

Jari Kuusela

KUUMAPURSOTETUN KUPARIPROFIILIN LISÄKKEEN
POISTAMISEN SUUNNITTELU JA MALLINTAMINEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Koneensuunnittelun suuntautumisvaihtoehto
2014

KUUMAPURSOTETUN KUPARIPROFIILIN LISÄKKEEN POISTAMISEN SUUNNITTELU JA MALLINTAMINEN

Kuusela, Jari
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2014
Ohjaaja: Teinilä, Teuvo
Sivumäärä: 40
Liitteitä: 6

Asiasanat: kupari, pursotus, tuotanto, matriisi

Insinööriyön aiheena oli suunnitella ja mallintaa Luvata Pori Oy:lla valmistettavan kuumapursotetun lisäkeprofiilin lisäkkeen poisto. Tavoitteena oli suunnitella Luvatalle menetelmä, joka mahdollistaa luopumisen erillisestä lisäkkeen poistosta kokonaan tai toteuttamaan se vetämön omissa tuotantotiloissa. Lisäkkeen poistoa oli suoritettu jo yli kymmenen vuoden ajan alihankinnassa Ma-Tina Oy:ssa Nakkilassa.

Insinööriyön lähtökohtana oli perehtyä kuparin kuumamuokkaukseen ja erityisesti kuumapursotukseen. Työssä esitettiin myös Ma-Tinan menetelmä lisäkkeen poistosta sekä lisäkeprofiilin tuotantoprosessi kokonaisuudessaan. Tämän jälkeen työssä pohdittiin vaihtoehtoisia menetelmiä lisäkkeen poistoon tai siitä eroon pääsemiseksi.

Lopulta päädyttiin muotoilemaan pursotustyökalu eli matriisi uudelleen, jonka avulla lisäke pursotetaan erillisenä tankona tai profiilina. Tämän ansiosta valmistusprosessi muuttui radikaalisti ja saadut hyödyt ovat merkittäviä. Uuden menetelmän hyötyjä ovat lyhyempi tuotteen läpimenoaika, alihankinta tarpeen poistuminen, kiertometallin varastointiajan lyhentymisen ja tuotteen myyntikatteen parantuminen.

DESIGNING AND MODELLING AN ATTACHMENT'S REMOVAL OF THE HOT EXTRUDED COPPER PROFILE

Kuusela, Jari

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

January 2014

Supervisor: Teinilä, Teuvo

Number of pages: 40

Appendices: 6

Keywords: copper, extrusion, production, die

The purpose of this thesis was to design and model an attachment's removal of the hot extruded copper profile produced by Luvata Pori Oy. The aim was to design a method for Luvata to completely obviate a separate attachment's removal, or to carry out the process in Luvata's own production area, in the drawing mill. Attachment removal had been done over the last 10 years by subcontractor, Ma-Tina Oy, in the city of Nakkila.

This thesis began by familiarizing readers with copper's hot forming, especially with hot extrusion. This thesis also described Ma-Tina's method for attachment removal, as well as the whole production process of the attachment profile. Alternative methods of attachment removal or disposal were then examined.

Finally, it was decided to redesign the extrusion tool otherwise die again, which makes it possible to extrude the attachment by separate rod or profile. Consequently, the manufacturing process was radically transformed, with remarkable benefits including shorter product turnaround time, no more need of subcontracting, shortened warehouse time of recycling metal and improved product sales margin.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YRITYS.....	6
2.1	Outokumpu Oy Porin metallitehdas.....	6
2.2	Outokummusta Luvataksi	6
2.3	Luvata Pori Oy	7
3	KUUMAPURSOTUS	9
3.1	Suora pursotus.....	9
3.2	Puristimet	10
3.3	Pursotustyökalut.....	11
3.4	Pursotettavat metallimateriaalit	11
3.5	Puristimen työvaiheet Luvatan vetämössä.....	13
3.6	Pursotettavat tuotteet.....	16
4	LISÄKEPROFIILIPUTKEN TUOTANTOPROSESSI.....	18
4.1	Lisäkkeen tarkoitus	18
4.2	Profiiliputken tuotantoprosessi vaiheittain	18
4.3	Lisäkkeen poisto	19
5	LISÄKKEEN POISTON SUUNNITTELU	23
5.1	Erilaisia työstömenetelmiä.....	23
5.1.1	Sahaaminen	24
5.1.2	Vesisuihkuleikkaus.....	26
5.1.3	Lasertyöstö	28
5.1.4	Plasmaleikkaus	30
5.1.5	Polttoleikkaus	31
5.2	Lisäkkeen poisto pursotuksessa	32
5.2.1	Matriisin uudelleen muotoilu	32
5.2.2	Työkalumateriaalin valinta.....	34
5.2.3	Luvatan aikaisempia kokeita	36
6	KOEPURSOTUS	37
6.1	Koepursotuksen tulokset.....	37
6.2	Koepursotteiden mittaustulokset.....	38
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia suunnitelma tai kehitysehdotus Luvata Pori Oy:ssä valmistettavan lisäkeprofiilin tuotantoprosessille. Luvatalle on tärkeää saada prosessista edullisempi, nopeampi ja omavaraisempi. Ongelmakohtana jatkoprosessin kannalta on kuumapursotuksen profiiliin jättämä lisäke. Lisäkkeen tarkoituksena on vakioida profiilin poikkileikkaus pursotuksen ajaksi, mutta lopputuotteessa sitä ei sallita.

Opinnäytetyön lähtökohtana on mallintaa menetelmä, jolla päästään haluttuihin tavoitteisiin ilman erillistä työvaihetta alihankintayrityksessä. Työssä pohditaan erilaisia lastuavia ja leikkaavia muodonpoistomenetelmiä, jotka voisivat soveltua ongelman ratkaisemiseksi.

Opinnäytetyö keskittyy suuressa määrin kuumapursottamiseen ja sen mahdolliseen kehittämiseen. Työssä arvioidaan ja perustellaan lisäkkeen käytön tarpeellisuus ja sen mahdollinen pois jättäminen. Lopulta päädytään ratkaisemaan ongelma suunnittelemalla pursotustyökalu eli matriisi, jossa lisäkkeen kannaksen pinta-ala siirretään varsinaiseen lisäkeosaan. Työn tuloksena syntyy kaksi erillistä pursotetta, kupariprofiili (aihio) ja lisäketanko (romu). Suunnittelutyön ansiosta päästään eroon kokonaan kahdesta työvaiheesta ja nopeutetaan läpimenoaikaa huomattavasti. Lopputulos realisoituu myyntikatteen 5 % parannuksena.

2 YRITYS

2.1 Outokumpu Oy Porin metallitehdas

Outokummun Porin metallitehdas perustettiin puolustusvoimien tarpeisiin vuosina 1940 – 1941. Tehdas rakennettiin Poriin Koiviston kylään 1941. Juuri valmistuneelta Pori – Haapamäki rautatieltä saatiin raideyhteys myös metallitehtaalle. Alkuaikoina $\frac{3}{4}$ tuotannosta meni sotatarvikkeisiin. Tehtaalla valmistettiin nikkelin lisäksi myös erilaisia levyjä ja patruunapyörylöitä sekä sytyttimiksi messinkitankoja. 50 % tuotannosta vietiin Saksaan. (Teollisuustyön jäljillä verkkomateriaalin [www-sivut 2013.](#))

Jatkosodan jälkeen 1944 Porin tehdas jalosti Harjavallan kuparisulatosta saatua raaka-ainetta. Porin tehtailla oli 1900-luvun puolivälissä useita erillisiä tuotantolaitoksia:

- kuparielektrolyysi
- jalometallipuhdistamo
- metallivalimo
- valssilaitos
- vetolaitos

(Teollisuustyön jäljillä verkkomateriaalin [www-sivut 2013.](#))

Porin metallitehdas osallistui sotien jälkeen sotakorvauksiin ja siitä tuli Porin merkittävin työnantaja 764 työntekijällään. Myöhemmin Porin tehtaat nousi Outokumpu yhtiön merkittävimmäksi yksiköksi. (Teollisuustyön jäljillä verkkomateriaalin [www-sivut 2013.](#))

2.2 Outokummusta Luvataksi

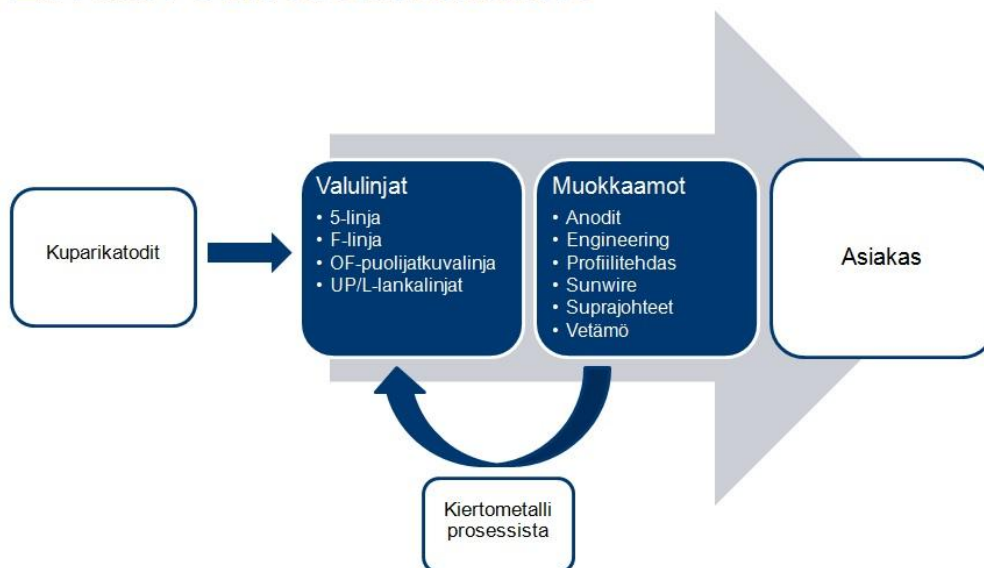
Nykyisen nimensä Luvata Oy, yhtiö sai toukokuussa 2006, kun Outokumpu myi kuparituotetoimialansa (Outokumpu Copper Products Oy:n) pääomasijoitusyhtiö Nordic Capitalille. Luvata on yhä tänä päivänä yksi Porin suurimmista teollisuuden työllistäjistä. (Järvinen sähköposti 8.10.2013; Luvatan [www-sivut 2013.](#))

2.3 Luvata Pori Oy

Luvata Pori Oy on osa maailmanlaajuista Luvata konsernia, komponenttien valmistaja ja palveluiden tuottaja. Luvatan Porin yksikkö työllistää noin 330 henkilöä, joista 2/3 työntekijöitä ja 1/3 toimihenkilöitä. Porin tehtaiden tuotannosta yli 90% menee vientiin. Tärkeimmät vientimaat ovat Italia, Saksa, Englanti, Ranska, Pohjoismaat, Yhdysvallat ja Itä-Eurooppa. (Järvinen sähköposti 8.10.2013; Eriksson 2011, 2.)

Luvata Pori Oy:n tuoteperheeseen kuuluvat uusiutuvien energioiden ratkaisut, ilmanvaihdon tuotteet, hitsaustuotteet, tangot ja profiilit, johdinputket, putket, suprajohteet, anodit ja metallurgiset komponentit. Luvatalla käytössä olevia valmistusprosesseja ovat valu, valssaus, pursotus, veto ja koneistus. Luvata Pori Oy:n tuotantokaaviossa (Kuva 1.) esiintyy pelkistetty versio tuotantoprosessista. (Järvinen sähköposti 8.10.2013.)

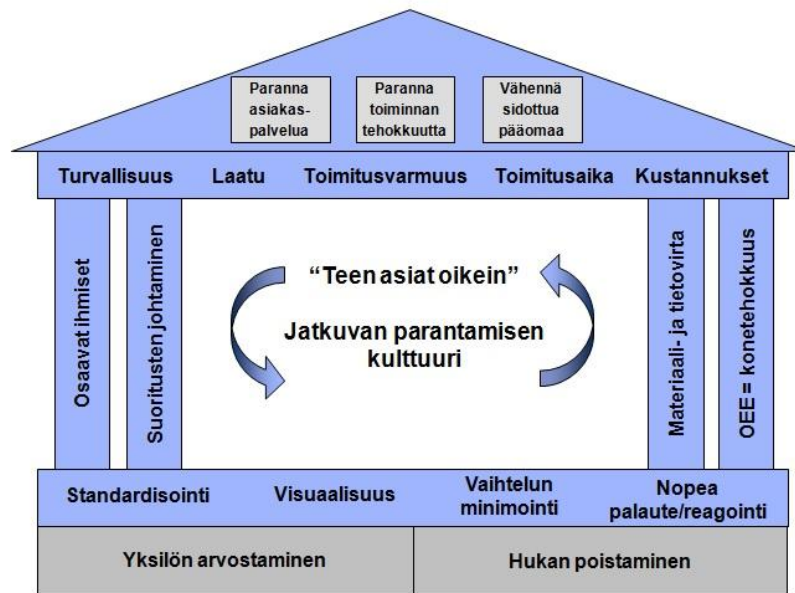
Luvata Porin tuotantokaavio



Kuva 1. Luvata Pori Oy:n tuotantokaavio. (Järvinen sähköposti 8.10.2013.)

Luvatalla on oma tuotantojärjestelmänsä (Kuva 2.) joka pohjautuu Toyotan kehittämään lean filosofiaan. Tärkeimmät toiminnan mittarit Luvatalle ovat turvallisuus, laatu, toimitusvarmuus, toimitusaika ja kustannukset.

Luvatan tuotantojärjestelmä (Luvata production system = LPS)



Kuva 2. Luvata Pori Oy:n tuotantojärjestelmä. (Järvinen sähköposti 8.10.2013.)

3 KUUMAPURSOTUS

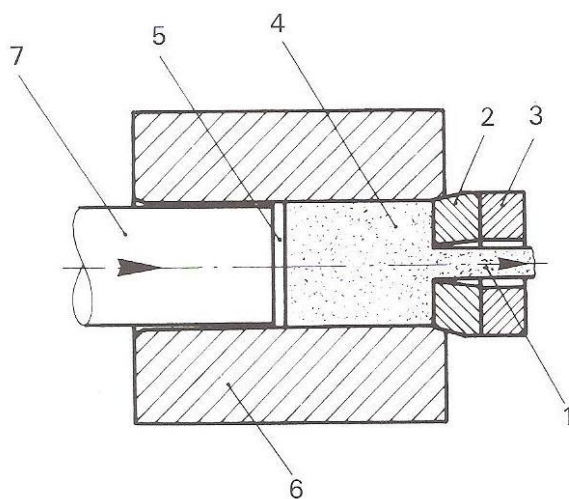
3.1 Suora pursotus

Kuumapursotus on metallin kuumamuokkaus prosessi, jossa aihio painetaan suurella voimalla työkalun eli matriisin läpi. Matriisissa on tarkka muoto tuotteen poikkileikkauksesta ja sen koosta, jotka voivat vaihdella ympyrästä monimutkaiseen. Matriisi sijaitsee sylinterimäisen padan toisessa päässä, vastapäätä paininta. Suorassa pursotuksessa painin liikkuu samaan suuntaan pursotetun tuotteen kanssa. Suoran pursotuksen periaate on esitetty alempana (Kuva 3.). Suora pursotus on yleisimmin käytetty pursotusmenetelmä. (Eriksson 2011, 4.)

Kuumapursotuksessa käytettävä lämpötila on suurempi kuin rekristalisaatiolämpötila eli

$$T > 0,6 \cdot T_m,$$

jossa T_m on metallimateriaalin sulamislämpötila. Tämän menettelytavan johdosta parantuu materiaalin virtaus, materiaalin kiderakenne ja estetään materiaalin muokkauslujittuminen prosessin aikana. (Eriksson 2011, 3.)



Kuva 3. Suoran pursotuksen periaate. 1) Tuote, 2) matriisi, 3) tuki, 4) aihio, 5) puristuslevy, 6) puristuspata, 7) painin/puristusmäntä (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 1985, 352.)

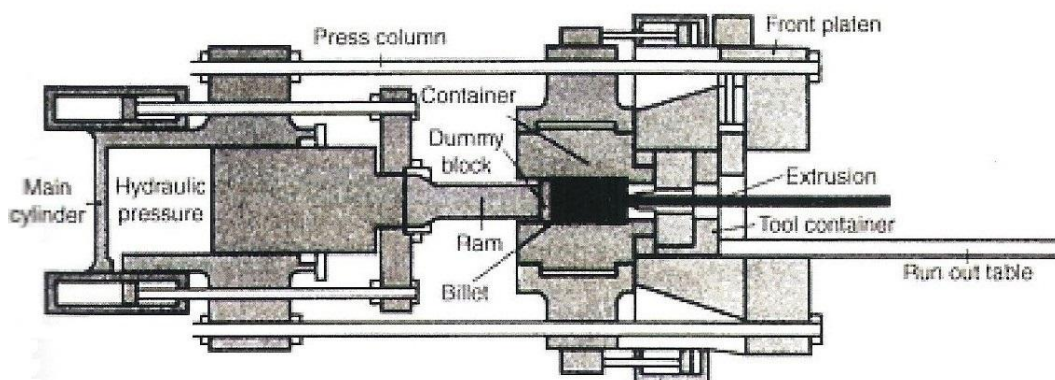
3.2 Puristimet

Kuumapursotuksessa käytetään öljyhydraulisia tai mekaanisia vaakaa- tai pystysuuntaisia puristimia. Yleisimmät puristimet ovat hydraulisesti toimivia vaakapuristimia, joita on kolme eri tyyppiä:

1. Vaakasuora puristin tankojen, profiilien ja lankojen valmistukseen
2. Vaakasuora hydraulipuristin sisäänrakennetulla tuurnalla putkien pursotukseen
3. Vaakasuora hydraulipuristin sisäänrakennetulla painimen liikkeestä riippumattomalla lävistäjällä

(Eriksson 2011, 7).

Puristimessa on kaksi runkokappaletta, jotka yhdistyvät toisiinsa paksuilla, esijännitetyillä tangoilla. Toisessa runkokappaleessa on pääsylinteri. Päämännän päähän on kiinnitetty puristusmäntä, joka liikkuu johteita pitkin ja sen sisällä voi olla tuurnapuristusta varten tuurnan sylinteri. Tuurnan liikkeet tapahtuvat erikseen puristusmännässä. Päämännän pikaliikkeistä vastaa kaksi apusylinteriä. Toisessa runkokappaleessa on suorassa puristimessa työkalunvaihtaja ja leikkuri aihiojätteen irroittamista varten. Puristuspesä ja aihionsyöttäjä liikkuvat johteita pitkin työkalunvaihtajan ja puristusmännän välillä. Havainnollistava kuva vaakasuorasta puristimesta esiintyy kuvassa 4. (Ihalainen ym. 1985, 345.)

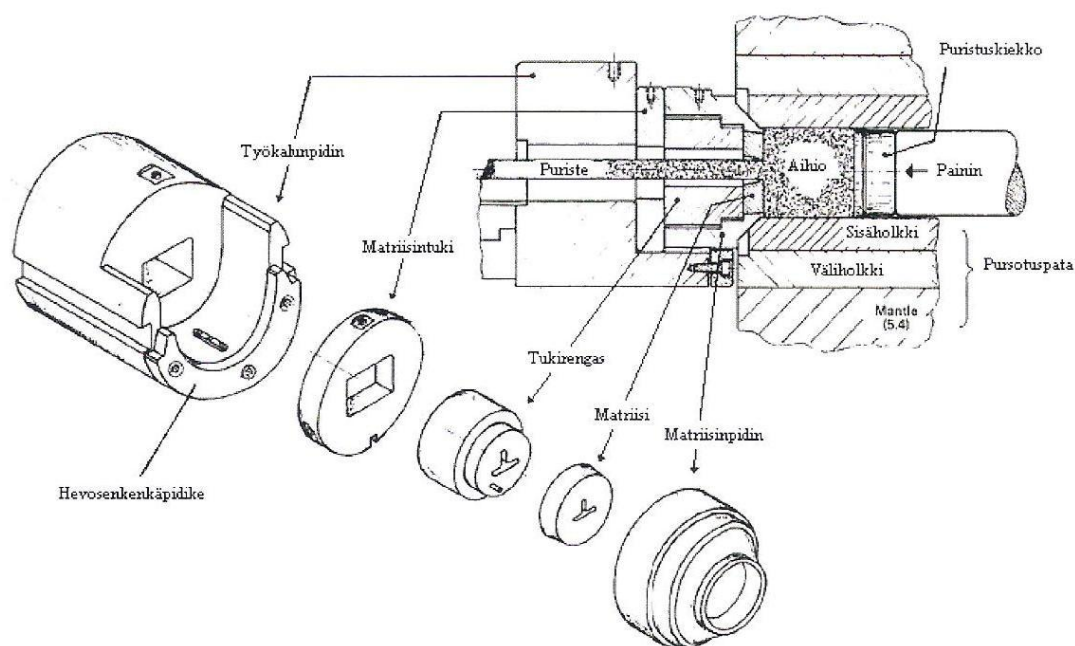


Kuva 4. Kaaviokuva vaakasuorasta hydraulisesta puristimesta. (Eriksson 2011, 7.)

Luvata Pori Oy:n 2500 tonnin puristin lukeutuu yleisimpään puristinkokoon puristusvoimaltaan (1600-2500t), mutta suurimmat yltyvät jopa 20 000 tonniin. (Ihalainen ym. 1985, 346.)

3.3 Pursotustyökalut

Kuumapursotuksessa käytettävät työkalut koostuvat useista erillisistä osista, joista rakennetaan varsinainen työkalupaketti. Kuvassa 5 on havainnollistettu eri puristustyökalut ja niiden sijainti suorassa puristuksessa. (Eriksson 2011, 9.)

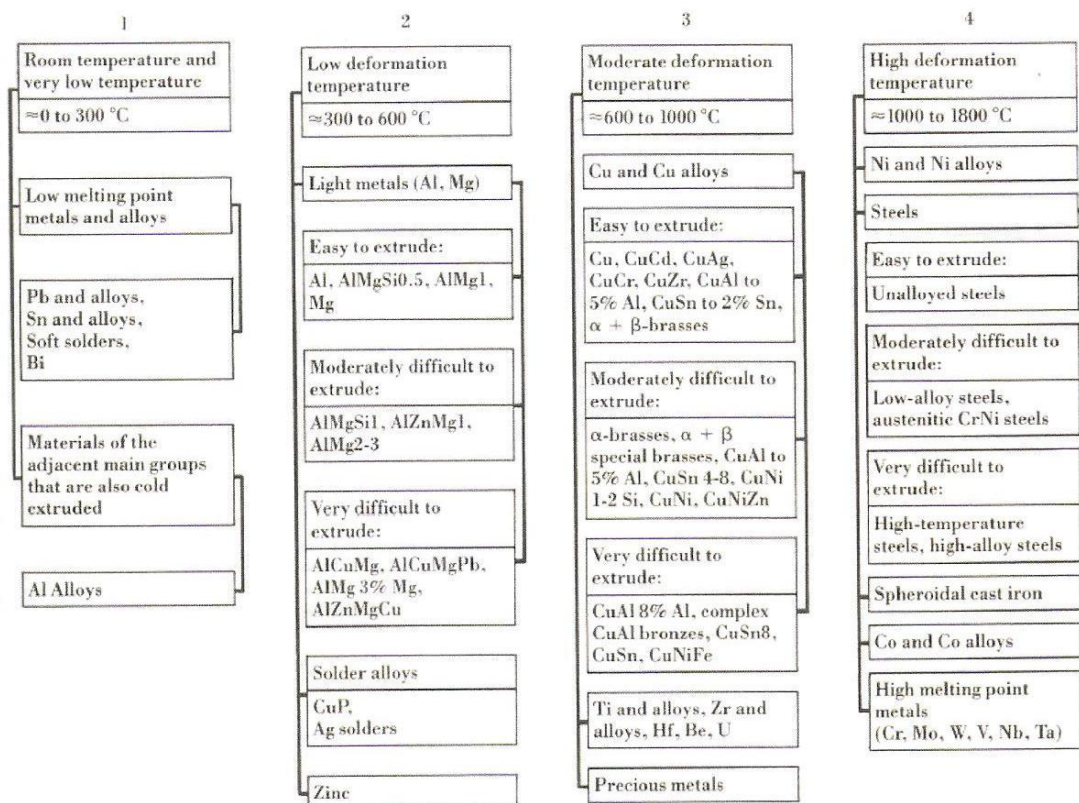


Kuva 5. Suoran pursotuksen työkalut (Eriksson 2011, 10.)

3.4 Pursotettavat metallimateriaalit

Pursotettavat metallimateriaalit ovat jaettu neljään eri pääryhmään pursotuslämpötilan mukaan, jotka voidaan nähdä taulukosta 1. Pursotettavan metallimateriaalin ominaisuudet määrittelevät pursotuslämpötilan, joka määrittelee vastaavasti pursotustekniikan. (Eriksson 2011, 13.)

Taulukko 1. Pursotettavat metallimateriaalit jaoteltuna pursotuslämpötilojen mukaan. (Eriksson 2011, 14.)



Ensimmäisen ryhmän materiaaleja pursotetaan alhaisilla lämpötiloilla, huoneenlämpötilan ja 300 °C välillä, johtuen niiden alhaisesta sulamispisteestä. Tähän ryhmään luetaan lyijy ja sen seokset, tina ja sen seokset, vismutti ja jotkut alumiiniseokset. Toisen ryhmän materiaaleihin luetaan kevytmetallit, joiden pursotuslämpötila vaihtelee välillä 300 – 600 °C. Näitä materiaaleja ovat muun muassa alumiini ja sen seokset, magnesium ja sen seokset sekä sinkki. (Eriksson 2011, 14.)

Kolmanteen pääryhmään luetaan muun muassa Luvata Pori Oy:n käyttämät kuparin ja zirkonin seokset. Tässä ryhmässä pursotuslämpötila on 600 – 1000 °C. Muita kolmannen ryhmän pursotettavia metallimateriaaleja ovat titaani ja sen seokset, hafnium, beryllium ja uraani. Neljännen ryhmän materiaaleja yhdistää korkea pursotuslämpötila, 1000 – 1800 °C. Tällaisia materiaaleja ovat nikkeli ja sen seokset, teräkset, koboltti ja sen seokset. Neljänteen ryhmään luetaan myös korkean

sulamispisteen metallit kuten kromi, molybdeeni, volframi, vanadiini, niobi ja tantaali. (Eriksson 2011, 14.)

3.5 Puristimen työvaiheet Luvatan vetämössä

Kuparielektrolyysissä valmistetuista katodeista valetaan pötkykerrannaiset, joiden halkaisija on 216/278mm ja pituus n. 3900mm. Pötkykerrannaiset siirretään valimosta niille varatulle radalle vetämön ulkopuolelle, josta ne siirretään tuotantohallin lattian alaisella kuljettimella pötkysahalle. Pötkyt sahataan maksimissaan pituuteen 775mm. Alla kuparipötkyjen sahaukseen tarkoitettu pyörösaha (Kuva 6). (Vidqvist 2008, 8-9.)



Kuva 6. Pötkysaha. (Jari Kuusela)

Sahauksen jälkeen pötky kuljetetaan esilämmitykseen kaasuuuniin, jossa pötky lämpötila kohoaa noin 700 °C:n. Kuvassa 7. on esitetty kaasuuuniin menossa oleva määrämittaan sahattu pötky. (Vidqvist 2008, 8-9.)



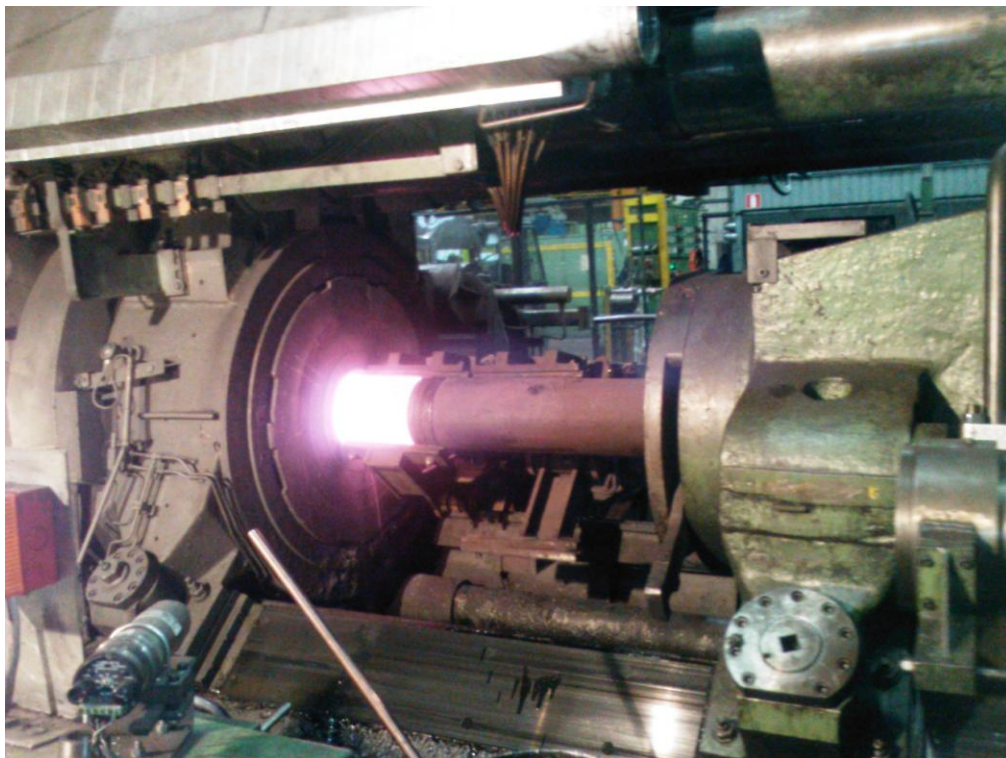
Kuva 7. Pötty menossa esilämmitykseen kaasuuuniin. (Jari Kuusela)

Esilämmityksen jälkeen pötty siirretään kuljettimella induktiuuniin, jossa se kuumennetaan maksimissaan 970 °C lämpötilaan. Induktiounilta pötty siirretään kuljettimella pesurille, jossa uunissa muodostunut oksidikerros pestään pois ennen puristusta. Induktiounun jälkeinen vaihe on esitetty kuvassa 8. (Vidqvist 2008, 9.)



Kuva 8. Loppulämpötilaan kuumennettu kupariaihio siirretään puristimelle. (Jari Kuusela)

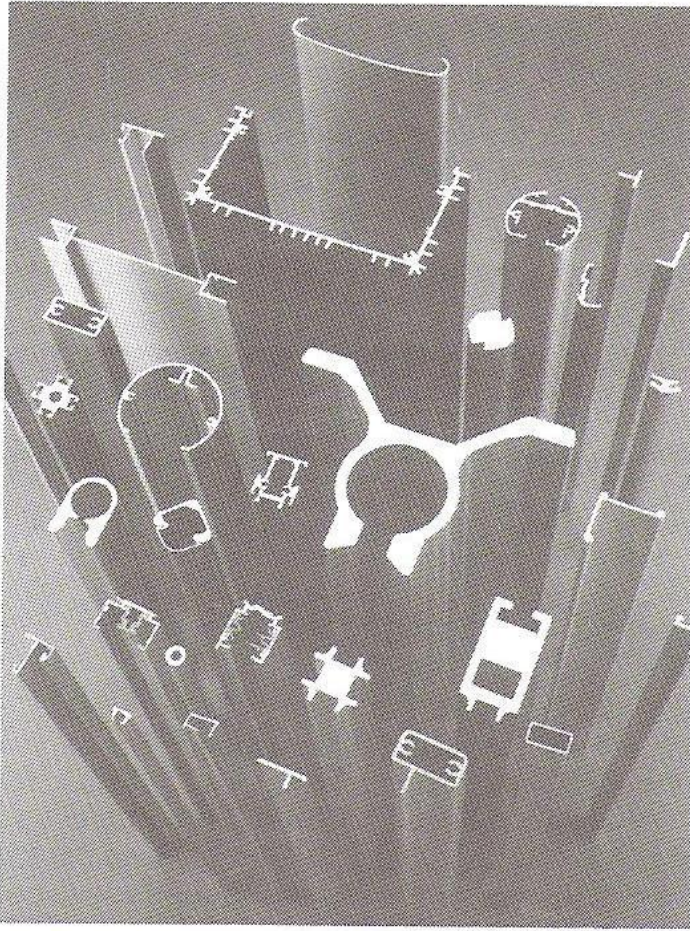
Pesurin jälkeen tarttuja siirtää kupariaihion puristimen painimen eteen, jossa pötkyntä asetetaan puristuslevy. Puristuslevyä on käytettävä, jotta kuumennettu kupari ei jää painimeen kiinni ja painimen käyttöikä pidentyy. Painimen painautuessa puristuslevyä päin, pötky asettuu padan holkkiin. Tätä seuraa puristusvaihe, jossa pötky painetaan tuotteen poikkileikkausta määräävän matriisin läpi (Vidqvist 2008, 9). Profiilin puristusvaihe Luvata Pori Oy:n puristimella on esitetty kuvassa 9. Pursotus tapahtuu vesikouruun, jossa pursote jäähdyytetään ja loppu puristusaihiosta sahataan poikki puristuslevyn ja matriisin välistä. Tämän jälkeen tuote siirretään lamellikuljettimelle. Pursotettu tuote lamellikuljettimella on esitetty kuvassa 11.



Kuva 9. Pötö puristusvaiheessa. Kuvassa näkyy painin, puristuslevy ja pata. (Jari Kuusela)

3.6 Pursotettavat tuotteet

Kuumapursottamalla valmistetaan pitkiä ja suoria metallipuolivalmisteita. Tuotteet voivat olla tankoja, putkia tai lankoja, yleisimmät pursotettavat puolivalmisteet ovat putkia ja profiileita. Kuumapursotettavat kuparituotteet ja niiden seokset tavallisesti kylmämuokataan erilaisilla vetokoneilla pursotuksen jälkeen, jotta saadaan asiakasvaatimusten mukaiset mittatoleranssit ja mekaaniset ominaisuudet. Erilaisia pursotettuja profiileja kuvassa 10. (Eriksson 2011, 15).



Kuva 10. Erilaisia pursottamalla valmistettuja alumiiniprofilimuotoja. (Ihalainen ym. 1985, 336)

4 LISÄKEPROFIILIPUTKEN TUOTANTOPROSESSI

4.1 Lisäkkeen tarkoitus

Ennen pursotuksen alkua kupariaihio lävistetään työkalulla, tuurnalla, jotta virtaus tapahtuu tuurnan ympärillä. Tästä seuraa poikkileikkauksessa esiintyvä reikä ja pursotteen putkimainen rakenne. Pursotettaessa reiällistä profiilia tai putkea ilman lisäkettä, tulee reiän olla keskellä poikkileikkausta, toisin kuten tässä tapauksessa sen ollessa epäkeskeisessä asemassa (Kuva 13). Lisäkeprofiilin kuumapursotuksen jälkeinen poikkileikkaus selittyy reiän sijainnin ja kuparin virtauksen perusteella, sillä ilman lisäkettä reiän epäkeskeistä sijaintia ei saada vakioitua aikaisemman kokemuksen mukaan.

Kuparin virtaus matriisissa on suurempi toisella puolella tuurnaa, joka johtaa tuurnan liikkumiseen pienemmän virtauksen suuntaan. Pienempi virtaus syntyy tuurnan puolelle, jossa poikkileikkauksen pinta-ala on pienempi. Erilaisia lisäkkeen kanssa pursotettavia profiiliputkia tuotetaan Luvatalla yli 20:lla erilaisella mitoituksella, joista valmistetaan putkia asiakasvaatimusten mukaan. Profiiliputkesta valmistetaan muun muassa käämejä ja virtakiskoja.

4.2 Profiiliputken tuotantoprosessi vaiheittain

Profiiliputken tuotantoprosessi alkaa New Bolidenin kuparielektrolyysistä, jossa valmistetaan valimoon toimitettavat kuparikatodit. Kuparivalimossa katodeista valetaan pötkyt, jotka toimitetaan vetämön puristimelle ensimmäiseen työvaiheeseen. Tässä työssä tarkastellun profiiliputki 9580 työkortti kaikkine työvaiheineen löytyy liitteestä 1.

1. Kuumapursotus vetämön 2500t puristimella. Kuva vesijäähdytetystä pursotteesta on esitetty kuvassa 11.
2. Esioikaisu hydraulisella oikaisukoneella
3. Lisäkkeen poisto alihankinnassa Ma-Tina Oy:ssa
4. Peittäus ja päänteko 800t pääntekopuristimella

5. Valmisveto 80t vetopenkillä
6. Oikaisu hydraulisella oikaisukoneella
7. Sahaus Kaltenbach pyörösahalla asiakkaan tilauksen mukaan
8. Nippupakkaus



Kuva 11. Vetämön 2500t puristimelta pursotettu D-mallinen lisäkeprofiili. (Jari Kuusela)

4.3 Lisäkkeen poisto

Lisäkkeen poisto tapahtuu Ma-Tina Oy:n alihankinta yrityksessä. Yritys suorittaa lisäkkeen poiston ja hionnan vuotuisasti sadoista profiilitangoista käyttämällä numeerisesti ohjatulla syöttöpöydällä varustettua vannesahaa. Pöydän liike tapahtuu ohjatusti sähkömoottorin tuottaman ja hammastangon välittämän voiman avulla. Sahassa on tavallinen HSS-terä ja kierrosnopeutta 400 m/min asti.

Syöttöliike on noin puolet profiiliputken mitasta, joten työkappaleen kääntö katkaisee sahauksen noin neljän metrin kohdalla. Sahassa on ohjuri hieman ennen

terää, jolla pyritään varmistamaan oikea sahauslinja. Vannesahaus on esitetty kuvassa 12. Suora ja siisti sahausjäki on kuitenkin miltei mahdotonta saavuttaa, sillä profiiliputki ei ole suora tullessaan lisäkkeen poistoon. Tästä syystä vannesahalla työskentelee kaksi työntekijää, jotka pyrkivät käsivaralla mukautumaan profiiliputken epäsuoruuteen sahausken yhteydessä.

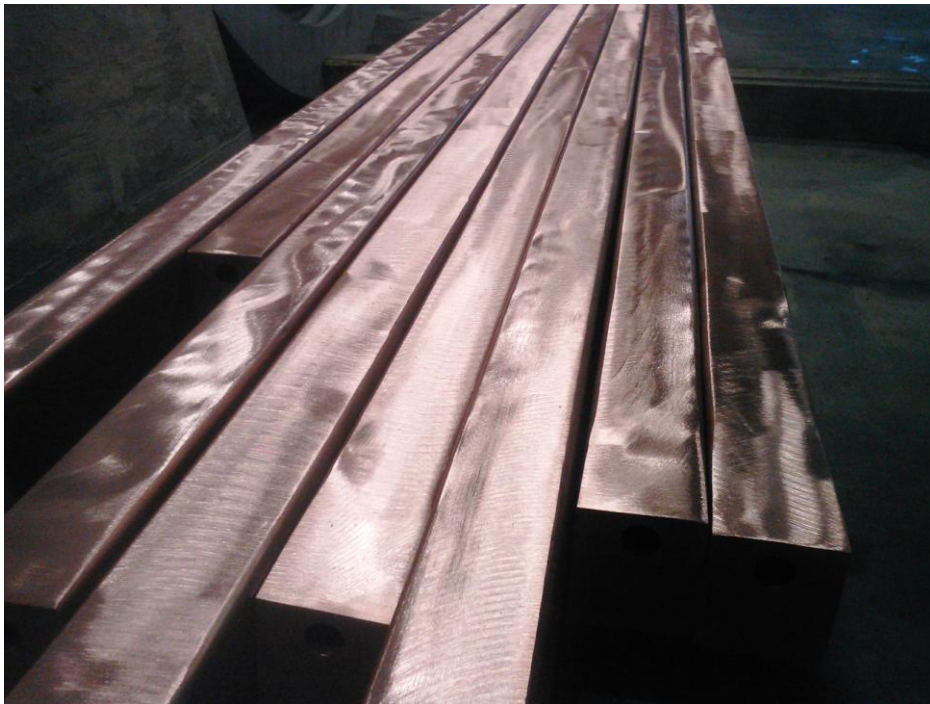
Sahauksen jälkeen profiiliputken pinnanlaatu on heikko (Kuva 13), joka täytyy korjata hiomalla ennen loppumittaan vetoa. Ma-Tina käyttää hionnassa perinteistä kulmahiomakonetta, jolla työntekijä poistaa sahausken jättämät kielekkeet. Hionnan jälkeen pinnanlaatu on hyvä (Kuva 14).



Kuva 12. Ma-Tina Oy:n vannesaha lisäkkeen poistamiseen. (Jari Kuusela)



Kuva 13. Profiiliputken pinta lisäkkeen sahauksen jälkeen. (Jari Kuusela)



Kuva 14. Profiiliputken pinta lisäkkeen sahauksen ja hionnan jälkeen. (Jari Kuusela)

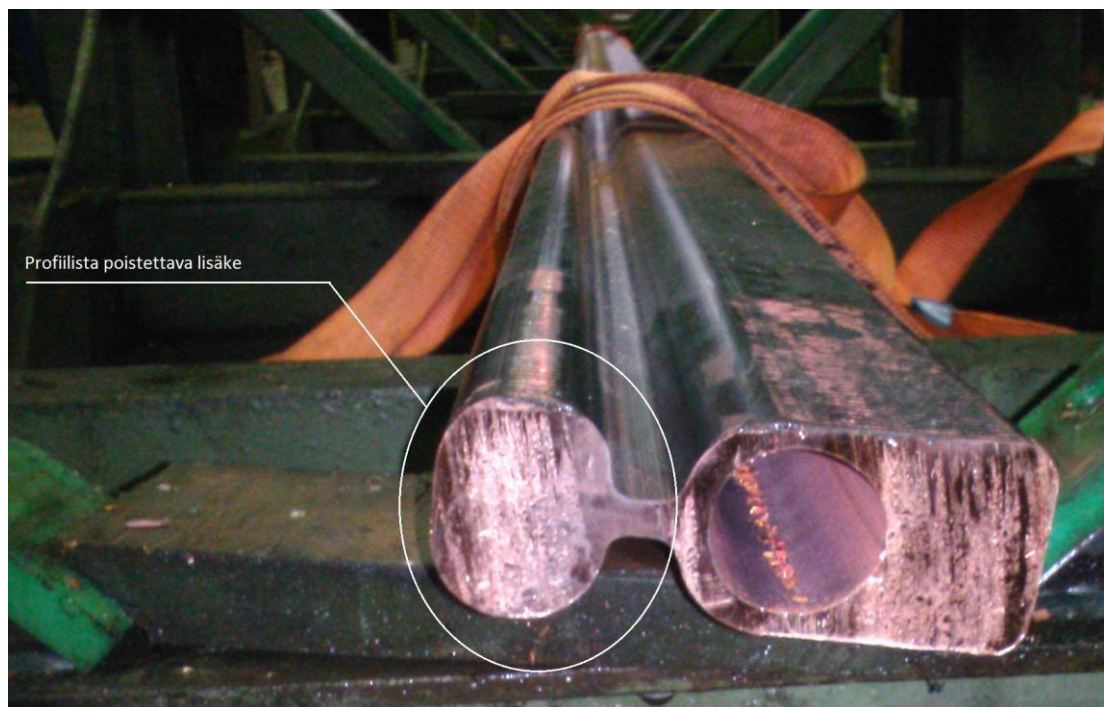
Prosessi on vaikea työkappaleen käsittelyyn, erillisen hionnan ja puutteellisen suoruuden takia. Profiiliputken käsittelyyn ja asetteluun kuluva aika on suhteellisen suuri verrattuna varsinaiseen sahausprosessiin. Lisäkkeen poiston ja hionnan suorittaminen ruumiillisena työnä on kehitystyötä vailla niin työturvallisuuden, kuin ajankäytön kannalta. Vannesahaus ja kulmahionta ovat tuotantomenetelminä selkeä työturvallisuusriski. Vannesahaus on joka tapauksessa yksi ainoista pätevistä menetelmistä aihion ollessa epäsuora.

5 LISÄKKEEN POISTON SUUNNITTELU

Lisäkkeen poiston suunnittelulla tavoitellaan ”ylimääräisten” työvaiheiden poistamista, läpimenoajan lyhentämistä, romukuparin kierrätyksen vauhdittamista ja kustannusten hallintaa. Mikäli lisäkkeestä päästäisiin kokonaan eroon ja tuote olisi suorahkoa pursotuksen jälkeen, poistuisi myös esioikaisun tarve. Jos lisäkkeen poistolle saadaan suunniteltua joustava, taloudellinen ja turvallinen uusi menetelmä, voidaan luopua alihankinnan aiheuttamista aika- ja hintarasisituksista.

5.1 Erilaisia työstömenetelmiä

Lisäkkeen poistolle mahdollisia leikkausmenetelmiä ovat teoriassa muun muassa plasma-, laser-, vesisuihku-, polttoleikkaus ja sahaaminen. Poistettava lisäke on havainnollistettu kuvassa 15.

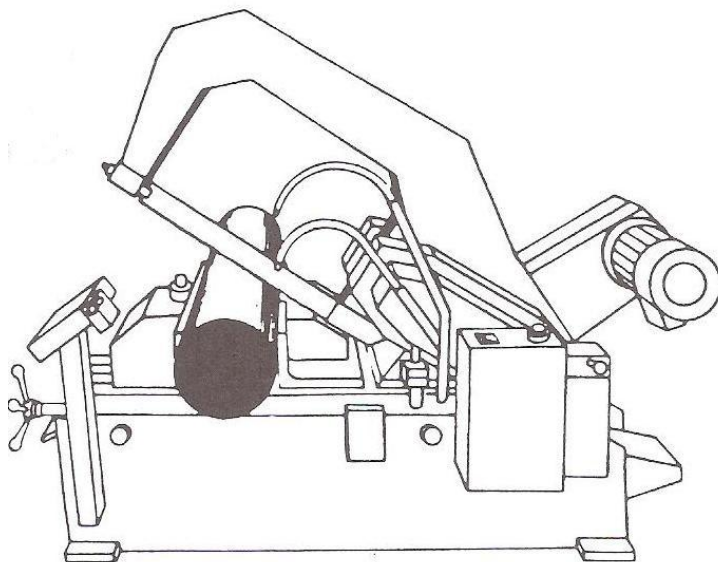


Kuva 15. D-mallinen lisäkeprofiili, johon ympyröitynä poistettava muoto. (Jari Kuusela)

5.1.1 Sahaaminen

Sahaamista käytetään pääasiassa tankojen paloitteluun, kiristysurien työstöön ja kappaleiden muotojen irrottamiseen. Sahaus on lastuava työstömenetelmä, jolla valmistetaan aihio. Eri sahaamisenmenetelmiä ovat konesaha, vannesaha ja pyörösahat. (Ihalainen ym. 1985, 185.)

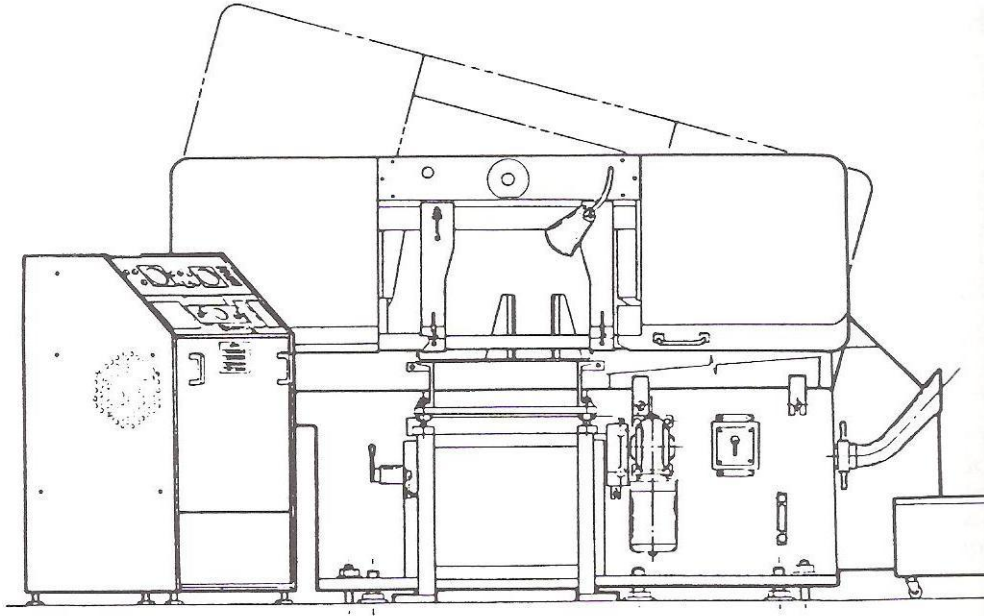
Konesaha on vanhin mahdollinen sahakonstruktio, jolla jäljitellään käsinsahauksesta tuttua terän edestakaista liikettä. Sahaus on varsin tehotonta, koska paluuskun aikana saha ei irrota ainetta (Ihalainen ym. 1985, 186). Vaikkakin konesahaus on halpa ja helposti automatisoitava menetelmä, ei se sovellu pitkän profiilin lisäkkeen poistoon vaan parhaiten katkaisuun ja paloitteluun. Kuva 16 havainnollistaa konesahan.



Kuva 16. Konesaha. (Ihalainen ym. 1985, 186.)

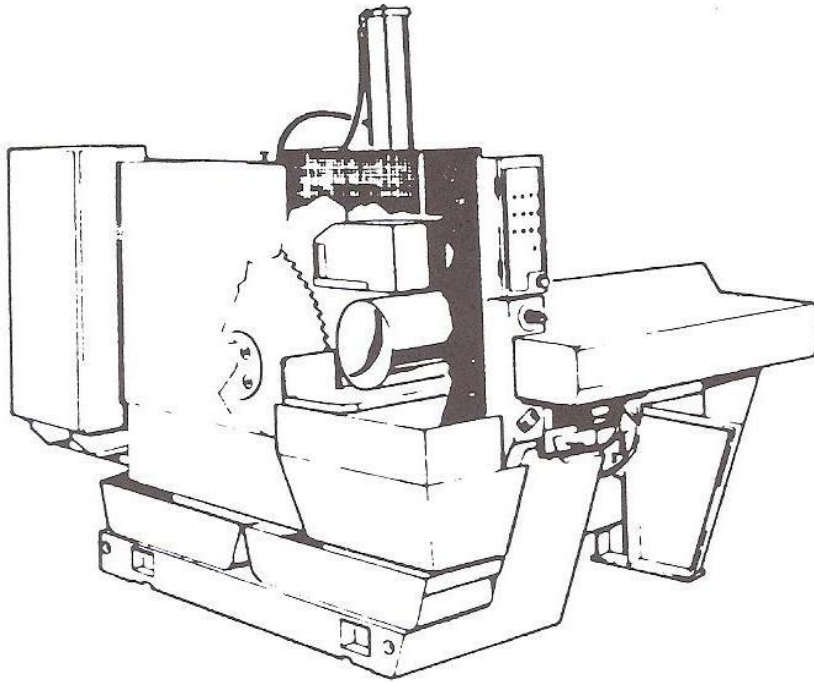
Vannesahan teränä käytetään päättymätöntä hammastettua teräsnauhaa. Vannesahoja on sekä pysty- että vaakatyypisiä. Vannesahan hyviä puolia ovat kapea työstöura, jatkuva lastuamisliike ja tasainen katkaisupinta. Kapean työstöuran ansiosta materiaalihukka jää pieneksi. Havainnollistava kuva vaakatyypisestä vannesahasta on kuvassa 17. (Ihalainen ym. 1985, 186.)

Vannesaha soveltuu katkaisun lisäksi myös tässä tapauksessa oleelliseen muodon poistoon, kuten Ma-Tinan menetelmästä voidaan havaita. Vannesahan käyttö edellyttää lisäksi hiontaa ja paljon aihion siirtelyyn kuluva ajanhukkaa, kuten kappaleessa 4.3 on todettu.



Kuva 17. Vaakatyypinen vannesaha. (Ihalainen ym. 1985, 187.)

Pyörösahoissa käytetään tarkasti pyöriviä teräkiekkoja, joiden ansiosta sahausjälki on tasainen ja suora. Pyörösahaan on helppo yhdistää numeerinen ohjaus ja automatisoida tankojen käsittely (Ihalainen ym. 1985, 186). Pyörösahaa on kuitenkin vaikeahko soveltaa tähän tapaukseen, johtuen pitkästä syötön tarpeesta. Pyörösahauksessa esiintyy samoja heikkouksia, kuin muissakin sahaustyypeissä. Pyörösaha on esitetty kuvassa 18.



Kuva 18. NC-ohjattu pyörösaha. (Ihalainen ym. 1985, 187.)

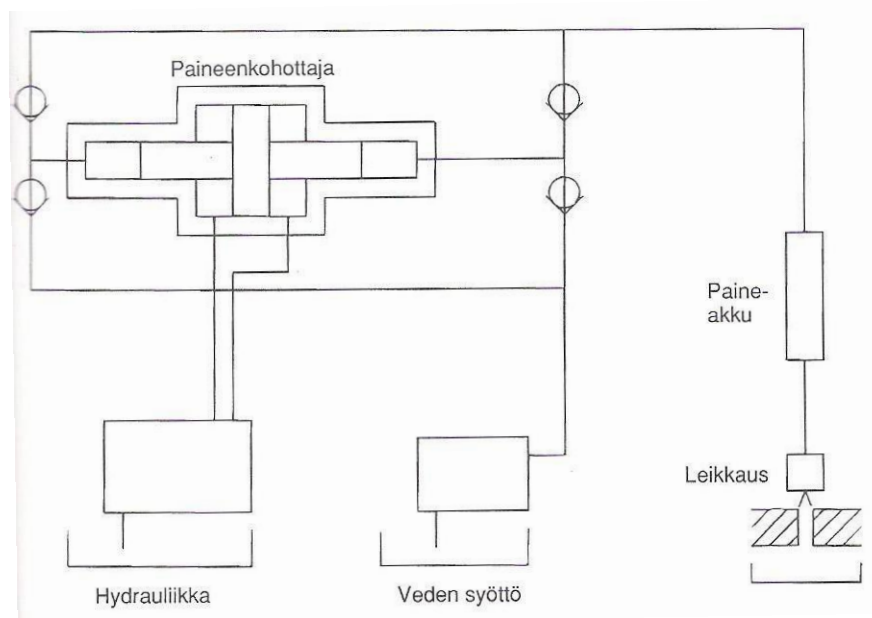
5.1.2 Vesisuihkuleikkaus

Vesisuihkuleikkaus on mekaaninen työstöprosessi, jossa paineistettu vesisuihku leikkaa työkappaleesta poistettavan materiaalin ja huuhtelee irronneet hiukkaset (Ihalainen ym. 1985, 377). Vesisuihkuleikkausta käytetään usein, kun pyritään välttämään työkappaleessa tapahtuvat muodonmuutokset. Vesisuihkuleikkaus mahdollistaa tyypillisesti $\pm 0,1\text{mm}$ leikkaustarkkuuden, riippuen railosta ja ohjauksesta (ProLaserin www-sivut 2013).

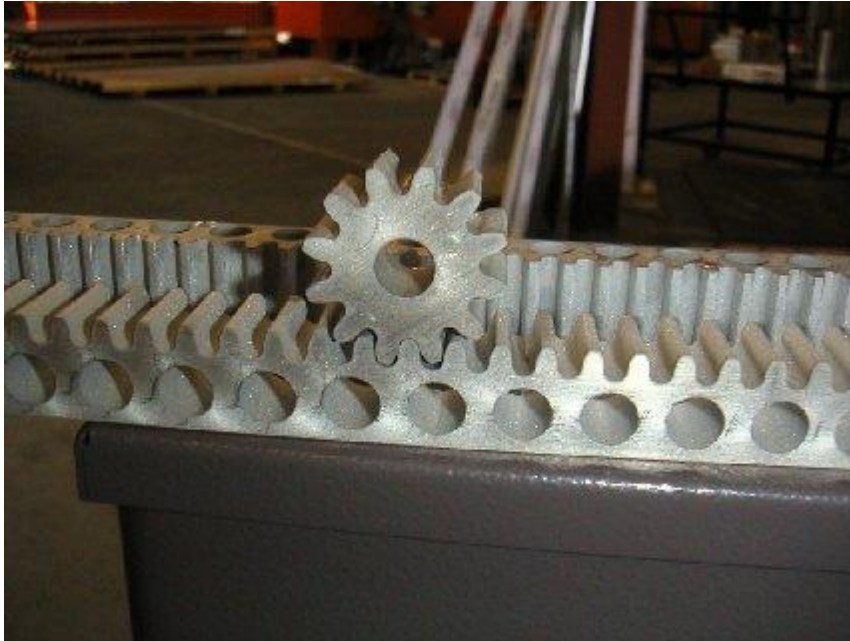
Vesisuihkuleikkausprosessiin vaikuttavat parametrit ovat suuttimen halkaisija ja muoto, nesteen paine ja nopeus, suuttimen etäisyys ja kulma työstettävään kappaleeseen nähden sekä vedessä käytettävät lisäaineet. Vesisuihkulaitteistossa veden paine kohotetaan hydraulisella paineenkohottajalla jopa 400MPa asti. Saavutettu paine tasataan paineakulla, josta vesi johdetaan 0,08 – 0,38 mm halkaisijaiseen suuttimeen. Vesi purkautuu suuttimesta jopa kaksinkertaisella äänen nopeudella. Suutin on muotoiltu siten, että suihku säilyy kapeana vielä osuessaan työkappaleen pintaan. Vesisuihkulaitteiston rakennekaavio on esitetty kuvassa 19. (Ihalainen ym. 1985, 377.)

Vesisuihkuleikkauksella on mahdollista leikata paksujakin poikkileikkauksia lisäämällä veden sekaan hiovia partikkeleita, abrasiiveja. Tämän ansiosta käyttöalue laajenee huomattavasti metalleissa ja ei-metallisissa materiaaleissa (Esabin www-sivut 2013). Abrasiivihiekkan avulla voidaan leikata lähes mitä tahansa materiaalia, esimerkiksi kuparia, ruostumatonta terästä, alumiinia ja useita muita metalli-, lasi- tai muovimateriaaleja (ProLaserin www-sivut 2013).

Vesisuihkuleikkaus sopii lisäkkeen poistoon menetelmänä erinomaisesti, mutta sen toteutusta vaikeuttaa profiilin pituus ja epäsuoruus. Vesisuihkuleikkaukoneet ovat myös verrattain arvokkaita, kun otetaan huomioon lisäkeprofiilin harvaluontoinen valmistusvolyyymi. Vesileikattuja tuotteita esitetty kuvassa 20.



Kuva 19. Vesisuihkuleikkaus laitteiston rakenne. (Ihalainen ym. 1985, 377.)

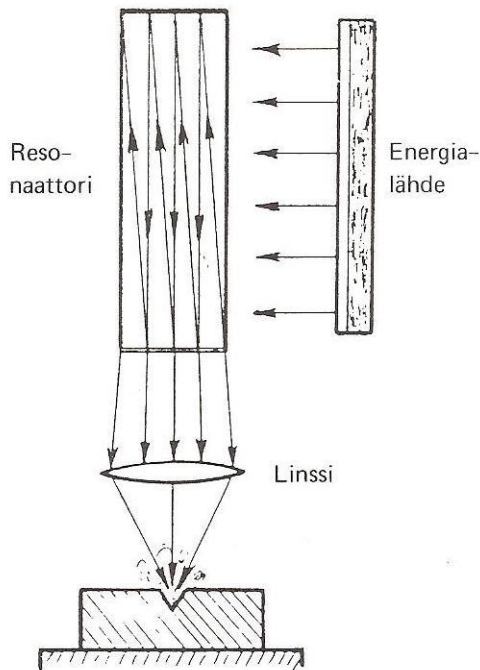


Kuva 20. Vesisuihkuleikkauksella päästään tarkkaan ja siistiin lopputulokseen. (ProLaserin www-sivut 2013.)

5.1.3 Lasertyöstö

Lasertyöstöllä (light amplification by simulated emission of radiation) tarkoitetaan työkappaleen, usein levyn, leikkaamista, hitsaamista, karkaisua tai mittaamista. Menetelmä perustuu yhdensuuntaisen valon keskittämiseen optisella linssillä 0,1-0,2 mm halkaisijaltaan olevalle alueelle, jolloin energiakeskitys aikaansaa riittävän korkean paikallisen lämpötilan materiaalin sulamiselle ja höyrystymiselle. (Ihalainen ym. 1985, 379.)

Laitteisto rakentuu optisen resonattorin ympärille, joka koostuu kahdesta vastakkain asetetusta peilistä ja niiden välisestä vahvistinaineesta. Tuotaessa resonattoriin energiaa sopivalla tavalla, tapahtuu atomien virittymistä ylemmälle energiatasolle, jotka palautuessaan normaalitasolle aiheuttavat resonattorin päätypinnoista heijastuvaa säteilyä. Koherentti heijastunut säteily vahvistuu stimuloidun emission vaikutuksesta. Laserlaitteiston periaate on esitetty kuvassa 21. (Ihalainen ym. 1985, 379.)



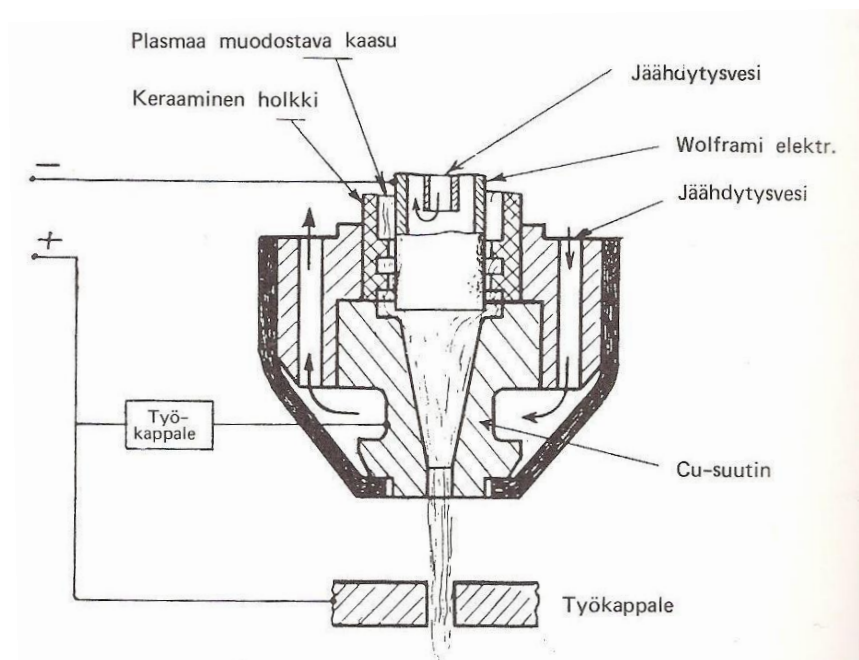
Kuva 21. Laserlaitteisto. (Ihalainen ym. 1985, 379.)

Lasertyöstökoneet voidaan jakaa kaasua-, kiinteän olomuodon-, puolijohde-, ja nestelasereihin resonaattorin väliaineen perusteella ja vielä edelleen jatkuva- tai pulssitoimisiin energian tuonnin perusteella. Tämä voidaan toteuttaa salamavalolla, toisella lasersäteellä, kaasupurkauksella, sähkövirralla tai kemiallisella reaktiolla. Yleisimmin käytetty lasertyyppi työstösovellutuksiin on CO₂-laser. (Ihalainen ym. 1985, 379.)

Laserleikkauksella on useita hyviä puolia muun muassa hyvin pieni leikkausrailo, korkea leikkauslaatu (rakenneteräksillä 25mm asti), minimaaliset lämpövaikutukset ja viimeistelyn tarpeettomuus. Nykyaikaisilla lasereilla voidaan leikata useita eri materiaaleja, kuten myös kuparia. Investointi laserkoneistoon on melkoinen ja leikkauspisteen kohdistaminen epäsäännöllisesti mutkittelevaan profiiliin vaikeaa. Näistä syistä laserin voi unohtaa pienen volyymin lisäksi poiston suunnittelussa. (Esabin www-sivut 2013; ProLaserin www-sivut 2013.)

5.1.4 Plasmaleikkaus

Plasmatilalla tarkoitetaan aineen olomuotoa, jossa useita tuhansia asteita kuuma kaasu ionisoituu ja muuttuu sähköjohtavaksi. Kun kaasua kuumennetaan tarpeeksi, se muuttuu olomuotoaan plasmaksi ja tilavuus kasvaa merkittäväksi. Plasman ulosvirtausnopeus kasvaa suureksi, kun suutin on muotoiltu sopivaksi. Plasmatyöstölaitteen toiminta esitetty kuvassa 22. (Ihalainen ym. 1985, 380.)



Kuva 22. Plasmaleikkauksessa käytettävä suutinosa. (Ihalainen ym. 1985, 380.)

Plasmakaari sytytetään wolframielektrodin ja suuttimen rungossa sijaitsevan anodin välisellä valokaarella. Kytkenät sytytyksessä ovat siten, että työkappale on anodi sytytysvirran katkeamiseen asti. Työstettävä materiaali sulaa plasmakaaren avulla ja suurinopeuksinen kaasu huuhtoo sulan pois. Leikkauspistoolissa käytetään aina vesijäähdytystä. Tyypillisiä plasmakaasuja ovat typpi, vety, argon, paineilma ja niiden seokset. (Ihalainen ym. 1985, 381.)

Plasmaleikkaus on yleensä vaihtoehto niille metalleille, joihin polttoleikkaus (happi-asetyleeni) ei kykene. Plasmakaarella työstetään kaikenlaisia sähköä johtavia materiaaleja, kuten tyypillisesti runsasseosteisia teräksiä, alumiinia, titaania ja kuparia. (Ihalainen ym. 1985, 381.)

Plasmatyöstö soveltuu lisäkkeen poistoon siinä mielessä, että useiden kymmenien millien ainevahvuudet eivät ole ongelma ja leikkausnopeus voi olla 5-7 kertaa suurempi kuin polttoleikkauksella (Esabin www-sivut 2013). Ongelmaksi aiheutuu kuitenkin tässäkin tapauksessa profiilin epäsuoruus, pituus ja investoinnin hinta.

5.1.5 Polttoleikkaus

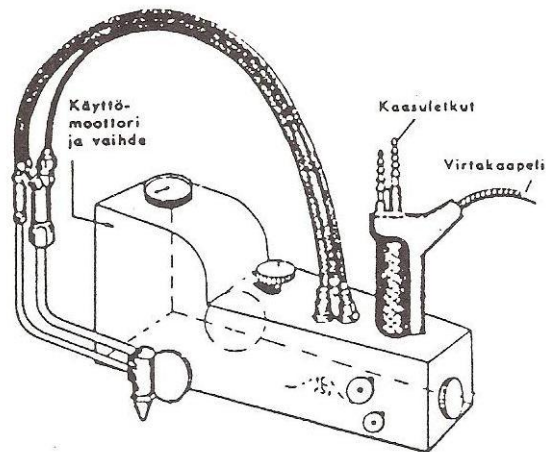
Polttoleikkaus on terminen leikkausmenetelmä, joka perustuu hapen ja polttokaasun aikaansaamaan kuumennusliekkiin ja leikkaushappisuihkuun. Kuumennusliekin tehtävä on kuumentaa leikattava aine syttymislämpötilaan. Tämän jälkeen avataan puhtaan hapen aiheuttama leikkaushappisuihku, jolla poltetaan leikattava aine ja kuljetetaan hapettuneet reaktiotuotteet pois. Tyypillisiä polttokaasuja ovat asetyleeni (C_2H_2) ja propaani (C_3H_8). Polttoleikkausta voidaan suorittaa siirrettävällä (Kuva 23.) tai automatisoidulla polttoleikkaukoneella. Polttoleikkaus asettaa materiaalille seuraavat vaatimukset:

- metalli kuumennettuna palaa puhtaassa hapessa
 - metallin syttymislämpötila on alhaisempi kuin sulamislämpötila
 - palamisreaktiossa syntyy riittävästi lämpöä
 - metallin lämmönjohtokyky on riittävän alhainen
- (Ihalainen ym. 1985, 307.)

Kupari ei täytä näitä vaatimuksia muun muassa suuren lämmönjohtokykynsä vuoksi, joka on noin seitsemän kertaa esimerkiksi terästä suurempi:

- kupari $393 \frac{W}{m^{\circ}C}$
 - teräs $58 \frac{W}{m^{\circ}C}$
- (Mäkelä, Soininen, Tuomola & Öistämö, 2010, 177.)

Polttoleikkaus on kokonaan poissuljettava vaihtoehto edellä mainituista syistä johtuen.



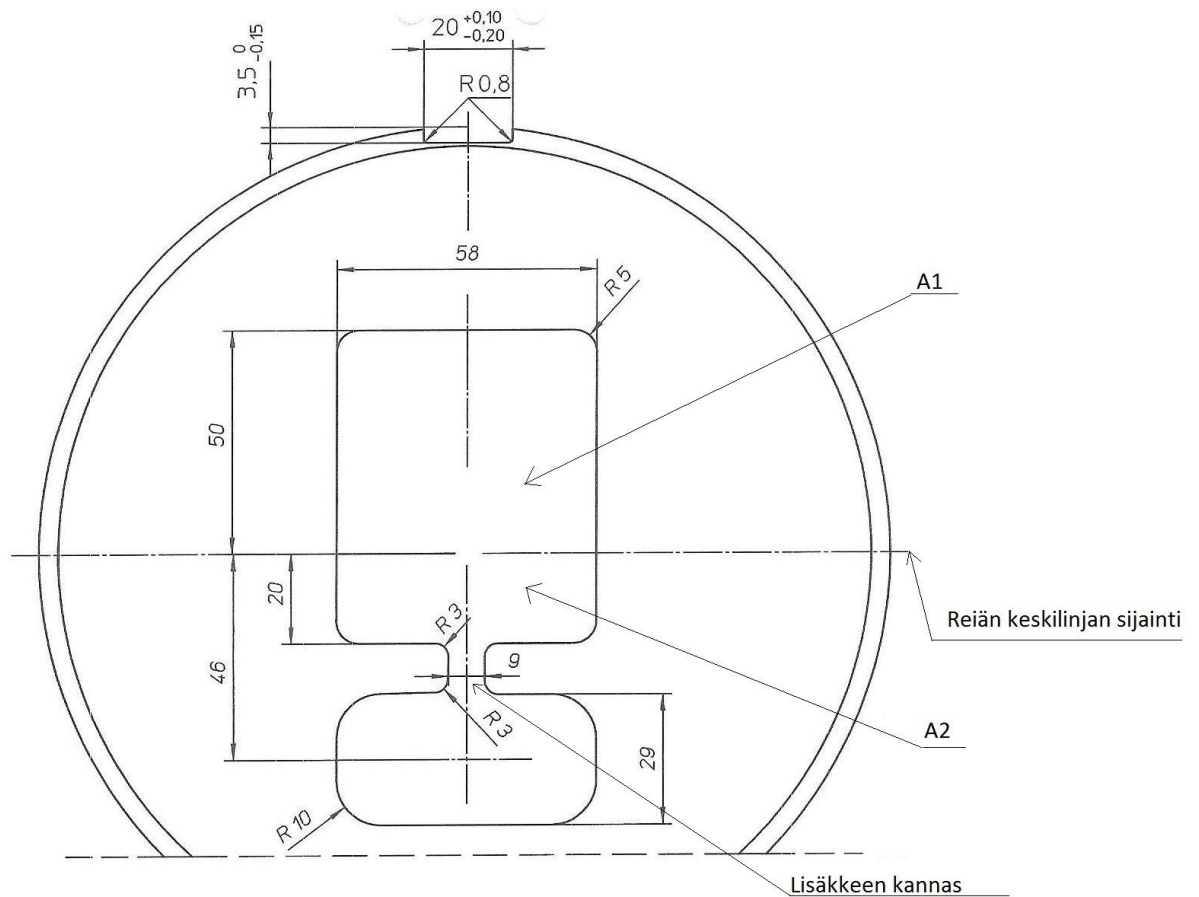
Kuva 23. Liikuteltava polttoleikkauskone. (Ihalainen ym. 1985, 308.)

5.2 Lisäkkeen poisto pursotuksessa

Lisäkkeen poisto on teoriassa mahdollista suorittaa jo tuotteen kuumapursotusvaiheessa, josta päästäisiin suoraan haluttuihin tavoitteisiin. Vaihtoehdot kulmineoituvat matriisin uudelleen muotoiluun. Matriisin suunnittelulla pyritään pääsemään lopputulokseen, jossa lisäkeosa olisi erillään jatkomuokkaukseen etenevästä aiheesta.

5.2.1 Matriisin uudelleen muotoilu

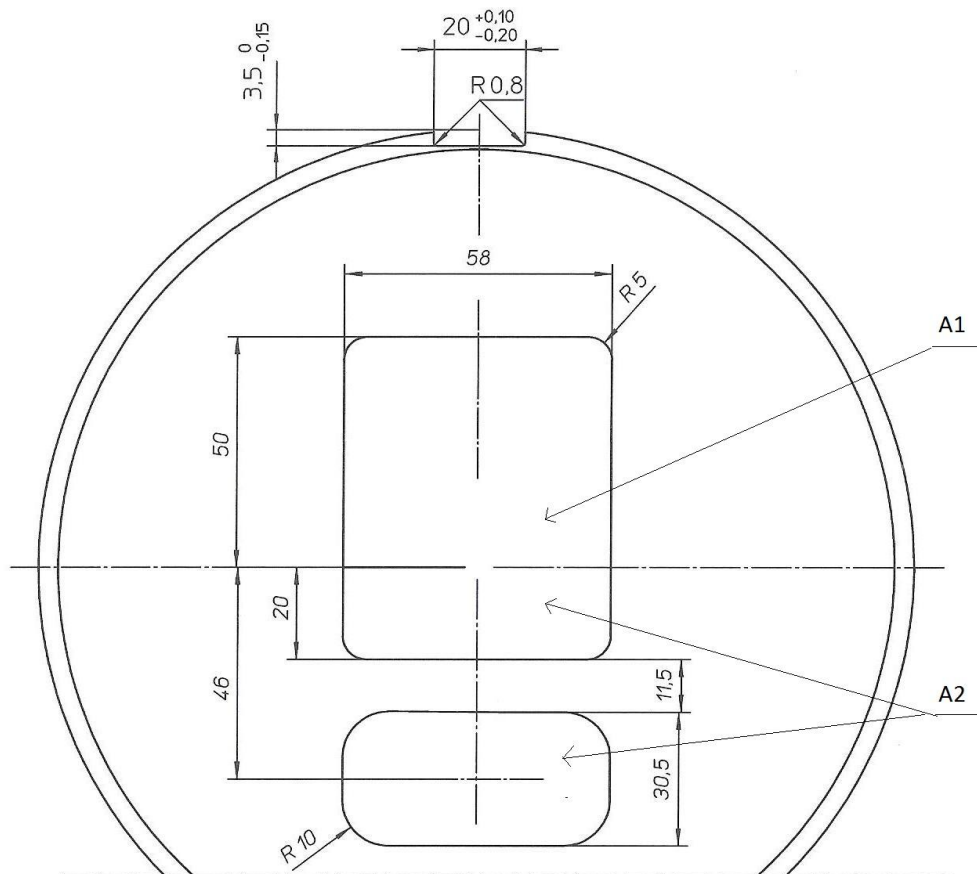
Lisäkepursotuksessa matriisin tärkein muotovaatimus on se, että reiän keskilinjan molemmin puolin on yhtä suuri pinta-ala raaka-ainetta (Kuva 24.). Tällä pystytään kontrolloimaan kuparin virtaus siten, että reikä säilyy halutussa kohdassa koko prosessin ajan. Luvatan piirros käytettävänä olevasta N:o 9580 matriisista löytyy liitteestä 2.



Kuva 24. Osa matriisiin (No:9580) työpiirustuksesta, johon selvennettyinä pinta-alat A_1 ja A_2 sekä reiän keskilinja ja lisäkkeen kannas.

Teoria $A_1 = A_2$, edellyttää yhä lisäkkeen käyttöä mutta ei sen kiinnittymistä aihion runkoon. Lisäkkeen kannassa sijaitseva pinta-ala voidaan sen sijaan siirtää varsinaiseen lisäkkeeseen ja saada lopputuloksena kaksi toisistaan irrallista pinta-ala. Vaadittu teoria pinta-alojen suhteesta täyttyy ja lisäke saadaan eroteltua varsinaisesta aihioista jo tässä vaiheessa.

Tämän kaltaisessa matriisin konstruktiossa (Kuva 25.) pursotetaan kaksi erillistä tankoa, lisäke ja aihio. Kun lisäke voidaan erottaa jo pursotusvaiheessa, saadaan sen raaka-aine mahdollisimman nopeasti kiertometalliprosessiin. Aikaisemmin vaadittu esioikaisu ennen lisäkkeen poistoa voitaneen jättää pois ja pursotuksen jälkeen pystytään jatkamaan suoraan seuraaviin työvaiheisiin. Matriisin uudelleen muotoilulla saadaan turvallisesti, kustannustehokkaasti ja joustavasti lisäkkeen poisto suoritettua. Piirustus uudelleen suunnitellusta matriisista on liitteessä 3.



Kuva 25. Matriisin uusi konstruktio poistetulla lisäkkeen kannaksella. Kuvaan merkittynä uudet pinta-alat A1 ja A2.

5.2.2 Työkalumateriaalin valinta

Työkalumateriaaliksi valitaan kestävä kromi/molybdeeni/vanadiini- seosteinen (Taulukko 1.) Uddeholmin valmistama Qro 90 Supreme- teräs. Se soveltuu pursotustyövälineiden ja niiden osien valmistamiseen. Kuparin pursotukseen se soveltuu AISI H 13:a paremmin kestävyytensä ansiosta. Valintaa voidaan perustella muun muassa seuraavilla ominaisuuksilla:

- erittäin suuri lujuus ja kovuus korkeissakin lämpötiloissa
- erittäin hyvä päästönkestävyys
- erinomainen termien väsymiskestävyys
- erittäin hyvä lämmönjohtavuus
- hyvä sitkeys sekä pitkittäis- että poikittaissuunnassa

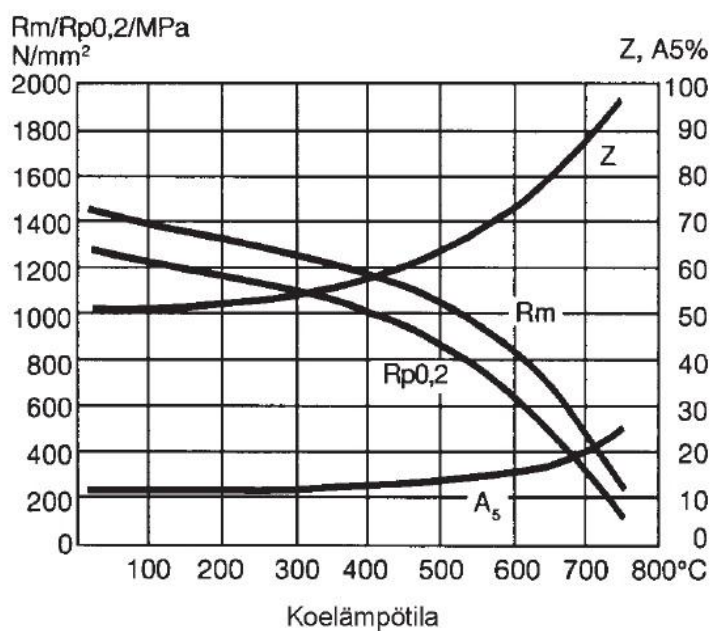
- tasainen lastuttavuus
- hyvä lämpökäsiteltävyys

(Uddeholmin teräkset 2013.)

Taulukko 1. Qro 90 Supremein yleiset ominaisuudet. (Uddeholmin teräkset 2013.)

Ohjeanalyysi %	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	0,38	0,30	0,75	2,6	2,25	0,9
Toimitustila	pehmeäksihehkutettu n. 180 HB					
Värimerkintä	oranssi/vaaleanruskea					

Materiaalin lujuusominaisuudet vaihtelevat lämpötilan mukaan (Kaavio 1.) mutta merkittävää heikkenemistä lujuudessa on havaittavissa vasta 500 °C jälkeen. Pursotuspadan lämpötila on noin 500°C, joten kuumatyöteräksen myötöraja laskee kovuudesta riippuen huoneenlämpötilan arvosta 1400 N/mm² arvoon 800 N/mm². (Uddeholmin teräkset 2013.)



Kaavio 1. Qro 90 Supremein ohjeellisia lujuusarvoja korkeissa lämpötiloissa, pitkittäissuunnassa. (Uddeholmin teräkset 2013.)

5.2.3 Luvatan aikaisempia kokeita

Luvatan Porin tehtailla ei ole tämän hetkisen tiedon mukaan testattu vastaavanlaista matriisin muotoilua, jota tässä työssä on esitetty kappaleessa 5.2.1. Sen sijaan muutamaa muuta profiiliputkea on kokeiltu pursottaa kokonaan ilman lisäkettä ja osittain onnistuneesti. Piirustukset Luvatan aikaisemmista kokeista on liitteissä 4 ja 5.

6 KOEPURSOTUS

Koepursotuksessa puristettiin 3kpl 278 x 645 mm OF-OK seosteista valukupari pötkyä uudella N:o 9580 matriisilla (Kuva 26). Koe suoritettiin Luvatan vetämössä sijaitsevalla 2500t puristimella, normaalilla vuoromiehityksellä. Kokeeseen osallistui vuoromiehityksen lisäksi insinööriyöntekijä ja toimihenkilöitä työkaluvalmistuksesta, tuotannosta ja kunnossapidosta.

6.1 Koepursotuksen tulokset

Koepursotus onnistui, kuten teoriassa oli mahdollista. Suurinta epäonnistumisen pelkoa aiheuttivat työkalun (matriisin) kestävyys ja aihion sekä lisäkkeen käyttäytyminen pursotuksen jälkeen. Kaikki sujui kuitenkin hyvin ja jopa paremmin, kuin osattiin odottaa. Matriisi kesti hyvin, aihiossa säilyi reikä suunnitellussa kohdassa ja tuote oli jopa suurempaa, kuin kiinteällä lisäkkeellä pursotettaessa (Kuva 26).

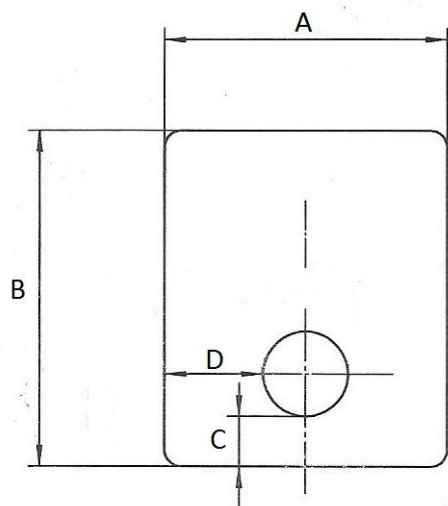
Luvata testaa uutta menetelmää välittömästi tuotantoajoon suoralle profiiliputki N:o 9578:lle (Liite 6). Mikäli kaikki sujuu kuten tässä kokeessa, lisäkkeen poisto jää pois ohjelmasta heti seuraavasta tilauksesta lähtien. Tämän opinnäytetyön lopputuloksena Luvata pystyy parantamaan lisäkeprofiilin myyntikatetta keskimäärin 5 %.



Kuva 26. Vasemmalla koepursotuksen pursote, jossa lisäksi poisto toteutettu uudelleen suunnitellulla matriisilla. Kuvassa näkyy aihion rinnalla lisäksi pursote erillisenä tankona. Oikealla näytepalat pursotteen alusta, keskeltä ja lopusta. (Jari Kuusela)

6.2 Koepursotteiden mittaustulokset

Jokaisesta kolmesta koepursotteesta mitattiin reiän asema ja ulkomitat. Näytteiden mittauksissa saavutettiin asetetut mittatoleranssit ($\pm 2,5\text{mm}$), ja tuote oli valmis seuraavaan työvaiheeseen. Uudessa matriisissa tapahtuu normaalia painumista muutaman pursotuskerran jälkeen, jonka vuoksi mittaustulokset heilahtelevat ensimmäisten pursotteiden välillä. Tuotantoajossa mitat vakioituvat, koska matriisi hiotaan ensimmäisten pursotuskertojen jälkeen. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 1. Mittauskohdat A-C ovat havainnollistettuna kuvassa 27.



Kuva 27. Profiilin poikkileikkaus, johon merkittynä mittauskohdat.

pursote	A[mm]	B[mm]	C[mm]	D[mm]
N:o 1				
<i>alku</i>	56,3	68,2	11,5	18,9
<i>keski</i>	55,9	67,8	9,9	19,2
<i>loppu</i>	55,9	67,7	11,2	18,9
N:o 2				
<i>alku</i>	56	67,8	12,2	18,4
<i>keski</i>	56	67,6	10,1	18,8
<i>loppu</i>	56,1	67,7	10,7	18,5
N:o 3				
<i>alku</i>	55,9	67,9	11,4	19,5
<i>keski</i>	55,8	67,6	11,1	18,6
<i>loppu</i>	55,7	67,7	10,8	18,8
Mittatoleranssit	58±2,5	70±2,5	11,5±2,5	20,5±2,5

Taulukko 1. Mittauspöytäkirja, jossa mitat otettuna jokaisen pursotteen alku-, keski- ja loppuosan näytteistä.

LÄHTEET

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 1985. Valmistustekniikka 487. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Eriksson, J. 2011. CuCrZr-seoksen sisäisen rakenteen optimointi. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto.

ProLaserin www-sivut. 2013. Viitattu 5.11.2013.
<http://www.prolaser.fi/>

Järvinen, P. Luvata Pori Oy. Luvatan tietoja. Vastaanottaja jari.kuusela@student.samk.fi. Lähetetty 8.10.2013 klo 15.29. Viitattu 20.10.2013.

Esabin www-sivut. 2013. Viitattu 14.11.2013.
<http://www.esab.fi/>

Vidqvist, P. 2008. Vetoapulaitteen mallintaminen ja dokumentointi. Insinöörityö. Satakunnan ammattikorkeakoulu

Teollisuustyön jäljillä verkkomateriaalin www-sivut. 2013. Viitattu 15.11.2013.
<http://www2.pori.fi/smu/sivut/index.php?p=456>

Luvatan www-sivut. 2013. Viitattu 15.11.2013
<http://www.luvata.com/>

Uddeholmin www-sivut. Ladattavat tiedostot. Uddeholmin teräkset. Viitattu 19.11.2013. <http://www.uddeholm.fi/100.htm>

Mäkelä, M., Soininen, L., Tuomola, S. & Öistämö, J. 2010. Tekniikan kaavasto. 9. painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

LIITE 1

LUVATA

tulostus18.11.13 11:46

176723829		PROF.PUTKI SUORA 9580		
Lahetys pvm	OF-OK	9580,000	0,000	0,000
Viikko	VIHREA	+ 0,0000	+ 0,0000	+ 0,0000
Valmistustila		- 0,0000	- 0,0000	- 0,0000
Metrip.	24,950 kg/m		tilattu	kg
	Pöttykoko		pakattu	kg
Raaka-aine:	278	645	toimitettu	kg
			tehtävä	kg

Asiakas

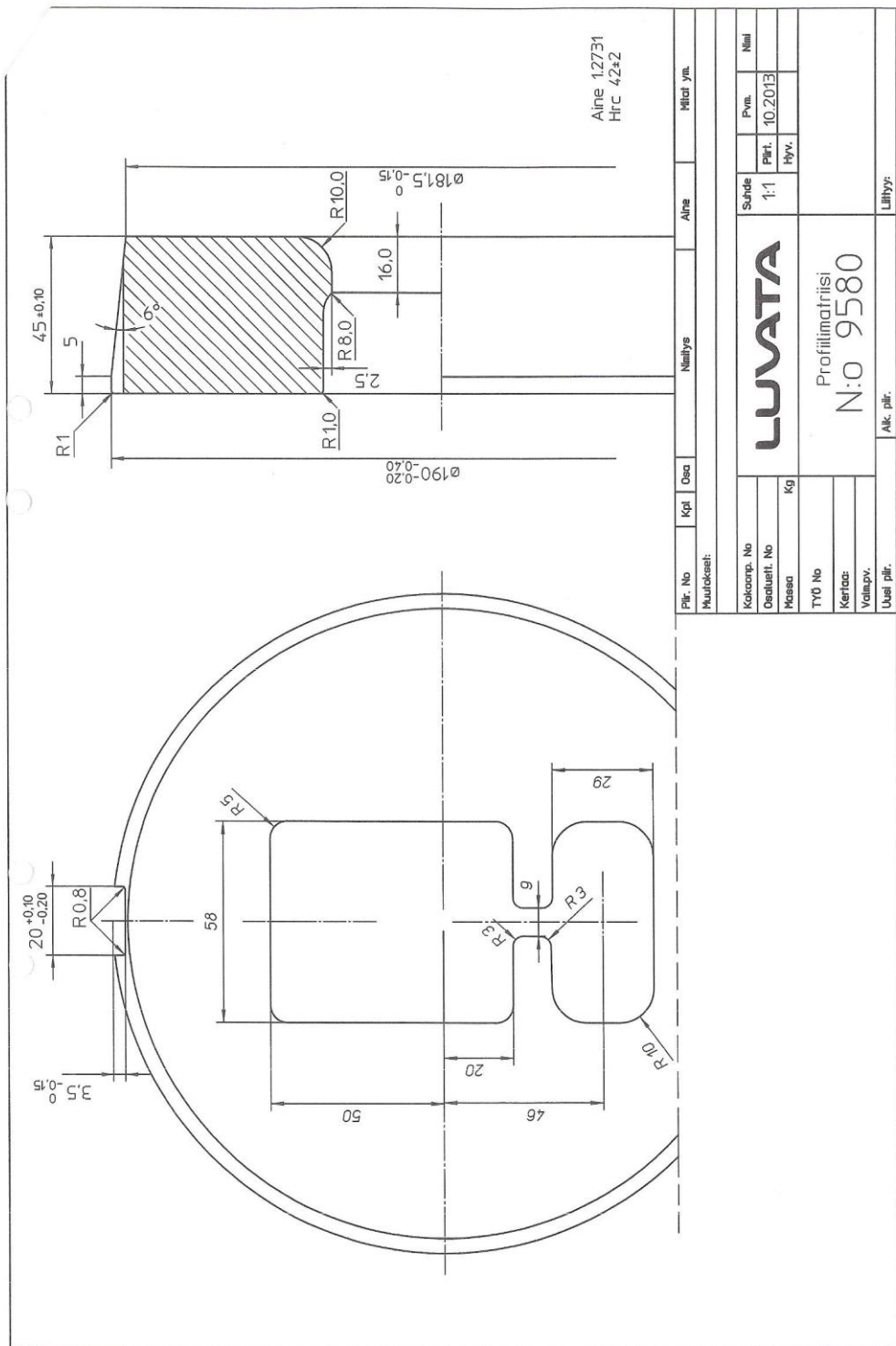
toimitus osoite:

til.syöttö pvm

Pakkaus:

10	Työpaikka 0018 kpl	PURISTUS VESIJÄÄHDYTYS no 9580 / d 17 P.Suhde 10,6	MetripainoPvm 51,280	/	määrä -02	Kg
			henk.No			
15	Työpaikka 0522	ESIOIKAISU	MetripainoPvm 51,200	/	määrä -02	Kg
			henk.No			
20	Työpaikka 0949	LISÄKKEEN POISTO	MetripainoPvm 51,200	/	määrä -02	Kg
			henk.No			
30	Työpaikka 0321	PEITTAUS +PÄÄNTEKO	MetripainoPvm 34,100	/	määrä -02	Kg
			henk.No			
40	Työpaikka 0106	VALMISVETO NO 9580 / D 15	MetripainoPvm 24,950	/	määrä -02	Kg
			henk.No			
50	Työpaikka 0522	OIKAISU	MetripainoPvm 24,950	/	määrä -02	Kg
			henk.No			
60	Työpaikka 0416	SAHAUS	MetripainoPvm 24,950	/	määrä -02	Kg
			henk.No			
70	Työpaikka 0920-1	NIPPU PAKKAUS	MetripainoPvm 24,950	/	määrä -02	Kg
			henk.No			

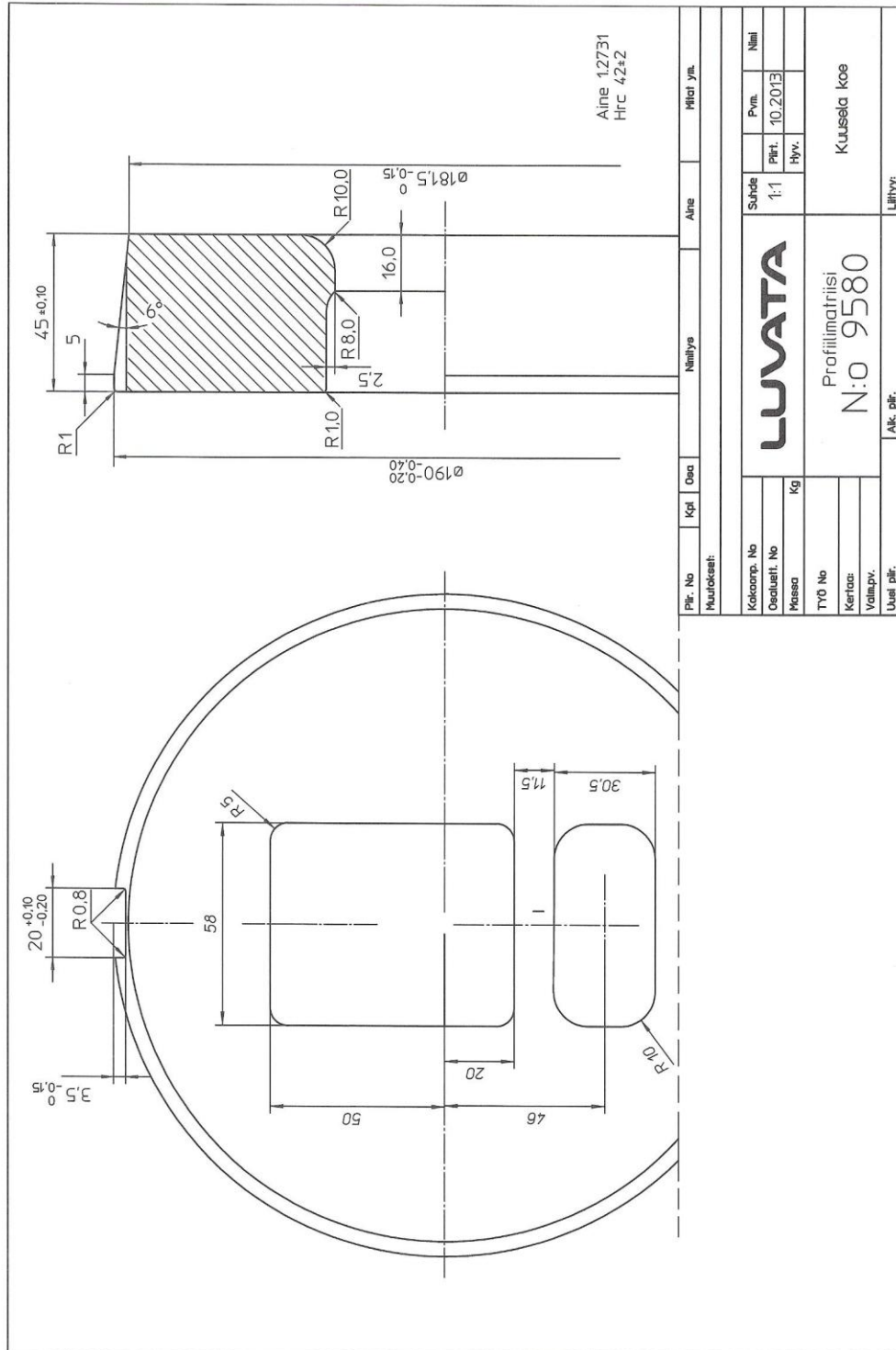
LIITE 2



Aine 12731
HTC 4242

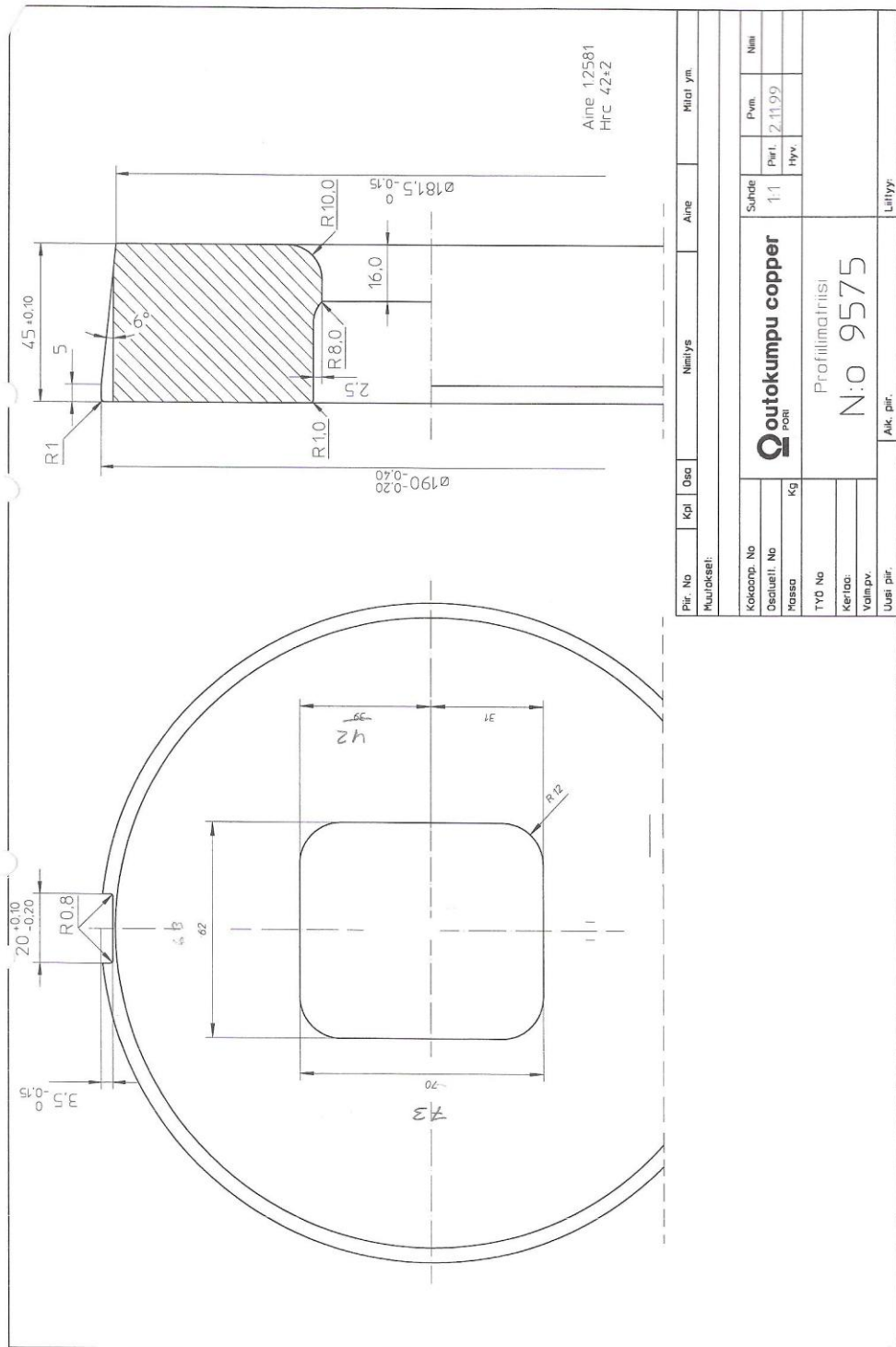
Piir. No	Kpl	Osa	Nimitys	Aine	Mitat ym.
Muutokset:					
Kokonais. No	Kg	Luvata			
Osaluett. No		Suhde 1:1			
Näesa		Pvm 10.2013			
TYÖ No		Hvk			
Keräsa:		N:o 9580			
Valm.pv.		Alk. pfr.			
Luovi pfr.		Lihyy:			

LIITE 3



Plr. No	Kpl	Osa	Nimiye	Aine	Mitat ym.
Muutokset:					
Kokoonp. No	Suhte		Pvm.	Nimi	
Osaletti. No	1:1		10.2013		
Massa	Kg		Hyv.		
TYÖ No	Profiliatriisi		Kuusela koo		
Kertaa:	N:o 9580				
Valm.pv.	Alk. pit.		Lisäy.		

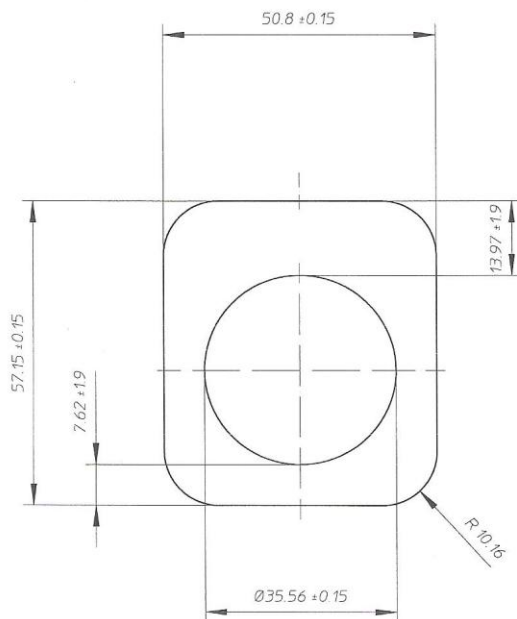
LIITE 4



Pir. No	Kpl	Osa	Nimitys	Aine	Mitat ym.
Muutokset:					
Kokoonp. No	Suhte				
Osallist. No	1:1				
Raasa	Kg	Nimi			
TYO No	Pvm. 21.11.99				
Keräjä:	Päiv. / hyy.				
Valm.pv.	Lisäy:				
Lisäy. pir.	Alk. pir.				

Outokumpu copper
 Profiilimatrisi
 N:o 9575

LIITE 5



Scale: 1:1	Drawn by 2.11.99	Area 1822mm ²	Weight/meter 16.29Kg/m	Temper -02	Material OF-OK
	Checked by				
				Print no. 9575	

LIITE 6

