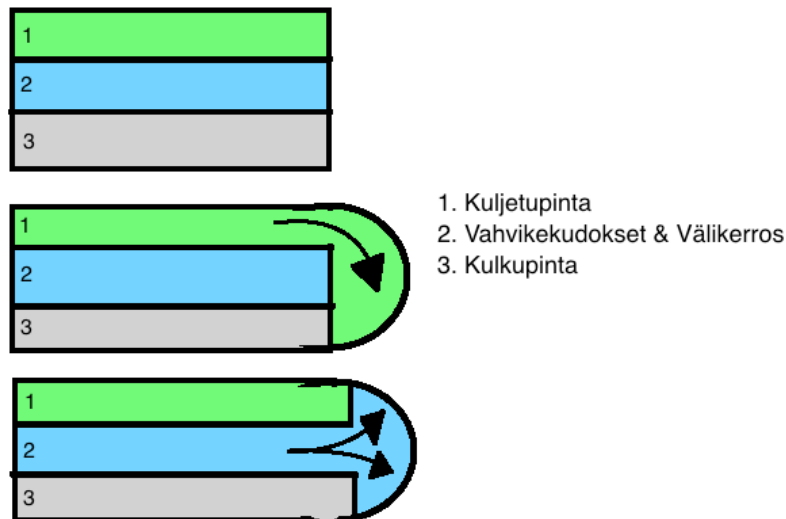
Hihnasuljetun hihnan etuja ovat seuraavat:

- umpinaiset reunat suojaavat kulumiselta, mikä pidentää käyttöikää
- hihnan reunat eivät rispaannu
- suojaa bakteereilta, öljyltä, rasvalta, vierailta esineiltä ja vedeltä
- voidaan toteuttaa lähes kaikille Forbo Siegling-hihnoille

5 Hihnan reunan sulatus

5.1 Sulatuksen lähtökohdat ja tavoitteet

Elintarviketeollisuudessa käytetään usein E3/2 U0/U2 HACCP FDA-hihnamateriaalia tai vastaavaa, joten kokeilut tehtiin kyseisellä hihnamateriaalilla [2]. Tavoitteena oli kehittää sulatustapa, joka on varma ja luotettava. Näin ollen voitaisiin luottaa työn tulokseen ja laatuun. Sulamistavan tulisi myös olla nopea, koska hihnat ovat yleensä pitkiä ja reunasulkeminen täytyy tehdä kumpaakin reunaan. Lisäksi sulahihnamateriaali on erittäin tarttuvaa ja sotkevaa, joten tarvitaan tarttumattomia materiaaleja ja pintoja. Sulamislämpötilat eivät ole ongelma, koska hihnamateriaalin sulamislämpötilat vaihtelevat 120 °C – 180 °C ja paksuudet 0,5 - 3,5 mm. Jotta sula hihnamateriaali saataisiin liikkeelle, tarvitaan myös painetta. Hihnojen liitostöissä käytetään yleensä 5-7 barin painetta, mutta tällöin paine vaikuttaa paljon leveämmälle alueelle kuin reunasuljennassa.



Kuva 6. Kuvassa on havainnollistettu, miten sulahihnamateriaali käyttäytyy. Useimmiten kulkupinta sulaa (keskimmäinen kuva), mutta joissakin materiaaleissa ainoastaan välikerros sulaa (alin kuva).

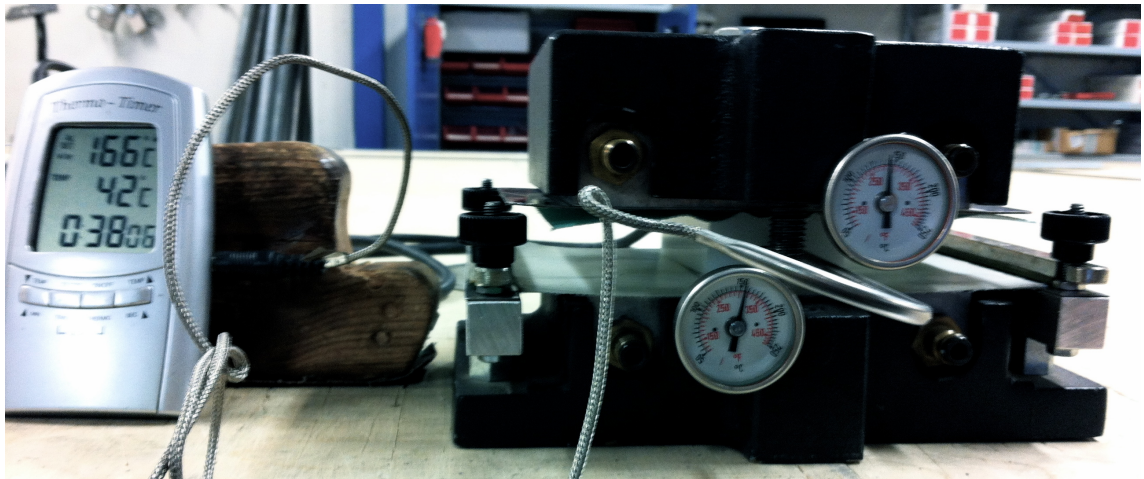
Lähtökohtaisesti tarvittaisiin:

- tarttumaton pinnoite, kangas tai muotti
- painetta maksimissaan 7 bar
- 200 °C:n paistolämpötila
- hihnanpaksuuden vaihtelun huomiointi 0,5 - 4 mm

5.2 Sulatuskeinojen kokeilu

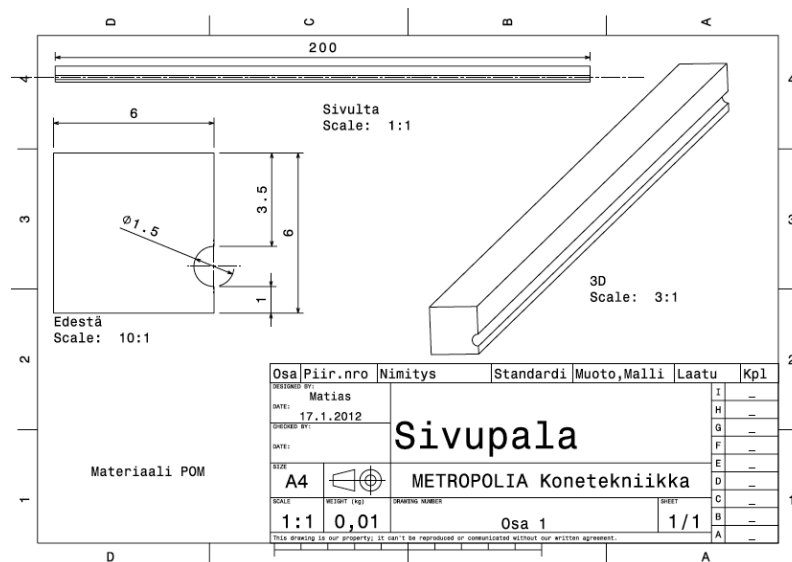
5.2.1 POM-sivumuotti

POM eli polyasetaali on osittain kiteinen kestopuovi, joka valmistetaan polymeroimalla formaldehydi polyformaldehydiksi. POM on tekninen muovimateriaali, joka on laajalti käytössä kaikilla teollisuudenaloilla. Se soveltuu erinomaisesti myös elintarviketeollisuuden käyttökohteisiin FDA hyväksynnän ansiosta [11]. POM on materiaalina tarttumaton ja helposti työstettävä. Lisäksi materiaalin kidesulamispiste on 166 °C [11]. Työpaikalta löytyi valmiiksi POM materiaalia, joten päätettiin tehdä sillä alustavat kokeet (Kuva 7).



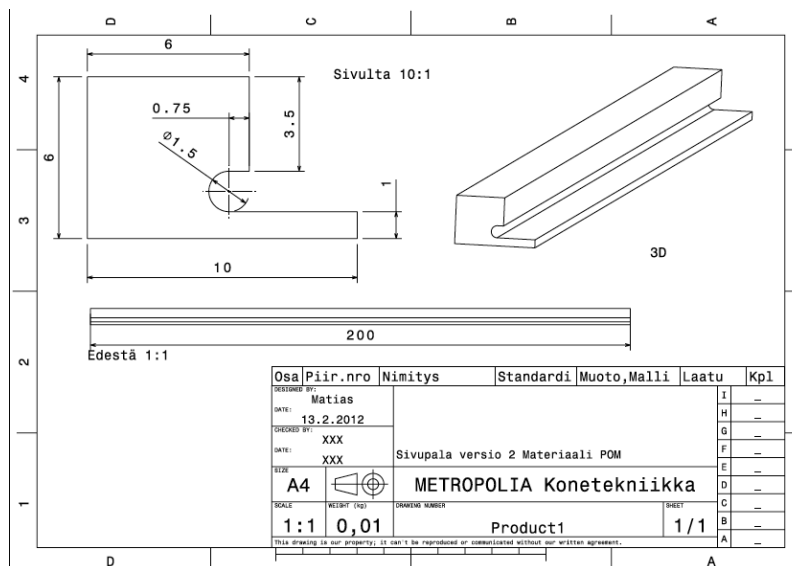
Kuva 7. Kuvassa on POM-kappale puristus- ja sulamistestissä. Kappale lämmitettiin 166 °C:seen.

Kappaleelle tehtiin myös tarttumiskoe, jossa hihnamateriaali sulatettiin ja asetettiin kappaleen alle. Kappale lähti hihnasta vaivattomasti irti eli materiaali osoittautui täysin tarttumattomaksi. Seuraavaksi mallikappaleesta tehtiin CAD-piirustukset, jotka lähetettiin Jyrso OY:lle koneistettavaksi (Kuva 8).



Kuva 8. Ensimmäinen versio sivupalasta, joka koneistettiin ja testattiin käytännössä (Liite 2).

Ensimmäisissä kokeissa havaittiin, että reunan sulattaminen haluttuun muotoon on haastavaa. Paineen tulisi vaikuttaa juuri oikeaan kohtaan hihnassa, samoin lämpötilan tulisi pysyä alle 166 °C, muuten muotti sulaa ja vääristyy käyttökelvottomaksi. Hihna suli muottiin, mutta koska ura oli liian pieni, niin hihnan pinta jäi epätasaiseksi ja sulaminen ei ollut tasaista. Koe uusittiin monta kertaa eri paineilla ja lämpötiloilla, mutta lopputulokset eivät olleet toivottuja. Seuraavaksi suunniteltiin melkein samanlainen sivupala, siihen lisättiin ainoastaan pieni lippa, jonka avulla saataisiin sulaminen tasaisemmaksi (Kuva 9).



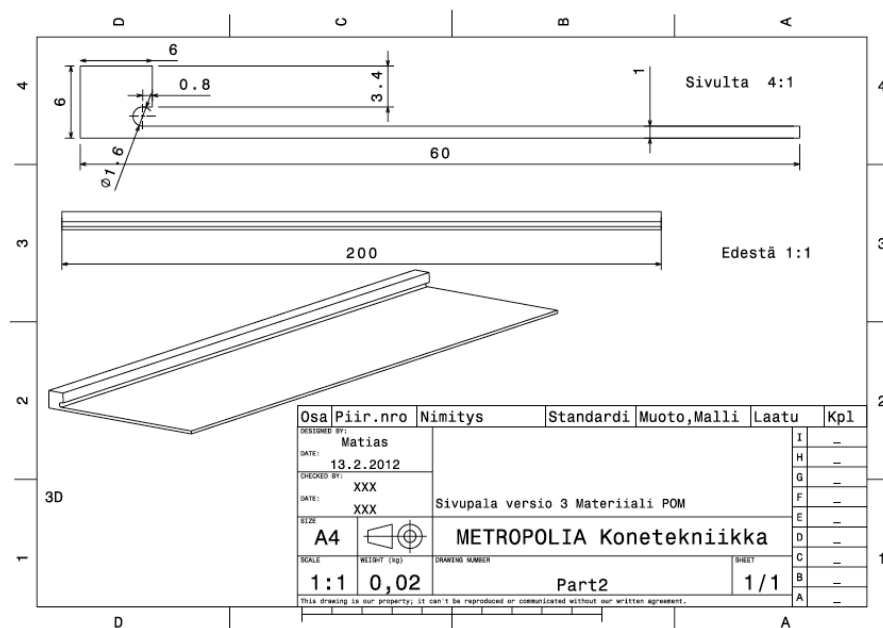
Kuva 9. Toinen versio sivupalasta, johon on lisätty pieni alalippa.

Samat kokeet toistettiin uudelle reunapalalle, mutta tulokset eivät parantuneet. Hihnan reuna saatiin sulamaan muottiin, mutta tulokset eivät olleet tarpeeksi hyviä. Painetta ja puristusta lisättiin hieman, mutta se ei parantanut tuloksia. Paineen ja lämpötilan nostattaminen aiheuttivat sen, että sivupala alkoi sulamaan. Kun lämpötila kävi 170 °C:ssa, niin kappale alkoi sulaa ja vääristyä (Kuva 10).



Kuva 10. Kuvasta huomaa, kuinka lämpö ja paine on kasvanut liian suuriksi POM-materiaalista tehdylle reunapalalle.

POM-materiaalista johtuvat lämpötilarajat vaikuttivat suunnitteluun, koska esimerkiksi PVC-kihna tarvitsee sulamiseen 170 °C:n lämpötilan. Tätä lämpötilaa reunakappale ei kestä, vaan sulaa ja vääristyy käyttökelvottomaksi. Lisäksi alalippa osoittautui liian pieneksi. Seuraavaan kappaleeseen tehtiin paljon isompi lippa (Kuva 11).



Kuva 11. Sivupalan kolmas versio.

Sivukappaleen kolmannessa versiossa tulivat vastaan koneistusongelmat. Materiaalina POM on taipuisaa, joten sen työstäminen on haastavaa. Lisäksi kappaleen ura on erittäin hankalassa paikassa, joten sen työstämiseen olisi tarvittu erikoisteriä. Lisäksi kappaleen koko aiheuttaa ongelmia. Koesivukappaleiden pituudet olivat 200 mm, kun taas itse koneeseen olisi vaadittu 700 - 1000 mm pitkä pala. POM-materiaalista johtuvat lämpötila- ja materiaali-ongelmat johtivat materiaalin vaihtamiseen.

Seuraavaksi ruvettiin pohtimaan teräksen käyttöä POM-materiaalin sijasta. Teräksen hyviä puolia olisivat lämmönsietokyky, työstettävyys, halvat kustannukset ja kestävyys. Huonoina puolina olisi tarttumattoman pinnan saanti. Teräksiin ei ole kehitetty täysin tarttumatonta pintaa, mutta on olemassa erilaisia fluorimuovipinnoitteita, esimerkiksi teflon. Teflon-pinnoitteet kestävät 260 °C:n lämpötilan, mutta kulumisen kestävyys on ongelma. Teflon-pinnoite on pehmeätä ja voi kulutuksen vaikutuksesta irrota kappaleesta ajan myötä [12]. On olemassa myös Blacknite-mustenitrusmenetelmä, jossa hiili- tai kaasutypettyihin kappaleisiin aikaansaadaan tiivis oksidikerros hapettavassa kaasuatmosfäärissä. Menetelmällä saadaan teräkseen kulutusta ja korroosiota kestävä oksidipinta, jolla on hyvät voiteluominaisuudet [12]. Tämän lisäksi on olemassa vielä yksi pinnoite, Niflion-pinnoite, jossa Blacknite-käsittelyn jälkeen kappale vielä teflonoidaan. Näitä käsittelyihin ei kumminkaan perehdytty sen paremmin vaan päätettiin kokeilla uusia keinoja hihnan reunan sulattamiseen.

5.2.2 Metallilevyt teflonkyllästetyllä lasikuituteipillä

Teflonkyllästettyä lasikuituteippiä (Kuva12) käytetään hihnoissa, kun hitsataan profiilia hihnan pintaan. Koska teippiin ei tartu mikään, sen avulla on helppo rajata alueet, joihin ei haluta profiilien tarttuvan. Teflonteippiä käytetään usein muovihitsauksessa, johtuen sen kitkaominaisuuksista ja kulutuksen kestävydestä. Teflonteipin käyttölämpötila on laaja -70 °C :sta aina $+260\text{ °C}$:seen [13].



Kuva 12. Lasikuidulla vahvistettua teflonteippiä.

Testissä käytettiin kahta ohutta alumiinilevyä, joiden pinnoilla oli teflonteippiä, mutta palojen väliin jätettiin rako, johon sulan hihnamateriaalin tulisi asettua. Alumiini valittiin lämmönjohtokyvyn ja keveyden takia. Alumiinin lämmönjohtavuus on $237\text{ W(m}^*\text{K)}$. Alumiinin ja teflonteippien väliin laitettiin hihnanpala ja paistettiin puristimella 160 °C :ssa ja 7 barin paineessa. Paistamisen jälkeen todettiin hihnan painuneen kasaan ja levinneen joka suuntaan. Metallilevyt ja ohut teippikerros osoittautuivat liian kovapintaiseksi ja joustamattomaksi (Kuva 13).



Kuva 13. Alumiinilevyt joihin on kiinnitetty teflonteippiä.

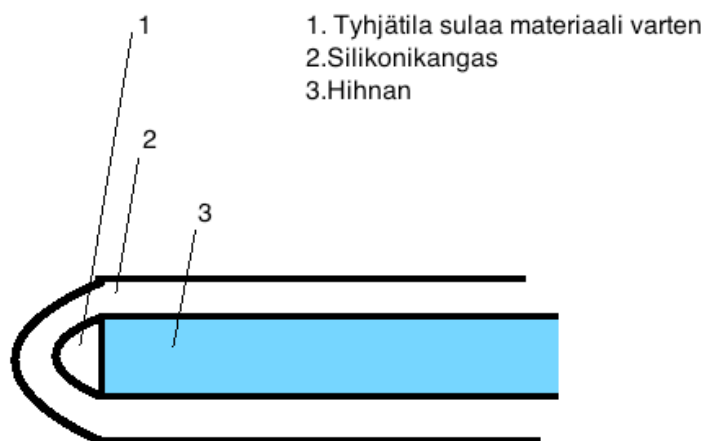
5.2.3 Taitettu silikonikangas

Silikonikangas on korkeita lämpötiloja kestävä tarttumaton kangas. Silikonimattoja tulee puristimien mukana, mutta materiaalia saa myös erikseen rullina. Puristimen mukana tullut matto on kumminkin parempi, sen paksuuden ja joustavuuden takia. Testit suoritettiin rullamateriaalin avulla, koska sitä oli varastossa entuudestaan (Kuva 14).



Kuva 14. Silikonilla kyllästetty kangasrulla.

Silikonirullasta leikattiin sopivanmittainen pala, joka sitten taitettiin hinnan ympärille. Silikonikankaan ja hinnan reunan väliin jätettiin rako, johon mahtuisi sulaa hihnamateriaali (Kuva 15). Tämän jälkeen hihna koepaistettiin 160 °C:ssa ja 1,5 barin paineessa. Lisäksi hinnan annettiin muhia maksimi lämpötilassa noin 3 minuuttia ennen jäähdytystä.



Kuva 15. Silikonikankaan ja hinnan asettelu.

Koepaistamisen jälkeen huomattiin, että hihna oli sulanut vain reunasta ja sula hihnamateriaali asettunut tyhjään tilaan niin kuin sen pitikin. Hihnan reunaan saatiin muodostumaan noin 1 mm:n paksuinen sulkureuna. Hihnan sivuttaissuuntainen leviäminen paistamisen yhteydessä saatiin poistettua 1,2 mm:n paksuisilla sivulistoilla (Kuva 16).



Kuva 16. Kuvassa on havaittavissa 1,2 mm:n paksuiset sivulistat.

Kokeet suoritettiin sekä uudella että vanhalla puristimella. Molemmissa kokeissa käytettiin taitettua silikonikangasta. Uudella puristimella saadut tulokset olivat tasaisempia ja reunan muodostuminen oli varmempaa. Koepalojen kylki leikattiin auki, jotta nähtäisiin, kuinka hyvin reuna oli sulanut (Kuva 17).



Kuva 17. Taitettu silikonikangas ja koepaistoja.

5.3 Sulatuksen tulosten analysointi ja pohdinta

Reunan sulattaminen oikeaan muotoon oli haastavaa ja vaativaa, koska kyseinen toimenpide ei ollut ennestään tuttu. Lisäksi käytettävät paistolaitteet on tarkoitettu hinnan liittämiseen, eivätkä hinnan reunan sulattamiseen. Laitteilla sai kuitenkin aikaiseksi korkeita lämpötiloja ja painetta, joilla voitiin testit suorittaa. Alustavassa suunnitelmassa hinnan reuna sulatettiin ilman lisämateriaalia, mutta kokeita tehtiin myös uretaanifolion avulla (Kuva 18). Liitosfolioita käytetään usein hinnan liitostöissä. Sauman päälle lisätään foliota, joko uretaani tai PVC, joka sitten sulaa hihnaan kiinni.



Kuva 18. Valkoista uretaaniliitosfoliota rullassa.

Liitosfolion avulla saadaan liitokseen lisää sulamismateriaalia, joka sitten täyttää mahdolliset syntyvät kolot liitoksessa. Samaa materiaalia pystytään käyttämään myös reunan sulattamisessa, jos itse hihna ei sula tarpeeksi. Liitosfoliota käytettiin taitetun silikonimaton kanssa, ja sen avulla saatiin reunasuljettuja hihnoja.

Sivupalan avulla tehdyt hinnat eivät onnistuneet kunnolla, mutta menetelmä on mahdollinen oikeilla kappaleilla ja materiaalilla. Kokeilut jäivät aikataulun takia vähäisiksi eikä fluorimuovipinnoitetta tai Blacknite-käsittelyä koskaan kokeiltukaan. Sivupalan tai muotin avulla saataisiin hihna sulamaan varmasti haluttuun muottiin. Ainoat ehdot olisivat tarttumattoman pinnan saanti ja riittävä lämmönkestävyys. Testeissä käytetty POM-materiaali ei täyttänyt jälkimmäistä vaatimusta, vaan se suli testeissä. Sivupala olisi varteenotettava menetelmä, jos siihen olisi paneuduttu enemmän. Uudet sivupalat ja päällysteet olisivat nostaneet kustannuksia, joten niistä luovuttiin.

Teflonkyllästetty lasikuituteippi ja metallilevyt eivät tuottaneet haluttua tulosta. Levyt olivat liian kovat ja joustamattomat, joten kappale litistyi täysin kasaan. Sulaa hihnateriaalia ei saatu ohjattua koloon vaan se levisi joka suuntaan. Teflonteipin ongelma on myös sen kuluvuus ja paksuus. Hihnan reuna hankaa ja kuluttaa teippiä koko ajan. Tämä johtaa vääjäämättä teipin kulumiseen ja rikkoutumiseen. Teflonteippi on sen verran ohutta, että se kuluu nopeasti puhki ja siihen tulee reikiä. Näin ollen teippaukset tulisi vaihtaa usein. Tämä taas lisää runsaasti kustannuksia, sillä teflonteippi on arvokasta materiaalia. Teipin jatkuva vaihtaminen lisäisi myös työmäärää ja vaikuttaisi koneen suunnitteluun merkittävästi. Teflonteippi oli testin heikoiten menestynyt ja sen jatkokehitykset jätettiin kokonaan pois.

Taitettu silikonikangas oli halpa ja helppo vaihtoehto. Kangas vain yksinkertaisesti taitettiin hihnan reunaan vasten siten että jäi pieni rako hihnan ja kankaan väliin. Materiaalikin löytyi valmiina varastosta, koska sitä tulee yleensä puristimien mukana. Kangas olisi saanut olla hieman paksumpaa ja pehmeämpää, mutta ohutkin kangas toimi hyvin. Kankaan pehmeys tekee paistojäljestä hyvän, lisäksi silikoni on täysin tarttumaton. Silikonikankaan ongelma on sama kuin teflonteipillä eli kuluminen. Hihna kuluttaa koko ajan kankaan pintaa ja ohentaa sen paksuutta. Silikonikangasta saa kyllä paksumpanakin, mikä sitten pidentää kankaan käyttöikä. Silikonikangas on myös kustannusystävällinen materiaali, joten sen vaihtaminen ei nosta kuluja juurikaan. Silikonikankaan kokeista saadut tulokset ja koepalat olivat onnistuneimpia, joten sitä voidaan pitää parhaimpana menetelmänä. Täytyy muistaa, että sivupalan kokeilut jäivät kesken, joten sekin on varteenotettava vaihtoehto.

Saatujen tuloksien perusteella saatiin hihnan reunan sulatusmenetelmä kuntoon ja siirryttiin rungon suunnitteluun. Runko päätettiin suunnitella silikonikangasmenetelmää hyväksikäyttäen. Hihnanreunan sulatuskeinoja on varmasti vielä enemmän kuin tässä

työssä ehdittiin kokeilla. Loppujen lopuksi ehdittiin kokeilla vain kolme varsinaista menetelmää, tosin hieman eri variaatioilla. Tärkein tavoite oli saada hyvää jälkeä ja varmaa tuotantoa. Varsinaisia kokeita voitaisiin tehdä vasta, kun itse kone on kokonaan suunniteltu ja rakennettu. Päätelmänä voidaan todeta, että hihnan reuna saatiin sulaamaan haluttuun muotoon ja tyyliin. Kaikki koepaistot kerättiin talteen (Kuva 19).

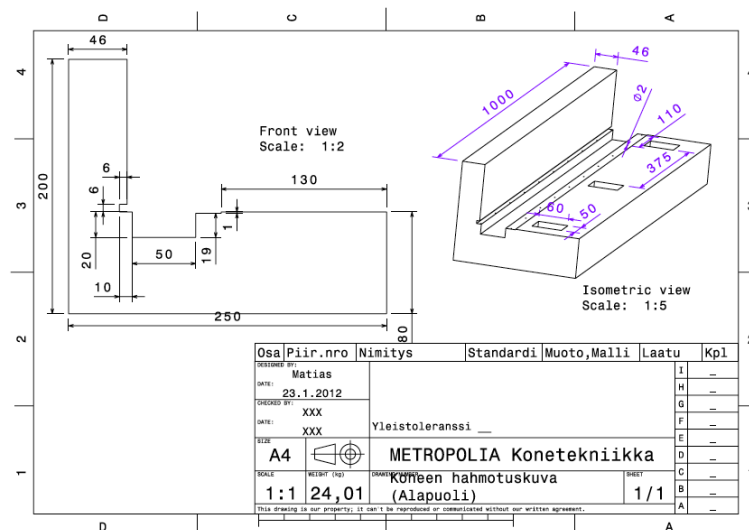


Kuva 19. Koepaistopaloja eri menetelmillä ja lämpötiloilla.

6 Reunasulkukoneen rungon suunnittelu

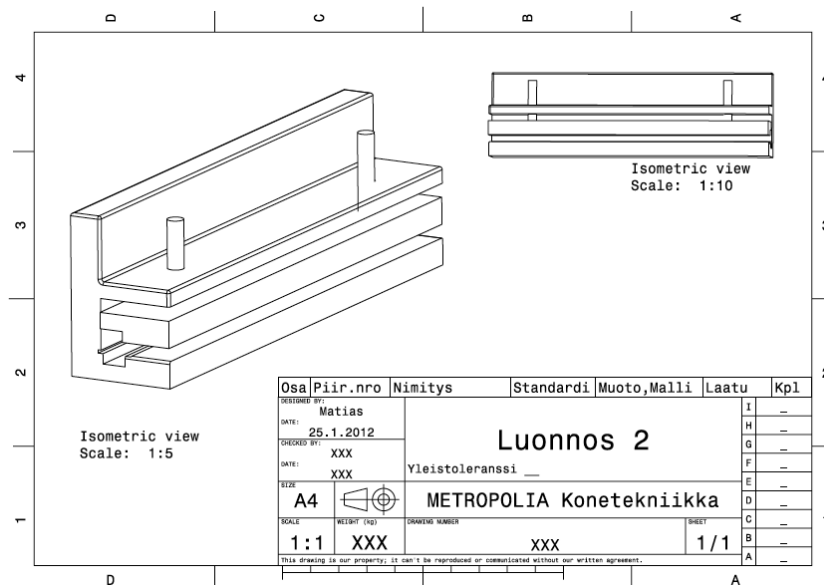
6.1 Reunasulkukoneen hahmottelu

Aluksi suunniteltiin koneesta täysin automaattinen. Kone sulattaisi ja puristaisi reunan, jäähdyttäisi kappaleen ja siirtäisi hinnan automaattisesti uuteen kohtaan. Tämä osoitautui liian suureksi projektiiksi, joten palaverissa 3.5.2012 päätettiin suunnitella yksinkertainen pöytämalli (Kuva 20-21).



Kuva 20. Ensimmäinen luonnos reunasulkukoneesta. Kuvassa on rungon alaosa, johon on suunniteltu vetopyörien paikat pohjaan.

Automaattiseen malliin olisi laitettu Interroll-rumpumoottori, jossa moottori on rullan sisällä säätäen tilaa [14]. Automaattinen siirtäminen olisi tuonut työhön lisää suunnittelua ja vaatinut enemmän aikaa ja resursseja. Peruspöytämallia suunniteltaessa pidettiin silmällä tulevaa automaattimallia. Aluksi piti kumminkin suunnitella ja rakentaa perusmalli, joka tuottaisi hyvää ja luotettavaa jälkeä. Koneenrungon suunnittelussa käytettiin taitettu silikonimatto-sulatustyyliä, mutta ensimmäinen runko suunniteltiin sivupalalla sopivaksi. Tämä johtui siitä, että alustava sulatustapa oli sivupalaa käyttäen, mutta se osoittautui liian työlääksi ja haastavaksi.



Kuva 21. Rungon toinen luonnoskuva. Runko suunniteltiin sivupala-sulatusmenetelmää käyttäen.

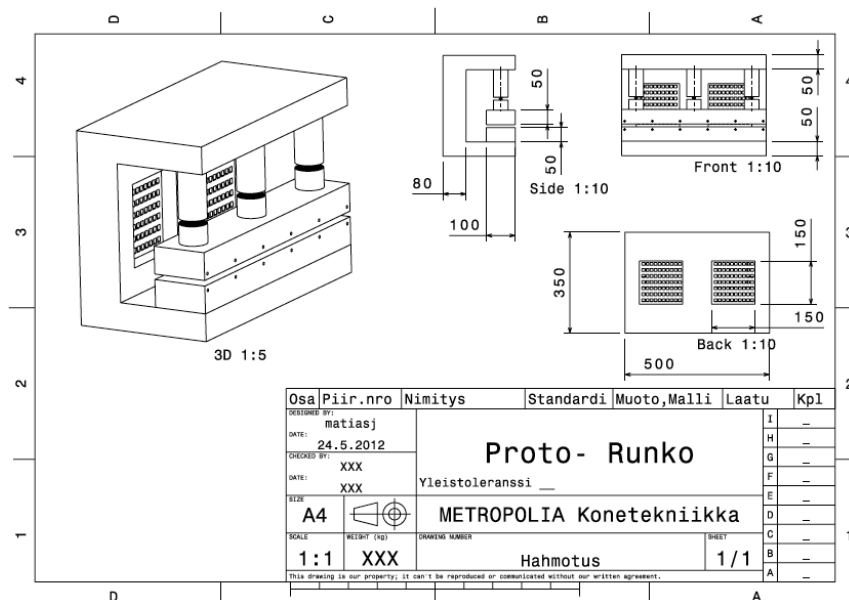
Rungon suunnittelussa piti ottaa huomioon koko ja liikuttavuus. Koneita pystyttäisiin tarpeen tullen siirtämään paikasta toiseen. Lisäksi koneen kylkeen tulisi jättää tilaa jälkiasennuksille ja lisäosille, esimerkiksi rullarata helpottamaan ison hihnan liikkumista. Koneita suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon seuraavat pääpiirteet:

- Runko ja sen valmistaminen
- Hihnan reunan sulattaminen eli kuumennus
- Puristusvoiman saanti pneumaattisesti tai hydraulisesti
- Reunan sulattaminen oikeaan muotoon
- Jäähdytys
- Hihnan siirtäminen

Seuraavaksi paneudutaan jokaiseen osa-alueeseen erikseen ja tarkemmin. Sulattamismenetelmänä käytettiin taitettua silikonikangasta.

6.1.1 Koneen runko ja sen valmistusmenetelmä

Kun reunan sulatusmenetelmä oli selvillä, alettiin suunnitella koneen runkoa. Alustavia suunnitelmia oli jo tehty, mutta valmistusmenetelmän vaihtaminen aiheutti muutoksia. Rungon suunnittelussa tuli ottaa huomioon käytettävyys, yksinkertaisuus ja mahdollisuus muutoksiin tai lisäyksiin. Aluksi hahmoteltiin yksinkertainen kokonaiskuva, jossa näkyisi kaikki olennainen (Kuva 22).



Kuva 22. Reunansulkukoneen rungon hahmotelma.

Kuvassa näkyvät kaikki koneen osat. Runko suunniteltiin U-profiiliin, jotta se kestäisi puristuksen painetta. Seuraavaksi tulisi miettiä materiaalin valinta ja valmistusmenetelmät. Aluksi mietittiin alumiinia, mutta alumiinin kestävyys mietitytti. Materiaaliksi päätettiin valita teräs, johtuen sen helposta saatavuudesta ja hinnasta. Runko voitaisiin valmistaa monella eri tavalla, esimerkiksi valamalla, levyn särmääminen muotoon tai valmiin profiiliin hankkiminen. Valamisella runko varmasti onnistuisi, mutta lähdettiin selvittämään muitakin vaihtoehtoja.

Rungon pystyisi tekemään esimerkiksi tavallisesta teräslevystä, joka sitten leikattaisiin ja särmättäisiin oikeaan muotoon. Valmiita teräslevyjä saa 2 mm:n paksuudesta aina 60 mm:iin asti [15]. Levyn tulisi olla vähintään 5 mm paksu, jotta se kestäisi paineen. Lisäksi runkoon tulisi pystyä poraamaan reikiä, jotta lisätuet saataisiin kiinni. Koneen leveys olisi 500 mm ja korkeus 300 - 350 mm. Jos käytettäisiin 60 mm:n paksuista te-

räslevyä, koneen paino kasvaisi liian suureksi. Sopivana paksuutena voitaisiin pitää 8 mm - 20 mm. Mitä ohuempi rungon levy on, sitä enemmän tarvittaisiin venymistukea. Teräslevystä rungon saisi valmistettua helposti ja vaivattomasti. Käytettävä teräs voisi olla vaikka reax 500, koska sitä on helppo työstää ja hitsata [16]. Rakenneteräksen tiheys on 7850 kg/m^3 , joten paksuuden lisääminen kasvattaa koneen painoa merkittävästi. Koska terästä tarvitaan todella vähän, vain yksi levy, on sen saanti haastavampaa. Valmistajilla on yleensä minimi tilausmäärät, mutta kyseisen kappaleen voisi saada vaikka joltain ylijäämälavalta tai romuraudasta.

Neliönmuotoisesta rakenneputkesta saataisiin myös työstettyä koneen runko, esimerkiksi Rautaruukin neliönmuotoisista double grade S420MH/S355J2H -rakenneputkista [16]. Neliönmuotoisesta putkesta poistetaan yksi sivu, jolloin siitä saadaan U-profiili. Kuvasta saadaan selville millaisia rakenneputkia valmistetaan (Kuva 23).

RUUKKI more with metals

Neliönmuotoiset Ruukki double grade S420MH/S355J2H-rakenneputket

Mitat

Ulko- mitat mm	Seinämän paksuus mm / Paino kg/m										
	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.1	8.0	8.8	10.0	12.5
25 x 25	1.36	1.64	1.89								
30 x 30	1.68	2.03	2.36								
40 x 40	2.31	2.82	3.30	4.20							
50 x 50	2.93	3.60	4.25	5.45	6.56						
60 x 60	3.56	4.39	5.19	6.71	8.13						
70 x 70		5.17	6.13	7.97	9.70						
80 x 80		5.96	7.07	9.22	11.3	13.2					
90 x 90		6.74	8.01	10.5	12.8	15.1					
100 x 100		7.53	8.96	11.7	14.4	17.0	19.4	21.4			
110 x 110		8.31	9.90	13.0	16.0	18.9					
120 x 120			10.8	14.3	17.6	20.8	23.8	26.4	28.6	31.8	
140 x 140				16.8	20.7	24.5	28.3	31.4	34.2	38.1	
150 x 150				18.0	22.3	26.4	30.5	34.0	36.9	41.3	48.7
160 x 160				19.3	23.8	28.3	32.7	36.5	39.7	44.4	52.6
180 x 180					27.0	32.1	37.2	41.5	45.2	50.7	60.5
200 x 200					30.1	35.8	41.6	46.5	50.8	57.0	68.3
220 x 220						39.6	46.1	51.5	56.3	63.2	76.2
250 x 250						45.2	52.8	59.1	64.6	72.7	88.0
260 x 260						47.1	55.0	61.6	67.3	75.8	91.9
300 x 300						54.7	63.9	71.6	78.4	88.4	108.0

■ suositussarjat

Kuva 23. Rautaruukin double grade S420MH/S355J2H neliönmuotoisten rakenneputkien mitat.

Taulukosta saadaan selville, että 300 mm x 300 mm neliöputkea on saatavilla eri seinien paksuudella. Minimi paksuus on 6 mm ja paksuin vaihtoehto on 12,5 mm. Koska neliöputkesta poistetaan yksi sivu kokonaan pois, kappaleen massa pienenee huomattavasti. Otetaan esimerkiksi taulukosta 6 mm paksu 300 mm x 300 mm teräsputki, ja poistetaan siitä yksi sivu. Karkeasti laskettuna kappaleen massa pienenee $\frac{1}{4}$ koko massasta. Lisäksi suunniteltava koneen pituus on 500 mm, joten koko massa voidaan puolittaa. Näin ollen 6 mm:n paksuisesta rakenneputkesta tehdyn rungon paino on

$$\frac{0,75 * 54,7kg}{2} = 20,5125kg \approx 20,5kg$$

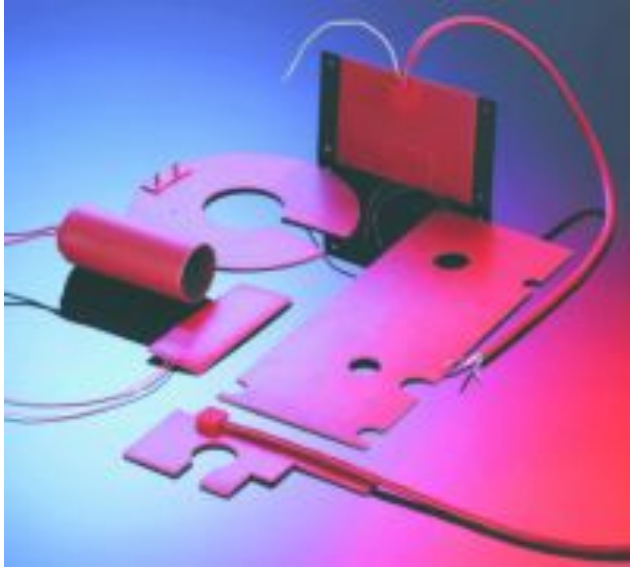
Vastaavasti 8 mm:n paksuisesta putkesta tehdyn rungon paino on noin 26,9 kg ja 10 mm:n paksuisen paino on 33,2kg. Kyseiset painot ovat ainoastaan rungon paino. Täytyy muistaa, että koneeseen tulee muitakin osia lisäämään painoa. Neliönmuotoisesta rakenneputkesta olisi helppo ja vaivaton tehdä koneen runko. Putkesta pitäisi poistaa vain yksi sivu ja leikata oikeaan mittaan. Tämän lisäksi kappale pitäisi pintakäsitellä ja koneistaa kiinnitysruuvien ja muiden osien paikat, mutta ne voi tehdä, kun kappale on saatu oikean mittaisena paikalle. Ainut ongelma on tavarankäytön tilaaminen. Rautaruukilta pitäisi tiedustella minimi erä määrät ja mahdollisuutta tilata vain yksi neliöputki. Rungon valmistamisessa käyttäisin tätä menetelmää.

6.1.2 Hihnan sulattaminen

Jotta hihna saataisiin sulamaan tarvitaan ainakin 140 °C :n lämpötila, mieluiten enemmänkin. Voidaan olettaa, että maksimi lämpötila olisi 200 °C. 200 °C :ssa sulavat kaikki hihnamateriaalit, jotkut saattavat jopa syttyä palamaan. Lämpötilan nostattamiseen tarvitaan lämpiävät vastukset. Vastusvaihtoehtoina oli silikonilämpömatot, lämpönauhat tai putkivastukset.

Silikonilämpömattoja (Kuva 24) käytetään monessa paikassa lämmittämiseen ja sulattamiseen. Ne ovat taipuisia ja niitä voidaan muotoilla haluamaansa kuvioon. Silikonilämpömatot kiinnitetään ruuveilla, liimalla tai vanteilla kiinni kohteeseen. Lämpömattojen korkein käyttölämpötila on 200 °C, joten sen pitäisi riittää [17]. Toisaalta silikonilämpömatot ovat arvokkaita ja lämpötilan pitäisi nousta nopeasti 200°C :seen ja jäähtyä 45 °C :seen. Jatkuvat ja nopeat lämpötilan vaihtelut kuluttavat mattoa ja sen käyttöikä lyhenee. Lisäksi maton tulisi pystyä lämmittämään isoa rauta kappaletta, jo-

ten sen tehot ovat riittämättömät. Lämpömattoja saisi myös 250 °C - 900 °C :n käyttölämpötiloilla, tällöin lämpötila riittäisi. Ongelmana on lämpötilan nopea nostattaminen ja jäähtyminen.



Kuva 24. Lämpömattoja.

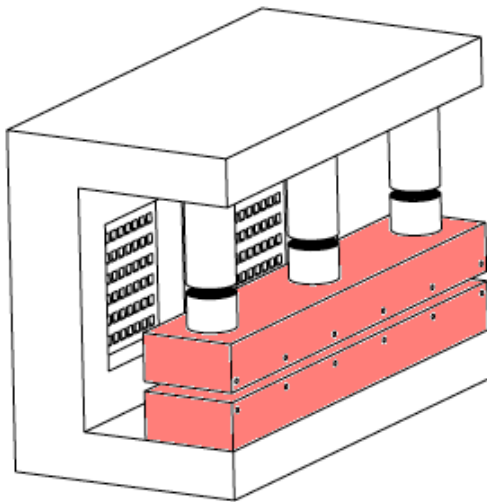
Lämpönauhoja (Kuva 25) käytetään yleensä putkistojen saattolämmitykseen. Lämpönauhojen käyttölämpötilat ovat välillä 200 - 900 °C astetta. Lämpönauhat vaativat aina lämpötilaohjauksen, mutta sellainen tarvitaan joka tapauksessa hihnaa paistaessa [17]. Lämpönauhat soveltuisivat hihnan sulattamiseen samalla tavalla kuin lämpömatot. Kyse olisi enää kestävydestä ja kustannuksista.



Kuva 25. Erilaisia lämpönauhoja.

Putkivastukset soveltuvat hihnan sulattamiseen mainiosti. Ne ovat kestäviä ja niillä on pitkä käyttöikä. Tarvittaessa rikkimenneen vastuksen voi itse vaihtaa uuteen. Putkivastuksia saa kaikenkokoisia ja -muotoisia. Yleisin malli on U-malli, mutta on olemassa myös suoria putkivastuksia. Putkivastuksissa on korkea käyttölämpötila, ja ne soveltuvat käytettäväksi monen materiaalin kanssa. Putkivastusten huono puoli on taivutussäde ja tehoton osa. Putkivastuksissa on minimitaittosäde ja tämä vie tilaa. Tehoton osa on vastuksen osa, joka ei juuri lämpene. Nämä asiat pitää ottaa huomioon suunnittelussa.

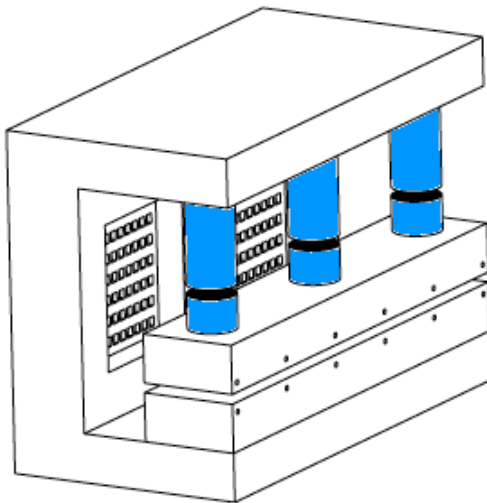
Periaatteessa kaikki vastusvaihtoehdot ovat käytettävissä ja sopivia hihnan sulatukseen. Sulatettavan osuuden leveys ei ole kuin maksimissaan 30 mm ja lämpötila 200 °C. Ainut asia, jota vastuksen tulee kestää, on nopea lämpötilan muutos. Lämpötila pitää nopeasti nostaa esimerkiksi 160 °C :seen ja sitten jäähdyttää 45 °C :seen ja tätä toistetaan monta kertaa. Lisäksi vastukset tullaan koteloimaan, jotta saadaan lämpötila oikeaan suuntaan ja kohtaan. Vastuksen ja hihnan väliin tulee siis metallinen kotelo ja taitettu silikonimatto. Lämmön pitää siis päästä näistä aineista läpi, jotta saadaan hihna sulamaan. Tämän lisäksi kaikkiin vastusvaihtoehtoihin tulisi lämmönsäätösäädin, joka säätelisi sulamislämpötilan, muhitusajan ja jäähdytyslämpötilan (Kuva 26).



Kuva 26. Kuvassa luonnos reunansulatuskoneesta. Punaisella on merkitty lämpenevä osa. Vastukset on sijoitettu kotelon sisälle laitaan.

6.1.3 Reunan puristaminen

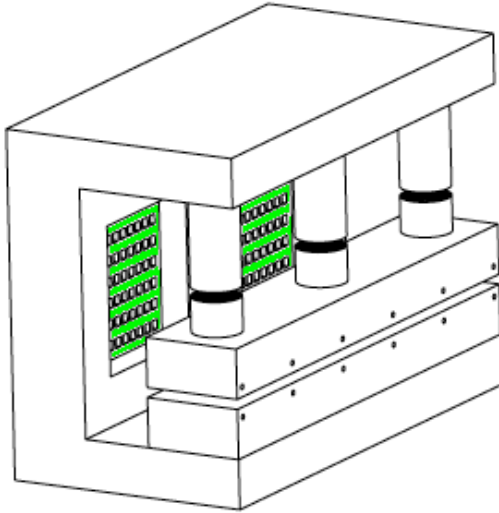
Jotta hinnan sulamateriaali saataisiin oikeaan kohtaan, tarvitaan puristusta. Hinnan liitostyössä käytetään yleensä 7 barin painetta, mutta uusissa puristimissa on ainoastaan 1,2 barin paine. Näin pienet paineet saadaan aikaisiksi pneumaattisilla laitteilla, ei tarvita hydraulista puristinta. Myös painetta pitäisi voida säätää vapaasti aina 1 - 7bariin asti. Toiset hinnat vaativat enemmän painetta kuin toiset. Lisäksi puristuksen tulisi vaikuttaa tasaisesti kaikkialle hinnan reunaan. Tämän takia tarvitaan 500 mm:n matkalle ainakin 3 sylinteriä (Kuva 27). Sylinterivalmistajia ovat esimerkiksi Festo ja Tecalemit Industrial. Puristusliikkeen ei tarvitse olla suuri, riittää kun saadaan hihna leukojen väliin eli maksimissaan 5 mm. Yrityksen tiloissa on jo paineverkosto, joten ei tarvitsi muuta kuin kytkeä kone verkostoon.



Kuva 27. Sinisellä on merkitty sylinterien paikat. Sylinterien etäisyydet ovat n. 200 mm.

6.1.4 Reunan jäähdytys

Kun hinnanreuna on saatu sulatettua haluttuun muotoon, on jäähdytyksen vuoro. Vanhoissa liitospuristimissa käytetään vesijäähdytystä, mutta uusissa ilmajäähdytystä. Molemmat ovat tehokkaita, mutta vesijäähdytys on monimutkaisempi ja vaatii enemmän rakenteellisia muutoksia. Siksi reunasulkukoneeseen suunniteltiin ilmajäähdytys. Ilmajäähdytys on helpompi ja siinä ei ole vesivahingon vaaroja. Ilmajäähdytystä varten ei tarvinnut suunnitella runkoon muuta kuin tuulettimien paikat ja laipat, jotka ohjaavat ilmavirran oikeaan kohtaan (Kuva 28).

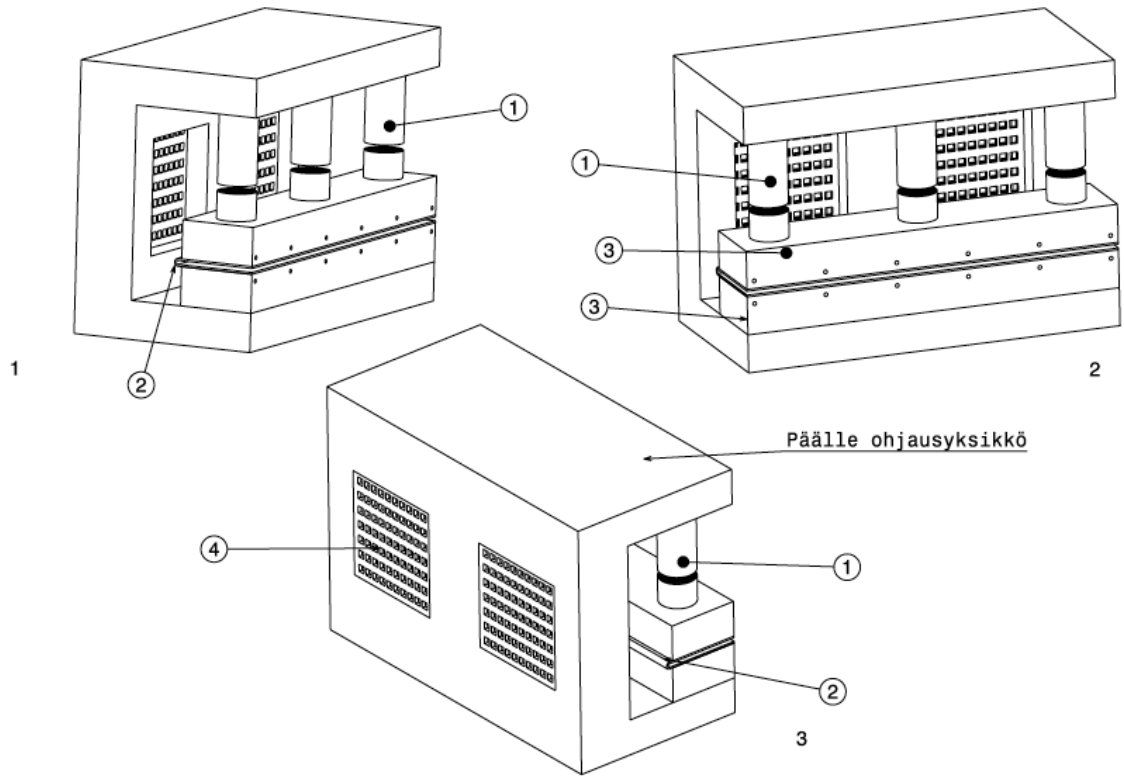


Kuva 28. Vihreällä on merkitty tuulettimien paikat. Tuulettimia tulisi 2 kappaletta.

Kuvassa tuulettimien kohdat ovat neliskanttiset. Muodolla ei ole juuri väliä, joten ne voivat myös olla ympyränmuotoiset. Valmistustapa ratkaisee kyseisen asian.

6.2 Reunansulkukoneen luonnos ja jatkotoimenpiteet

Kuvaan 29 on merkitty numeroilla osat: 1 sylinterit, 2 taitettu silikonimatto, 3 vastuksen kotelo ja 4 tuulettimien paikat. Kuva on alustava luonnos, ja siihen tulisi vielä joitakin muutoksia, kun lopullinen kokoonpano selviää. Esimerkiksi runkoa ohennetaan ja tuetaan venymiseltä, jonka sylinterit voivat aiheuttaa. Lisäksi koneeseen tulisi ohjausyksikkö, joka säätelee painetta, lämpötilaa, muhimisaikaa, tuulettimen nopeutta ja männän liikkeen pituutta. Koneen mitat tulisivat olemaan luokkaa 500 mm x 300 mm x 300 mm ja paino riippuu pitkälti rungon paksuudesta. Luonnos on vasta suuntaa antava, mutta antaa hyvän kuvan koneesta, osista ja toiminnoista.



Kuva 29. Karkea luonnos reunasulkukoneesta.

Seuraavat toimenpiteet tulisivat olemaan tarkempi suunnittelu ja työkuvienv lähettäminen osavalmistajille, jotka voisivat antaa oman näkemyksensä asiasta ja kertoa muutoksista. Ensimmäinen vaihe olisi Ruukin teräskysely, jossa saataisiin selville rungon lopulliset mitat ja painot. Näillä tiedoilla voitaisiin suunnitella runkoa paremmaksi ja kestävämmäksi. Vastusasiat pitäisi myös selvittää ja tiedustella oikeanlaisiksi, jotta saataisiin halutut lämpötilat. Sylinterit pitäisi myös suunnitella yhdessä rungon kanssa, jotta saataisiin tarvittava puristus oikeaan kohtaan. Tuuletusyksikkö on koneen helpoin osa-alue. Siihen ei tarvitse kuin oikeankokoiset reiät runkoon ja tuulettimet paikoilleen. Lopuksi tarvittaisiin ohjausyksikkö, jolla saataisiin säädettyä kaikkia toimintoja halutulla tavalla.

7 Yhteenveto ja tavoitteiden saavuttaminen

Insinööriyön aiheena oli suunnitella hihnan reunasulkukone alkutekijöistä lähtien. Kyseistä laitetta ei Suomessa valmisteta, joten minkäänlaista mallia ei ollut tarjolla. Suunnittelut jouduttiin aloittamaan aivan alusta lähtien. Apuna olivat työn ohjaajat ja oma kohtainen kokemus kuljetinhihnoista. Työ aloitettiin tutkimalla hihnanreunan sulatusmenetelmiä ja niiden toimivuutta käytännössä. Työssä kokeiltiin kolmea erilaista menetelmää ja vertailtiin niistä saatuja tuloksia. Parhaimman menetelmän ympärille suunniteltiin myös koneenrunko ja toiminnot.

Työn avulla saatiin karsittua huonot valmistusmenetelmät pois ja selvitettyä, onko prosessi ylipäättänsä mahdollista olemassa olevilla laitteilla. Työ osoitti myös, kuinka haastava toimenpide kyseessä on ja mitä se vaatii toimiakseen käytännössä. Kaksi valmistusmenetelmää osoittautuivat toimiviksi, sivupala ja taitettu silikonikangas. Näistä jälkimmäinen onnistui paremmin ja sen kehitystä jatkettiin. Jos aikaa olisi ollut enemmän, olisi sivupalamenetelmää jatkettu ja parannettu toimivammaksi. Tässä on yksi työn jatkomahdollisuuksia. Taitettu silikonikangas osoittautui helpoimmaksi ja heti toimivaksi menetelmäksi, joten se valittiin jatkotoimenpiteisiin.

Koneen suunnittelussa piti huomioida valmistusmenetelmä, toimivuus ja käytännöllisyys. Mitään budjettia työlle ei varsinaisesti asetettu, mutta mitään suurempia investointejakaan ei tehty. Koneen runko ja sen osat saatiin hahmoteltua, samoin toiminnot. Seuraavana olisi vuorossa yhteydenotto eri osavalmistajiin, sekä aloittaa tarkempi suunnittelu ja osien tilaaminen. Tässä vaiheessa myös työn budjetti nousee ja alkaa varsinaisesti itse koneen työstäminen. Suunnittelut saatiin tehtyä siten, että luonnoksen voi lähettää osavalmistajalle ja tälle selviää heti, minkälainen laite on kyseessä. Tarkempia suunnitteluita on tässä vaiheessa turha tehdä, koska laitteen ulkonäkö ja osat muuttuvat suunnitteluiden edetessä.

Työtä voidaan jatkaa suoraan nykyisestä tilanteesta eteenpäin, tai voidaan palata sivupala-valmistusmenetelmään ja jatkaa sen suunnittelua toimivammaksi. Jos sivupalamenetelmän saa kehitettyä paremmaksi, voidaan tuloksia vertailla uudestaan ja vasta sitten valita parempi valmistusmenetelmä. Kone suunniteltiin alustavasti käsikäyttöiseksi, joten seuraava vaihe olisi suunnitella täysin automaattinen kone. Tämä vaatii toimivan peruspöytämallin, jota sitten voidaan lähteä automatisoimaan ja parantamaan. Työ saatiin alustavasti täysin suunniteltua, mikä helpottaa työn jatkamista ja paranta-

mista huomattavasti. Ilman tätä työtä kaikki suunnittelut ja kokeet olisi jouduttu tekemään alusta alkaen ilman minkäänlaisia tietoja ja tuloksia. Työ mahdollistaa myös vaihtoehdoisen valmistusmenetelmän ja -tavan. Työn avulla saatiin karsittua turhat välivaiheet pois ja voidaan keskittyä olennaiseen eli jatkokehitykseen. Alustavalla rungon suunnittelulla saadaan myös osavalmistajille hahmotettua työn kokonaisuus ja käyttö-tarkoitus.

Tavoitteena oli kehittää toimiva valmistusmenetelmä hihnan reunan sulattamiseen ja suunnitella koneelle runko. Mielestäni nämä tavoitteet täyttyivät ja työ oli onnistunut. Tietysti jatkokehitysmahdollisuuksia on runsaasti, mutta nyt on toimiva pohja rakennettu. Halutessa työtä voi jatkaa ja parantaa moneen suuntaan. Työn avulla voidaan helposti havainnollistaa hihnan reunan sulatusprosessi, myös tietämättömälle henkilölle. Loppujen lopuksi voidaan todeta työn onnistuneen ja tavoitteiden täyttyneen.

Lähteet

- 1 Transpap Oy.www.transpap.fi. Luettu 08/12.
- 2 Transpap Oy.Palaverit ja haastattelut. Liite 1.
- 3 fi.wikipedia.org/wiki/Kuljetin. Luettu 08/12.
- 4 Siegling Kuljetinhinnat-esite. Luettu 08/12.
- 5 Siegling transilon conveyor and processing belts Tecnical Information 1. Verkko-dokumentti. Forbo-Siegling. < http://www.forbo-siegling.com/pages/brochures/technical/download/fms200707_storage_tech_info1_317_en.pdf>. Päivitetty 07/07. Luettu 08/12.
- 6 Siegling transilon conveyor and processing belts Tecnical Information 2. Verkko-dokumentti. Forbo-Siegling. http://www.forbo-siegling.com/pages/brochures/technical/download/318-2-fms_transilon-technical-information_en.pdf. Päivitetty 05/10. Luettu 08/12.
- 7 Food and drugs Administration. <http://www.fda.gov>
- 8 Ammeraal Belttech Oy. www.ammeraalbelttech.fi
- 9 Evira. <http://www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/omavalvonta/haccp/> Luettu 08/12.
- 10 http://www.ammeraalbelttech.fi/Belt_C01/Default.asp?CustID=609&ComID=24&ModID=1447&ItemID=0&SessionID=-1&bottest=.
- 11 POM-Tekniset tiedot. Verkkodokumentti. Vink. <http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pom/vink_pom_esite_a4_web-2.pdf>. Luettu 08/12.
- 12 Sähköposti Bodycote. Vastanotettu 04/12.
- 13 S.Sareskoski Oy.<http://www.sareskoski.com/2406-teflonteippi.htm>.
- 14 Interroll.
http://www.interroll.com/en/interroll_group/products/drum_motors/syncron_drum_motors.php
- 15 Uudenmaan teräsleikkaus. <http://www.uudenmaanterasleikkaus.fi/index2.html>
- 16 Neliönmuotoiset Ruukki double grade S420MH/S355J2H-rakenneputket. Verkko-dokumentti. Ruukki. <<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Rakentamisen-ratkaisut/Terasrunkorakenteet/Rakenneputket/Nelionmuotoiset-Ruukki-double-grade-S420MHS355J2H-rakenneputket#>>. Luettu 08/12.
- 17 Oy Mayervastus ab.<http://www.meyervastus.fi/>

Palaverit ja haastattelut

Aloituspalaveri 7.2.2012

Paikallaolijat:

Matias Juutilainen (Opiskelija ja insinööriyöntekijä)

Pekka Salonen (Lehtori ja työn ohjaajat)

Eero Peltola (Transpap Oy toimitusjohtaja)

Käsiteltävät asiat:

- Työn aiheen hyväksyttäminen ja sopimuksen teko
- Yrityksen esittely
- Tuotteiden ja tuotantotilojen esittely
- Insinööriyöhön liittyvää ideointia ja keskustelua
- Mahdollisia yrityksiä joilta saa apua konetta suunniteltaessa
- Työn tavoitteet ja aikataulus
- Työn kulku ja opastus
- Seuraavan palaverin ajankohdan sopiminen

Haastattelut:

Eero Peltola (Toimitusjohtaja, Transpap Oy)

Jarmo Niukkanen (Työnjohtaja, Transpap Oy)

Mika Rönn (Myynti, Transpap Oy)

Haastatteluita ei varsinaisesti järjestetty, vaan neuvoa kysyttiin yleensä heti. Esimerkiksi seuraavista asioista keskusteltiin:

- Eri hihnamateriaalien ominaisuudet ja niihin liittyvät asiat/tiedot
- Yrityksen historia ja yrityksen toiminta
- Muiden yritysten reunasulkukoneet
- Hihnojen käyttö teollisuudessa
- Yleisiä asioita ja kuljetinhihnoista
- Suunnittelu ja käytännön apua

Koulupalaveri 28.3.2012

Paikallaolijat:

Matias Juutilainen

Pekka Salonen

Käsiteltävät aiheet:

- Työn edistyminen
- Työn aikataulussa pysyminen
- Työn muutokset ja ongelmakohdat
- Pinnoiteasiat
- Työn seuraavat vaiheet
- Seuraavan palaverin ajankohta

Työpalaveri 3.5.2012

Paikallaolijat:

Matias Juutilainen

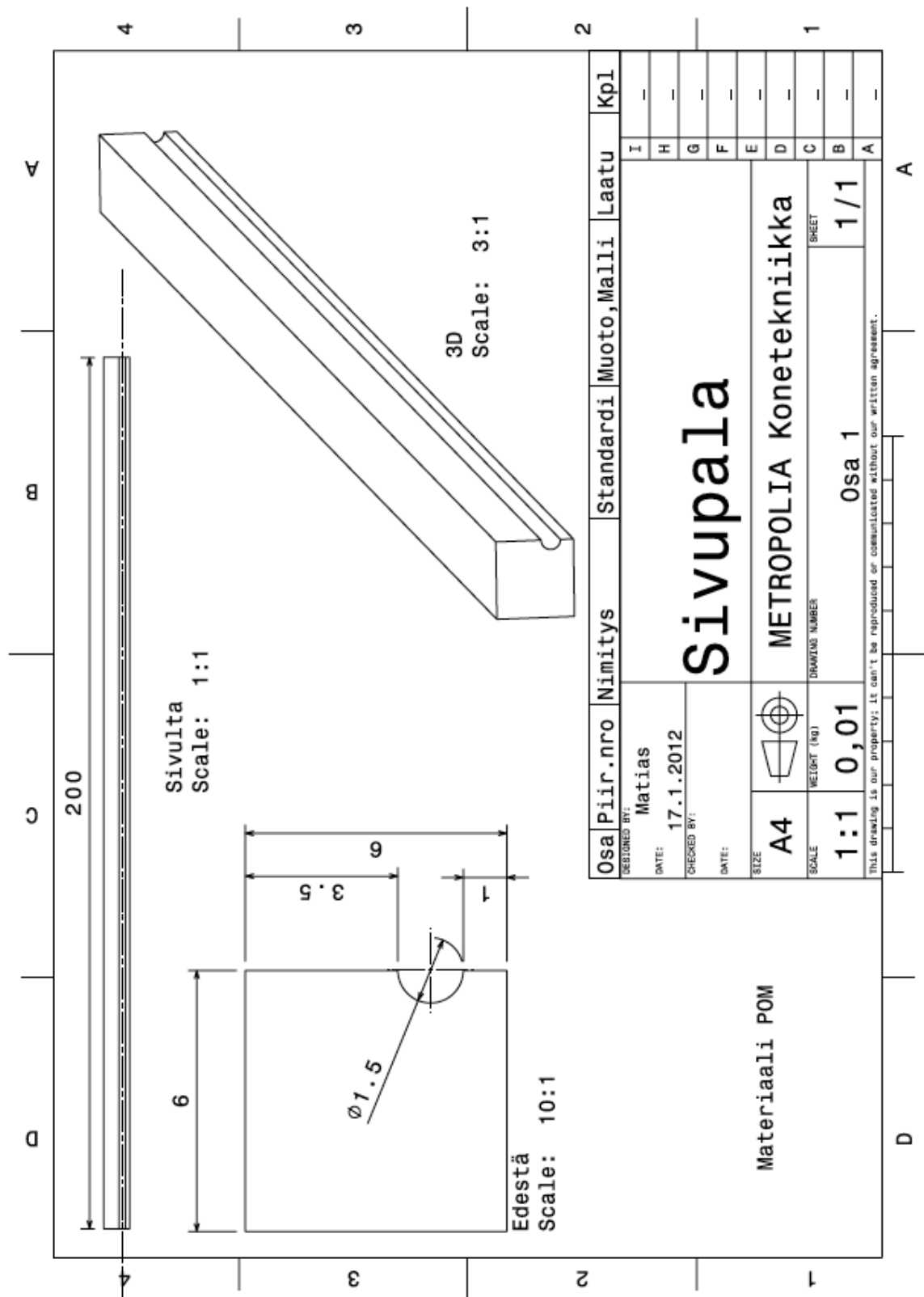
Eero Peltola

Käsiteltävät aiheet:

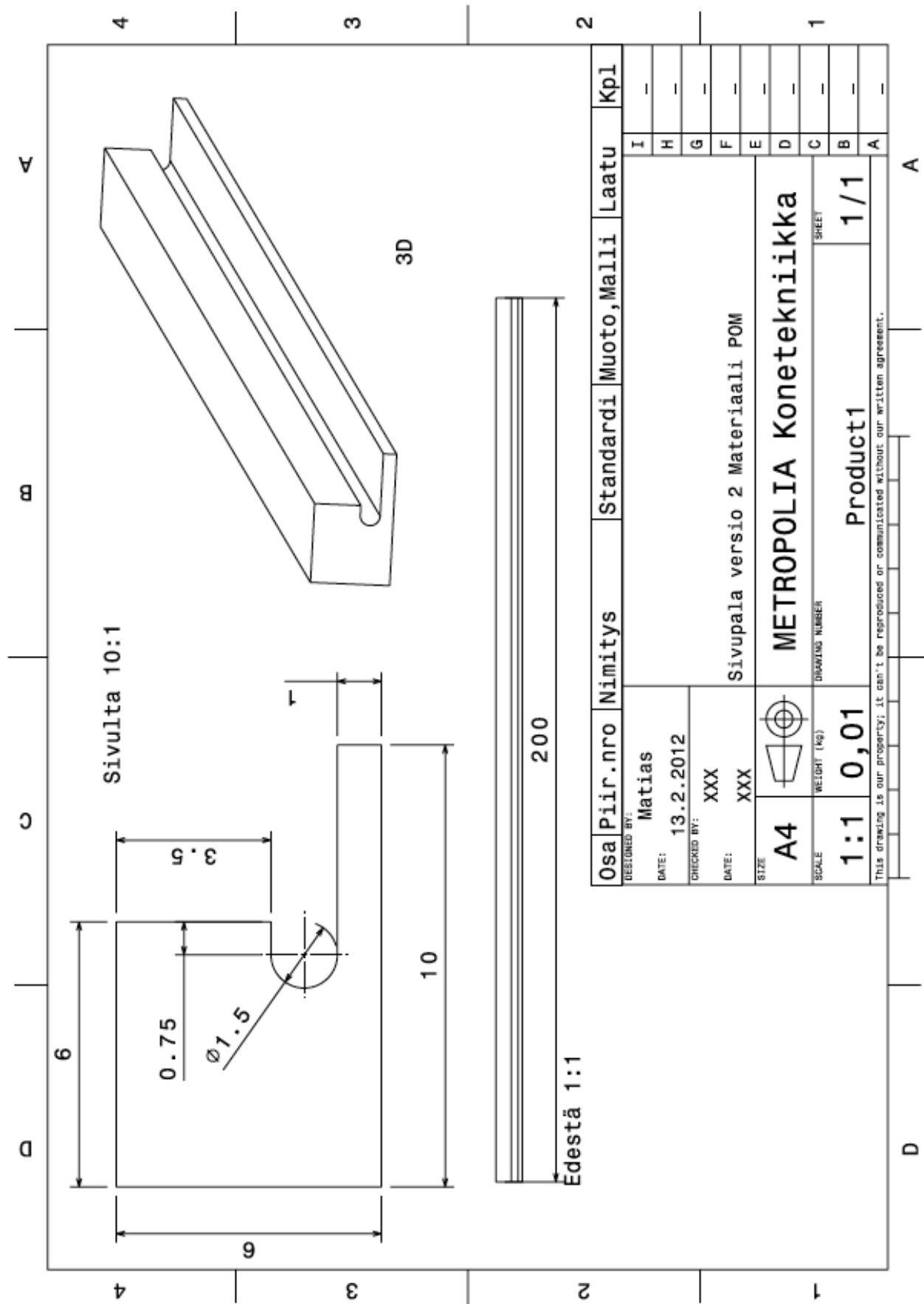
- Lisätietoa hinnoista
- Ongelmat työssä
- Työn julkistaminen
- Työhön muutoksia → Työn helpottaminen, suunnitellaan käsikäyttöinen perusmalli
- Kone suunnitellaan yksinkertaiseksi ja toimivaksi
- Lopputyön aikataulutus

Haastatteluissa ja kyselyissä saatua tietoa käytettiin insinööriyön lähteenä eri tilanteista. Haastatteluita ei kirjoitettu tai nauhoitettu ylös.

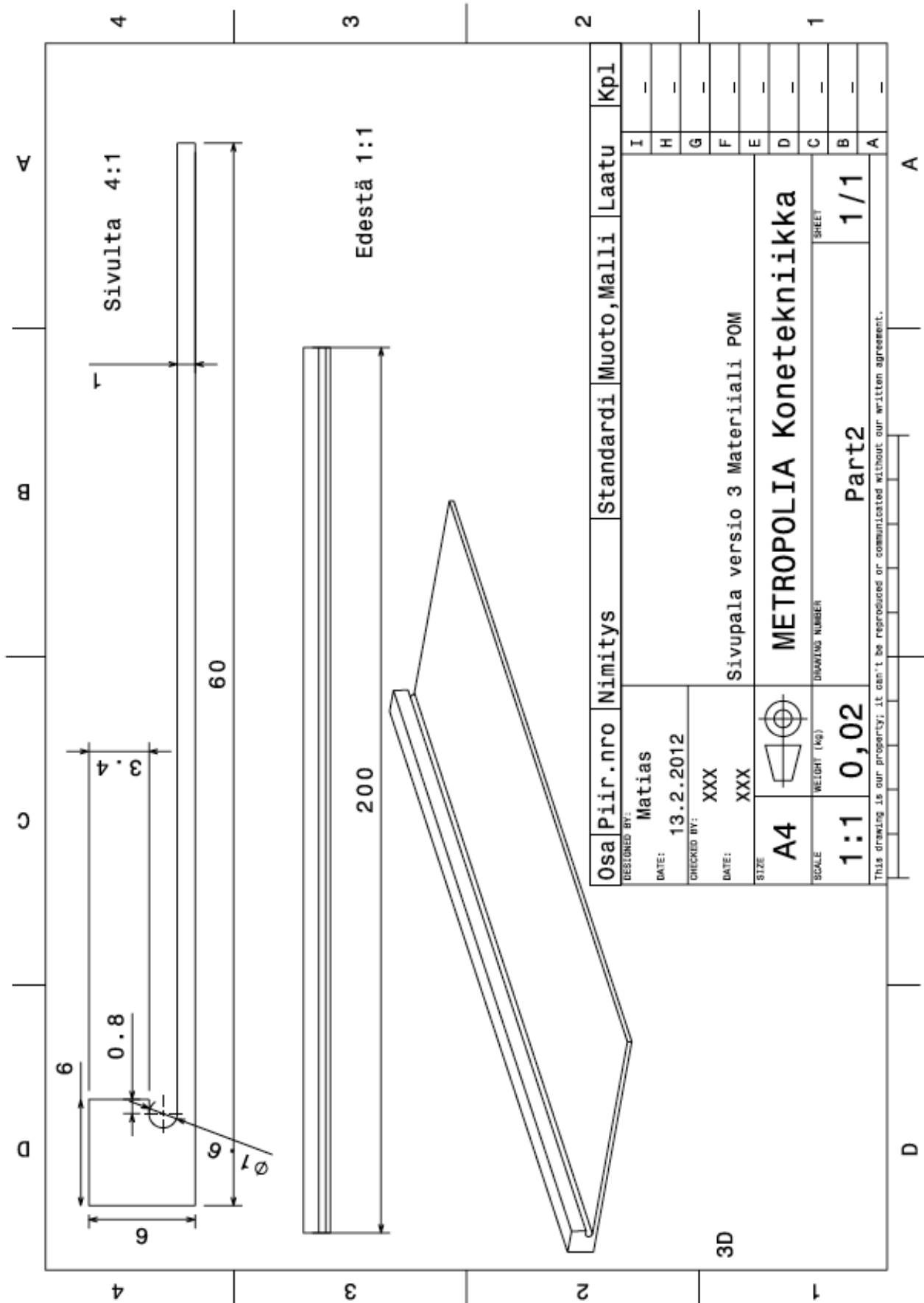
Sivupala versio 1



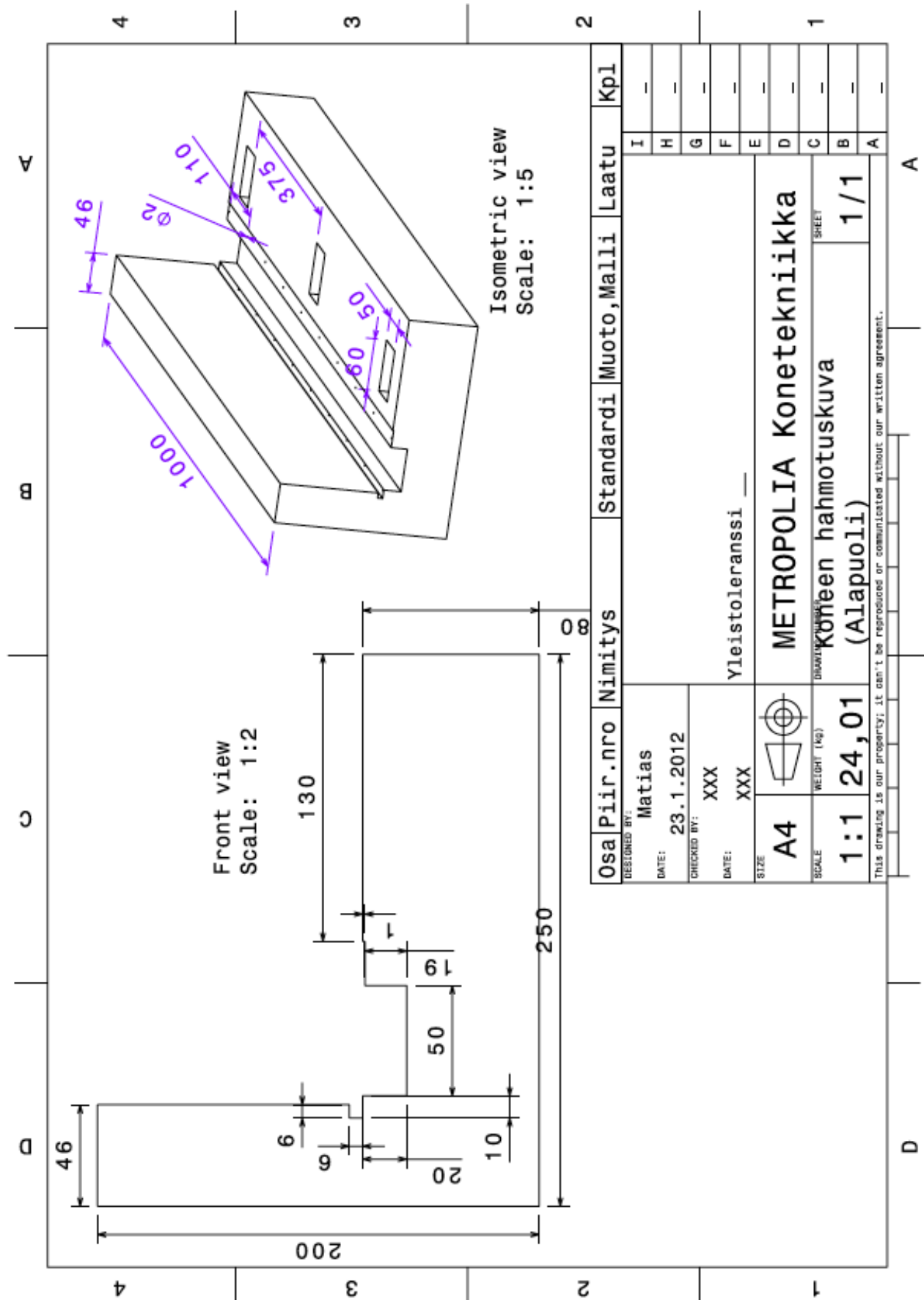
Sivupala versio 2



Sivupala versio 3



Koneen työpiirustus 1



Koneen työpiirustus 2

Isometric view
Scale: 1:5

Isometric view
Scale: 1:10

Osa	Piir.nro	Nimitys	Standardi	Muoto, Malli	Laatu	Kpl
DESIGNED BY:	Matias					
DATE:	25.1.2012					
CHECKED BY:	XXX					
DATE:	XXX					
SIZE	A4					
SCALE	1:1					
WEIGHT (kg)	XXX					
DRAWING NUMBER	XXX					
SHEET	1/1					
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.						

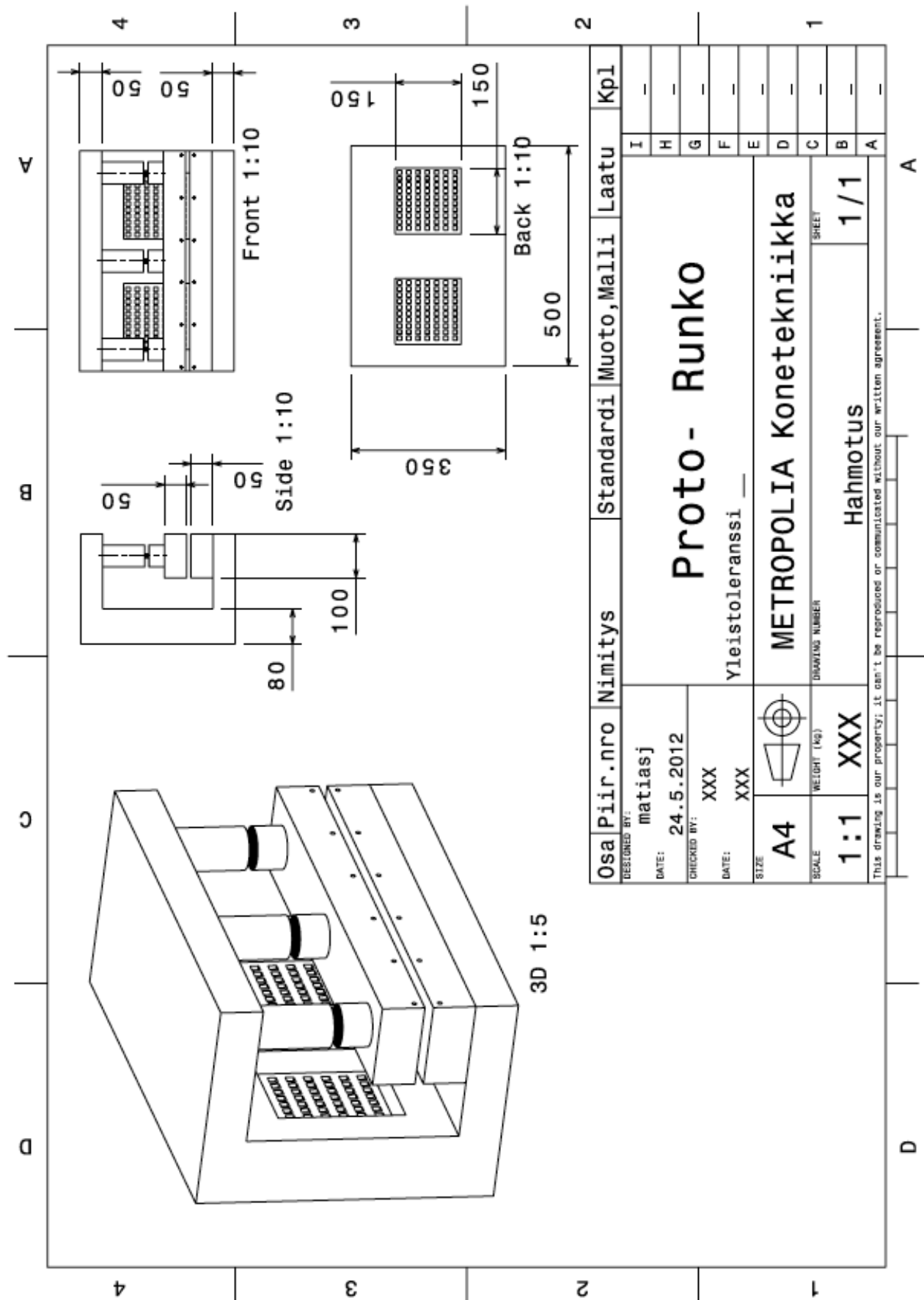
Luonnos 2

Yleistoleranssi _

METROPOLIA Konetekniikka

A

Koneen työpiirustus 3



Koneen 3D kuva

