



**SAVONIA**

# **Pinnoituslinjaston suunnittelu**

**Tomi Tuomainen**

Opinnäytetyö

---

**Ammattikorkeakoulututkinto**



|  |                            |
|--|----------------------------|
| Koulutusala<br>Tekniikan ja liikenteen ala   |                            |
| Koulutusohjelma<br>Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  |                            |
| Työn tekijä(t)<br>Tomi Tuomainen   |                            |
| Työn nimi<br>Pinnoituslinjaston suunnittelu  |                            |
| Päiväys<br>29.5.2013   | Sivumäärä/Liitteet<br>22/1 |
| Ohjaaja(t)<br>lehtori Pertti Kupiainen, tekn. lisensiaatti, lehtori Mika Mäkinen   |                            |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t)<br>Savonia-ammattikorkeakoulu  |                            |
| Tiivistelmä<br><p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella pinnoituslinjasto Savonia-ammattikorkeakoulun pinnoituslaboratorion tiloihin. Savonia-ammattikorkeakoulun materiaali- ja pinnoitustekniikan laboratoriossa on tutkittu laajalti kolmiarvoisella kromilla ja nikkelillä pinnoittamista. Pinnoituslinjastoa on tarkoitus hyödyntää sekä tutkimus- että asiakaskäytössä.</p> <p>Pinnoituslinjaston mallinnus tehtiin SolidWorks-ohjelmistolla, jonka avulla työstä saatiin 3D-mallit sekä valmistuspiirustukset. 3D-mallien avulla varmistettiin pinnoituslinjaston sopiminen Savonia-ammattikorkeakoulun pinnoituslaboratorion tiloihin ja valmistuspiirustusten avulla pystytään pinnoituslinjasto valmistamaan. Työssä suunniteltiin mm. pinnoitusaltaat, pinnoitusaltaiden kehikot, pumpujen ja lämmittimien kiinnikkeet, anodien kannattimet ja anodikorit.</p> <p>Työn tuloksena Savonia-ammattikorkeakoulun pinnoituslaboratorio saa uuden ja suuremman pinnoituslinjaston. Työstä saatuja 3D-mallinnuksia ja piirustuksia voidaan jatkossa käyttää hyväksi, mikäli tulee tarve kehittää tai muokata pinnoituslinjastoa.</p> |                            |
| Avainsanat<br>pinnoituslinjasto, pinnoitus, kolmiarvoinen kromi, nikkeli   |                            |
| julkinen   |                            |

|   |              |                  |      |
|---|--------------|------------------|------|
| Field of Study<br>Technology, Communication and Transport   |              |                  |      |
| Degree Programme<br>Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology  |              |                  |      |
| Author(s)<br>Tommi Tuomainen  |              |                  |      |
| Title of Thesis<br>Designing of Plating Line  |              |                  |      |
| Date  | May 29, 2013 | Pages/Appendices | 22/1 |
| Supervisor(s)<br>Mr Pertti Kupiainen, Lecturer and Mr Mika Mäkinen, Lecturer (Lic. Tech.)   |              |                  |      |
| Client Organisation /Partners<br>Savonia University of Applied Sciences   |              |                  |      |
| <p>Abstract</p> <p>The aim of this final year project was to design a plating line for the laboratory premises of Savonia University of Applied Sciences where a wide range of research in the field of trivalent chrome and nickel coatings has been made. The plating line to be designed will be used for research and customer needs.</p> <p>The manufactured parts and the plating line were designed by using the SolidWorks 3D-design program. The 3D-models enabled to make sure that the plating line would fit in the laboratory premises of Savonia University of Applied Sciences and drawings were used to manufacture the plating line. The design included plating tanks, frames, fittings for pumps and heaters, anode baskets and bars.</p> <p>As the result of the project, Savonia University of Applied Sciences will have a new plating line for nickel and chromium. The 3D-models and drawings may be utilized in the future, if there will be a need to develop or modify the plating line.</p> |              |                  |      |
| Keywords<br>plating line, coating, trivalent chrome, nickel   |              |                  |      |
| public  |              |                  |      |

## ALKUSANAT

Haluan kiittää: projekti-insinööri Jussi Räisää, projekti-insinööri Juha Miettistä ja projekti-insinööri Pekka Nuutista, jotka mahdollistivat työn toteuttamisen.

Kiitokset ansaitsevat myös ohjaavat opettajat, lehtori Pertti Kupiainen ja lehtori Mika Mäkinen

Kuopiossa 29.5.2013

---

Tomi Tuomainen

## SISÄLTÖ

|     |                                      |    |
|-----|--------------------------------------|----|
| 1   | JOHDANTO.....                        | 7  |
| 2   | PINNOTTAMISEN PERIAATE .....         | 8  |
| 2.1 | Pinnoittamisen kulku.....            | 8  |
| 2.2 | Kromaus ja nikkelöinti .....         | 9  |
| 3   | PINNOITUSLINJASTON SUUNNITTELU ..... | 10 |
| 3.1 | Materiaalien valinta.....            | 11 |
| 3.2 | Altaiden suunnittelu .....           | 12 |
| 3.3 | Altaiden mallinnus.....              | 12 |
| 3.4 | Kehikon mallintaminen .....          | 13 |
| 3.5 | Elektrodit ja niiden ripustus.....   | 14 |
| 3.6 | Työkuvien suunnittelu .....          | 15 |
| 4   | PINNOITUSLINJASTON MUUT OSAT.....    | 17 |
| 4.1 | Nosturi .....                        | 17 |
| 4.2 | Pumppu ja suodatin .....             | 17 |
| 4.3 | Lämmitin .....                       | 17 |
| 4.4 | Sähköt .....                         | 18 |
| 4.5 | Venttiilit.....                      | 18 |
| 5   | PINNOITUSLINJASTO .....              | 19 |
| 6   | YHTEENVETO.....                      | 20 |

## LÄHTEET

## LIITTEET

Liite 1 Pinnoituslinjaston 3D-malli

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on suunnitella Savonia-ammattikorkeakoulun pinnoituslaboratorioon uusi pinnoituslinjasto, tehdä siitä 3D-mallit sekä valmistuspiirustukset. Työ edellyttää mekaanisen suunnittelutyön lisäksi laite- ja komponenttihankintoja. Laitteistoon tuleva nosturi on myös sovitettava toimimaan pinnoituslaitteiston kanssa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on saada Savonian pinnoituslaboratorion tiloihin toimiva pinnoituslinjasto. Laboratoriossa on jo ennestään pienempi pinnoituslaitteisto ja tulossa on hieman suurempi. Uusi laitteisto tulee olemaan suurempi ja monikäyttöisempi. Laitteistoa on tarkoitus hyödyntää tutkimus- ja asiakaskäytössä. Työ suoritetaan enimmäkseen Savonian pinnoituslaboratoriossa.

Savonia ammattikorkeakoulun materiaali- ja pinnoitustekniikan laboratoriossa on tutkittu laajalti kolmiarvoisella kromilla ja nikkelillä pinnoittamista. Siellä pystytään pinnoittaminen testaamaan ensin pienimmissä 15 l altaissa (kuva 1) ja siirtyä joko 35 l altaisiin tai tulossa olevaan n. 150 l altaaseen. Nämä mahdollistavat pienimuotoiset kokeilut ja seuraavina suurimuotoiset, mikäli tulokset ovat lupaavia. Näin pystytään pienentämään materiaalihukkaa sekä varmistamaan oikeat prosessiparametrit.



KUVA 1. 15 l pinnoituslaitteisto (valokuva Tomi Tuomainen.)

## 2 PINNOTTAMISEN PERIAATE

### 2.1 Pinnoittamisen kulku

Pinnoittaminen alkaa kuumarasvapesulla, jonka tarkoituksena on poistaa mm. teräksen ja kuparin pinnasta epäpuhtaudet. Emäksinen pesuaine poistaa hyvin orgaanisen rasvan, öljyn ja muun lian. (Tunturi & Tunturi 1999, 36.) Kaikki prosessivaiheet suoritetaan upotusmenetelmänä. Jokaisen vaiheen jälkeen käsiteltävä kappale huuhdellaan ionivaihdetussa vedessä.

Varsinaisen rasvanpoiston jälkeen, ennen peittauksia ja pinnoittamista suoritetaan elektrolyyttinen rasvanpoisto. Tämä vaihe poistaa kevyet öljyt ja rasvat ja niissä olevat kiinteät partikkelit, kuten metallioksidit ja sormenjäljet. (Tunturi & Tunturi 1999, 37–38.) Elektrolyyttinen rasvanpoisto on voimakkaan emäksinen, ja menetelmää voidaan käyttää mm. teräs- ja kuparikappaleisiin. Kappale voidaan kytkeä joko katodiksi tai anodiksi, ja teräksestä valmistetut levyt toimivat toisena elektrodina.

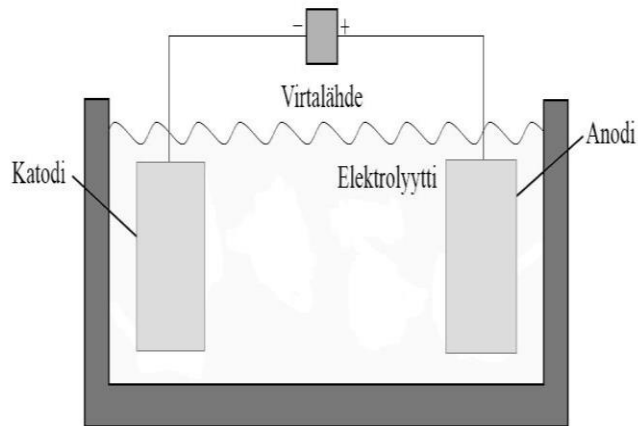
Peittauksella poistetaan pinnasta juotostahroja, kiinni palaneita öljyjä ja oksideja ja ruostetta. Peittausohapot ovat tyypillisesti laimennettuja epäorgaanisia mineraalihappoja, jotka sisältävät inhibiittejä pohjamateriaalin pistesyöpymisen ehkäisemiseksi ja pintajännitystä alentavia kostutusaineita tunkeutuvuuden varmistamiseksi. (Metallinjälöstajat ry 2003, 54.) Seuraava vaihe on dekapointi eli kevyt peittaus jolla aktivoidaan pinnoitettavan kappaleen pinta. Seuraavaksi kappale jatkaa itse pinnoitukseen. Haluttu pinnoite tai pinnoitteiden variaatiot vaikuttavat yllä mainittujen jälkeiseen etenemisjärjestykseen.

Kemiallinen nikkelointi on autokatalyyttinen pinnoitus eli ilman ulkoista virtalähdettä tapahtuva saostus upotuskylvyssä. Pelkistymisnopeus on vakio ja riippumaton pinnoitteen paksuudesta. Lisäksi sillä on erittäin hyvä peitto- ja levityskyky. Metallin saostumista tapahtuu niin kauan kuin olosuhteet pysyvät vakiona, koska saostunut metallipinnoite toimii katalyysaattorina kemialliselle pelkistymistapahtumalle. (Tunturi & Tunturi 1999, 56–57.)

Elektrolyttisessä pinnoittamisessa (kuvio 1) tasavirtalähteen positiivinen virta johdetaan anodille ja negatiivinen virta katodille. Tämän seurauksena joko anodi luovuttaa elektrolyysiliuokseen tarvittavat metalli-ionit (elektrokemiallinen nikkelointi) tai elektro-



lyysiliuoksen valmiiksi sisältämät metalli-ionit (kromaus) kulkeutuvat katodille muodostaen pelkistymisreaktioiden avulla pinnoitteen. (Tunturi & Tunturi 1999, 43–51.)



KUVIO 1. Elektrolyysiprosessin periaatekuva

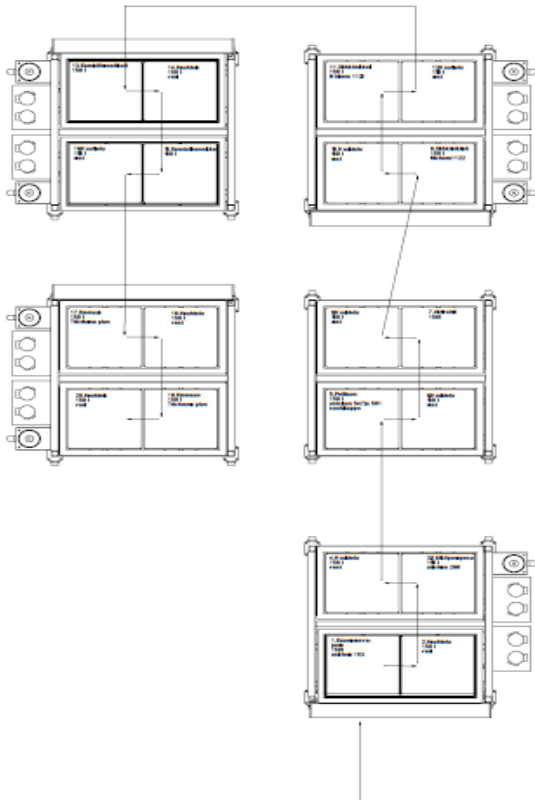
## 2.2 Kromaus ja nikkelöinti

Kromausta käytetään ohuena (0,2 - 0,5  $\mu\text{m}$ ) pintakerroksena nikkelin päällä kiiltokromauksessa ja kovakromauksena melko paksuina kerroksina (yli 10  $\mu\text{m}$ ) joko suoraan materiaalin pinnalla tai nikkelöidyn kappaleen päällä. Kromausta käytetään tavallisesti kulutuskestävyyden parantamiseksi, kitkan alentamiseksi, korroosiolta suojautumiseksi ja liikkuvien hydraulikkaosien tiivistepinnoiksi. Muita käyttökohteita ovat pintavaurioiden korjaaminen ja osan kasvattaminen ylimittaan, minkä jälkeen osa hiotaan oikeamittaiseksi. (Suomen Galvanotekninen Yhdistys 1999, 58–59.)

Nikkelöintiä käytetään lähinnä kiilto- ja kovakromauksen aluspinnoitteena, jolloin nikkelin tehtävänä on antaa toivottu kiilto pinnoitettavalle kappaleelle sekä suojata pohjamateriaalia korroosiolta. Nikkeliä voidaan käyttää myös monissa tuotteissa sellaisenaan. (Koivisto, Laitinen ym. 2006, 232.) Kemiallisesti ja elektrokemiallisesti nikkelöity pinta on kerrospaksuudeltaan tasainen, siinä on hyvä korroosionkesto, se on kova, kulutusta kestävä sekä hyvä voiteluominaisuuksiltaan. Kemiallisesti ja elektrokemiallisesti saostetut nikkelpinnoitteet eroavat jonkin verran ominaisuuksiltaan. (Tunturi & Tunturi 1999, 49–56.)

### 3 PINNOITUSLINJASTON SUUNNITTELU

Pinnoituslinjaston mitoitukseen vaikutti eniten asiakkaan asettamat vaatimukset saada mahdollisimman suuri laitteisto, laboratoriotila, siihen tuleva nosturi ja pienempi tulossa oleva pinnoituslinjasto, joka oli valmiiksi suunniteltu ja tilattu. Altaista tarvittiin 20 kappaletta. Näistä 20 altaasta kuusi allasta tulee olemaan varsinaisia pinnoitusaltaita ja puolet altaista huuhteluun sekä loput neljä esikäsitteilyyn. Pinnoituslinjastossa on paljon yksittäisiä osia, joten 3D-mallinnus helpottaa osien yhteensopivuuden varmistamisessa.



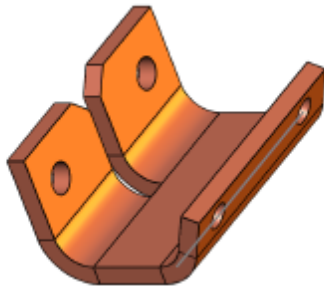
KUVA 2. Pinnoituslinjaston lopullinen layout

Alussa laadittiin kuvan tyylinen alustava layoutmalli (kuva 2), jonka pohjalta suunnittelua ryhdyttiin toteuttamaan. Kuvasta selviää kylpyjen nimet ja esikäsitteilyjen suoritusjärjestys. Jokainen allas numeroitiin erikseen, mikä helpotti suunnittelutyötä, kun lisättiin tarvittavat lisälaitteet, kylvyn sisältämät kemikaalit, käsittelyssä käytettävä lämpöti-

la sekä altaan materiaali. Kulkuväylät mitoitettiin kokeilemalla, jolloin saatiin väliksi pystysuunnassa 40 cm ja poikittaissuunnassa 60 cm.

### 3.1 Materiaalien valinta

Kuparia käytettiin kisko- ja kontaktimateriaalina osissa, jotka eivät joudu kosketuksiin pinnoitusliuoksen kanssa, koska kuparin epäpuhtaudet pilaisivat kylvyn. Kupari valittiin hyvän sähkönjohtavuuden takia ja sitä käytettiin esimerkiksi anodien ja katodien kontakti- ja kisko-osissa. Kuvan 3 osan tarkoitus on ohjata kappaleiden ripustin oikeaan kohtaan sekä johtaa virtalähteeltä tuleva virta kappaleisiin.



KUVA 3. Ripustimen ohjain- ja kontaktiosa

Titaania käytettiin johdinmateriaalina pinnoitusliuoksen kanssa kosketuksissa olevissa osissa sen passiivisuuden, lujuuden ja korroosion keston takia. Titaania käytettiin nikkelikoreissa ja anodien ripustuksessa. (Ihalainen, Aaltonen ym. 2005, 37.)

Kromikylvyssä anodina käytettiin kromin tilalla grafiittitankoja. Grafiitti valittiin materiaaliksi kylvyn komponenttien toimittajan ja saatujen käyttökokemusten perusteella. Anodimateriaalina grafiitti ei liukene pinnoituskylpyyn ja se johtaa hyvin sähköä.

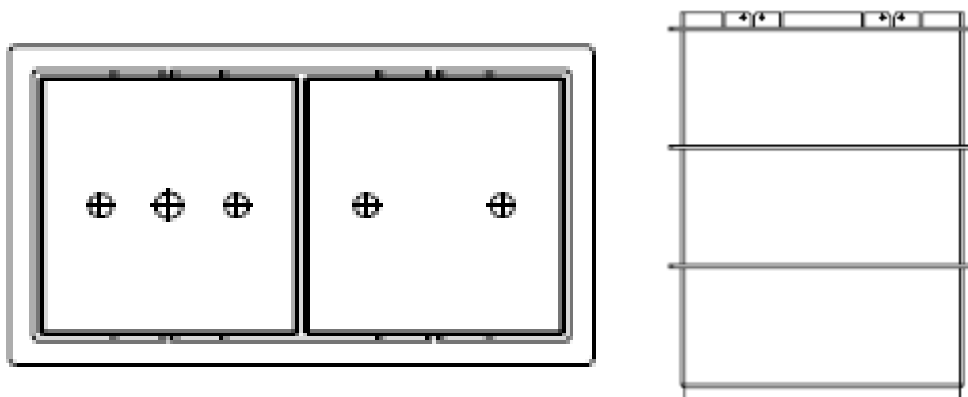
Polypropeenin enimmäiskäyttölämpötila on +110 °C ja se kestävää hyvin nestemäisiä happo-, emäs- ja suolaliuoksia sekä useita orgaanisia liuottimia. Lisäksi polypropeeni on tasalaatuinen ja hitsattavissa oleva materiaali. Polypropeenin käyttöä kuitenkin rajoitti jäykkyyden huononeminen lämpötilan noustessa; pelkästään nesteestä tuleva kuorma oli n. 300 kg/allas. (Kivioja, Kivivuori ym. 2010, 210–211.)

Haponkestävät altaat (kuumarasvapesu ja kemiallinen nikkeli) valmistettiin AISI 316Ti-materiaalista, joka on vastaava kuin valmistajan suosittama Stainless steel (1.4571). Kuumarasvapesussa tätä materiaalia käytettiin, koska polypropeeni ei kestä

kunnolla lämpöä ja valmistajakin suosittelee sitä. Kyseinen materiaali valittiin kemiallisiin nikkeli-altaisiin suojavirtalähteen kanssa, jonka avulla estetään autokatalyyysi eli tarttumisen altaisiin.

### 3.2 Altaiden suunnittelu

Altaiden mallintamisessa päädyttiin tilan säästämiseksi yhdistämään kaksi allasta yhdeksi kokoonpanoksi, jolloin saatiin ensin prosessiallas ja sitä seuraavaksi huuhteluallas (kuva 4). Mallintamisessa auttoi aikaisemmista altaista saadut käyttökokeemukset sekä 35 l altaiden rakenteiden tutkiminen. Tältä pohjalta päädyttiin määrittelemään yhden altaan mitoiksi leveydeksi ja korkeudeksi 400 mm sekä syvyydeksi n. 1000 mm. Altaiden nestetilavuudeksi näin ollen tuli n. 150 l.

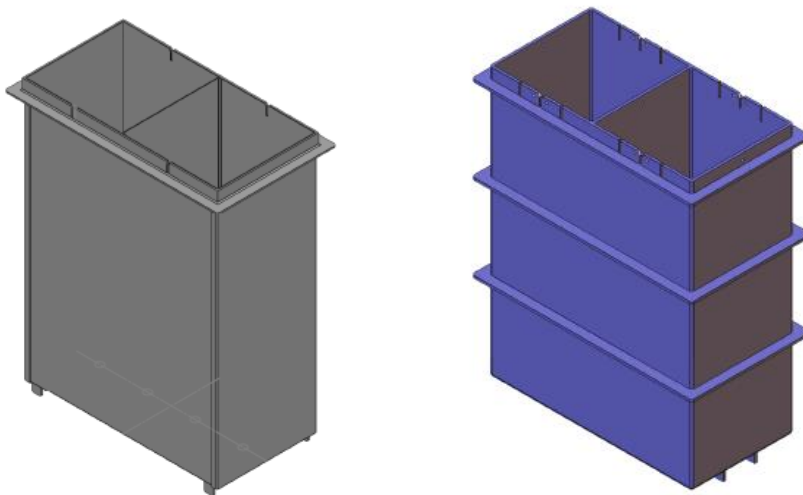


KUVA 4. Altaiden rakenne päältä ja sivusta

### 3.3 Altaiden mallinnus

Altaiden suhteellisen suuri syvyyden suhde verrattuna sivujen pituuteen asetti haasteita valmistuksen ja osien suunnittelulle. Lisäksi altaisiin täytyi saada mahtumaan elektrodit ja tarvittavat liitännät nestekierrolle. Näin ollen rakenne täytyi miettiä tarkkaan, jotta kaikki saumat pystyttiin hitsaamaan tiiviiksi niin muovi- kuin metallialtaissa. Haponkestävät altaat koostuvat vaipasta, päädyistä, kauluksesta, väliseinästä, pohjavahvikkeista, kahdesta  $\frac{3}{4}$ " HST nipasta sekä suojajaloista. Muovialtaissa on lähes samat osat, mutta valmistusprosessista johtuen niissä ei ole taivutuksia ja niihin on lisätty pohjaan ja reunoille vahvikkeet. Lisäksi niissä on pohjassa keskellä kiinnitys mahdollisuus keskianodille. Haponkestävät altaat eristettiin solumuovilla, jotta hukkalämpöä saatiin pienennettyä.

Altaiden yläreunassa keskellä olevat lovet on tarkoitettu pinnoitettavien kappaleiden ripustimien paikoittamisen helpottamiseksi. Lisäksi polypropeenialtaisiin tehtiin kupariosat virran siirtämiseksi sähköpesussa ja kromauksessa ja elektrokemiallisessa nikkelissä. Polypropeenialtaiden reunoilla olevat lovet ovat reunalle tulevien elektrodien ripustamiseen tarkoitettuja kupariosia varten (kuva 5). Pohjaan sijoitetut  $\frac{3}{4}$ " kier-teillä olevat hitsattavat nipat ovat polypropeeni- ja haponkestävissä teräsaltaissa nes-tekiertoa varten. Haponkestävät altaat valmistettiin 3 mm levyistä ja polypropeenial-taat 10 mm levyistä.



KUVA 5. Haponkestävien ja polypropeenialtaiden mallit

### 3.4 Kehikon mallintaminen

Altaiden alustavien mallien jälkeen siirryttiin mallintamaan kehikkoa. (kuva 6) Altaiden ja kehikon 3D-mallien avulla pystyttiin tarkastelemaan linjastoa sen todellisessa käyttöympäristössä, joka oli jo mallinnettu valmiiksi. Kehikkoon mallinnettiin mahtumaan kaksi allasta. Lisäksi kehikkoon tuli saada mahtumaan altaiden kaikkien lisälaitteiden (pumput, lämmittimet, suodattimet) lisäksi sähköt ja letkutukset. Pelkästään kehikkoon täytyi mallintaa n. 15 osaa. Alkuperäisten suunniteltujen säätöjalkojen tilalle päädyttiin lisäämään pyörät, jotta niitä voidaan liikutella tarvittaessa.

Kehikon hitsausliitokset laitettiin läpihitsattavaksi, jolloin niiden kestävyyttä ei tarvinnut mitoitaa erikseen. Näin hitsiaine on minimissään perusaineen lujuinen. Lujuus-tarkasteluun otettiin kehikon alapalkit. Tarkastelun avulla huomattiin, että suurimmat jännitykset jäävät huomattavasti alle materiaalin salliman rajan.

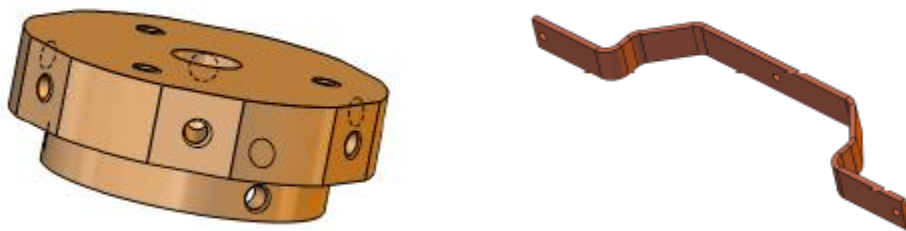


KUVA 6. Kehikon malli

### 3.5 Elektrodit ja niiden ripustus

Elektrodeista pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman pyöreitä ja sylinterimäisiä, koska sähkökenttä on elektrodien nurkissa ja kärjissä sitä voimakkaampi, mitä terävämpi kärki on kyseessä. Lisäksi ympyränmuotoisella elektrodilla pystytään hyödyntämään koko vaipan pinta-ala paremmin kuin levymäisellä elektrodilla.

Pieniä kappaleita pinnoitettaessa käytetään kuvan 9 mukaista keskianodia, jolloin virran jakautuminen saadaan tasaiseksi koko kappaleen pintaan. Suuria kappaleita pinnoitettaessa keskianodi poistetaan, niin saadaan lisää tilaa pinnoitusaltaaseen. Keskianodien ripustus toteutetaan kuvan 8 mukaisella osalla. Keskellä sijaitsevaan reikään tulee kuusiokoloruuvilla kuparitanko, jonka halkaisija on 20 mm, joka ylettyy altaan pohjan alapuolelle asti. Tähän kuparitankoon on kytketty virtalähteeltä tuleva johdin. Yläreunassa sivuilla sijaitsevilla 60° kulmassa toisiinsa nähden oleviin kuuteen reikään tulee M6 kuusioruuvilla kiinni keskielektrodit.



KUVA 8. Anodipää ja reuna-anodien kisko

Elektrodeina kromikylvyissä käytettiin grafiitista valmistettuja pyörötankoja reuna-anodeissa  $\varnothing$  50 mm ja keskianodeissa  $\varnothing$  25 mm. Nikkelikylvyissä käytettiin lieriön muotoisissa titaanikoreissa olevia elektrolyyttinikkelipaloja ja sähköpesussa teräslävystä särmämällä valmistettuja puoliympyrän muotoisia elektrodeja. Reuna-anodit on ripustettu kuparikiskoon, joka on kiinnitetty altaiden yläreunaan molemmille sivuille. Pinnoitusaltaisiin tulee kaksi kuvan 9 mukaista reuna-anodia, joihin kytketään reunoille virtalähde. Reunoilla on yhteensä 12 anodia, jotka on ripustettu titaanikoukuilla kuparikiskoon.



KUVA 9. Reuna-anodit ja keskianodin poikkileikkaus

### 3.6 Työkuvien suunnittelu

3D-malleista tehtiin valmistuspiirustukset, jotta osat pystyttiin valmistamaan. Niiden suunnitteluun ja tekemiseen kului aikaa noin puolet koko työhön käytetystä ajasta. Pinnoituslinjasto sisältää polttoleikattuja, koneistettuja ja taivutettuja osia sekä liitok-

sia, joista osa on valmistettu hitsaamalla, osa on pulttiliitoksia ja lisäksi on soviteliitoksia. Nämä asettivat vaatimuksia valmistettavuudelle ja työmenetelmille ja niiden valmistettavuus täytyi ottaa huomioon valmistuspiirustuksissa.

Muutaman osan taivutusta jouduttiin muuttamaan, koska Savonia-ammattikorkeakoululla ei ollut oikeanlaisia työkaluja. Näin saatiin oikea oikaistupituus sekä säilytettyä vaadittu mittatarkkuus.



## 4 PINNOITUSLINJASTON MUUT OSAT

### 4.1 Nosturi

Nosturista oli valmiit mittapiirustukset, mutta siitä mallinnettiin pelkistetty versio laboratoriotilaan, jotta pystyttiin varmistamaan toimivuus altaiden kanssa sekä tarkistamaan, että kaikki tarvittava mahtuu nostoalueen sisään. Nosturin nostoliikkeet suoritetaan ohjaimella, muuten kappaleita liikutellaan käsin kiskoja pitkin.

Tarkasteltaessa nosturia huomattiin, että nosturin liikkeet eivät olleet luvattujen mittojen mukaiset. Sivuttaissiirto oli n. 20 cm ja pitkittäissiirto n. 40 cm liian lyhyet. Sivuttaissiirron ongelman nosturin toimittaja korjasi keventämällä rakennetta, mistä laitetiin huomautus tarkastuspöytäkirjaan. Pitkittäissiirrolle toimittaja ei tehnyt mitään, koska 3D-malleja ja työkuvia tarkastelemalla pystyttiin hyväksymään liian lyhyen siirtoamatkan.

### 4.2 Pumppu ja suodatin

Nestekierto hoidettiin altaiden pohjassa sijaitsevasta venttiilistä letkua pitkin pumpulle. Pumpuiksi valittiin keskipakopumput, jotka olivat samantehoisia kuin pienemmässä linjastossa, ja kokeiden perusteella huomattiin, että ne olivat riittävät. Pumput sijoitettiin kehikon ulkoreunoille, jotta ne eivät veisi tilaa nostoalueella. Pumppujen paine on 0,5 bar ja tuotto on 2 m<sup>3</sup>/h.

Suodattimet sijaitsevat pumppuyksiköissä ennen pumppua. Patruunasuodattimet valittiin, koska ne ovat kustannustehokkaita, niillä on hyvä suodatusaste, pitkä käyttöikä ja ne eivät puristu kokoon. Tästä syystä suodattimet pitävät sisällään jo vangitsemansa partikkelit paine-erosta huolimatta. Lisäksi suodattimet ovat helppo ja nopea vaihtaa tai puhdistaa.

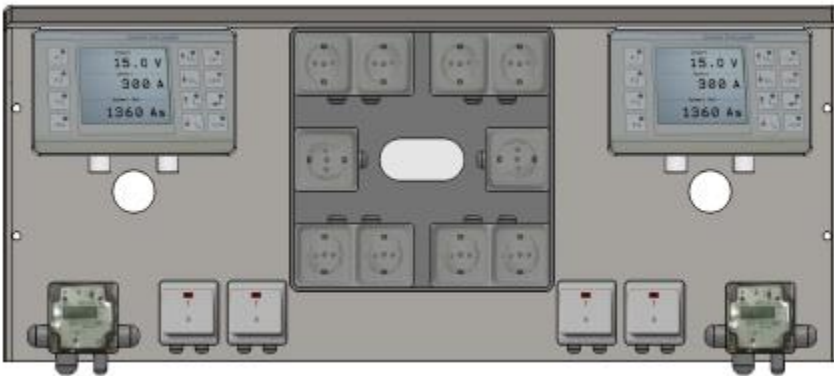
### 4.3 Lämmitin

Neste tulee pumpulta lämmittimelle, josta se jatkaa takaisin letkua pitkin toiseen pohjassa sijaitsevaan venttiiliin. Lämmitiniksi valittiin 3,5 kW:n läpivirtauslämmittimet, jotka oli valmiiksi mallinnettu ja lämmittimet tulivat valmistajalta valmiiksi eristettyinä.

Lisäksi niihin tilattiin digitaalinäytöllä varustetut termostaatit. Termostaatit sijoitettiin ohjaustauluun, jotta lämpötilan tarkkailu ja säätäminen olisi helppoa. Lämmittimet sijoitettiin myös linjaston ulkoreunoille tilan säästämiseksi.

#### 4.4 Sähköt

Ohjaustaulu sijoitettiin kehikon yhdelle sivulle, jotta kaikki tarvittava on helposti ja selkeästi käytettävissä. Jokaiselle laitteelle haluttiin pistorasia ja virtakytkin, jotta tarvittaessa osia on helppo vaihtaa tai kytkeä pois. Ajatuksena oli opetella käyttämään SolidWorks 3D:ssä olevaa Routing Tools -lisäosaa, mutta jo muutaman johtimen lisääminen lopetti ohjelman toiminnan normaalista poikkeavalla tavalla useaan kertaan, joten osat päädyttiin tilamaan ilmoittamalla komponenttien tehontarve ja yksinkertaiset kytkentäkaaviot. Kuvassa 10 näkyvät yläreunassa vasemmalle ja oikealle sijoitetut virtalähteiden ohjausyksiköt, keskellä laitteille tarkoitetut pistorasiat. Alhaalla sijaitsee reunoilla lämmittimien termostaatit ja keskellä kytkimet, joilla ohjataan virrat termostaateille ja virtalähteiden ohjausyksiköille.



KUVA 10. Ohjaustaulu

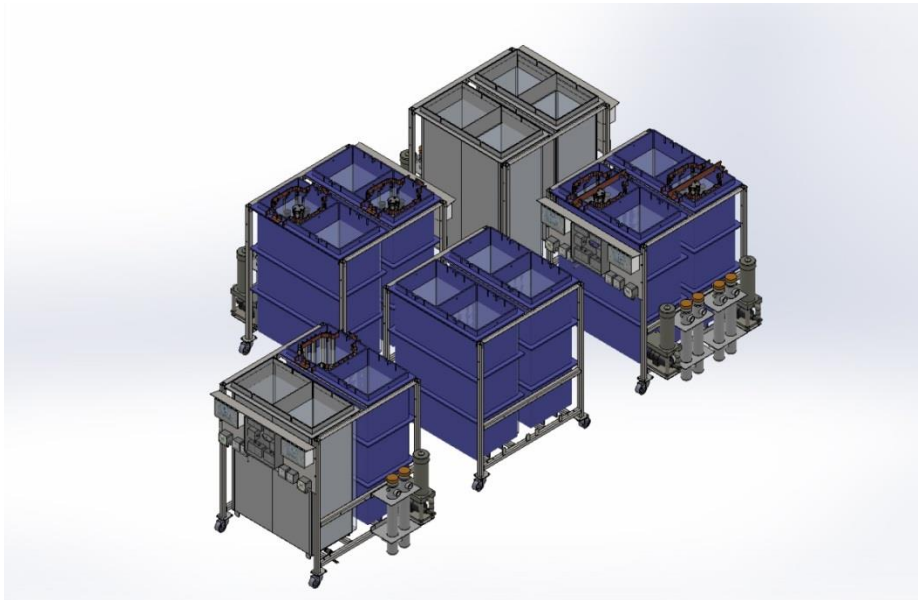
#### 4.5 Venttiilit

Venttiilit sijoitettiin altaiden pohjassa oleviin liittimiin. Venttiilit, letkuliittimet ym. osat etsittiin valmiina malleina 3D ContentCentralista, näin saatiin nopeutettua mallinnusta ja suunnittelua. Haponkestävissä ja muovialtaissa palloventtiilien ja letkuliittimien materiaali valittiin samaksi kuin itse altaissa ja kooksi  $\frac{3}{4}$ ".

## 5 PINNOITUSLINJASTO

Tasavirtalähteiden virtana pinnoituslinjastossa käytetään kromauksessa 800 A:a, elektrokemiallisessa nikkelissä 400 A:a ja sähköpesussa 250 A:a.

Tilantarve koko linjastolle on 3 x 6,5 m (kuva 11), jolloin laitteisto tarvitsee n. 20 m<sup>2</sup> lattia pinta-alaa ja korkeutta n. 1,2 m. Suurin mahdollinen pinnoitettava kappale on kooltaan n. 30 x 30 x 100 cm.



KUVA 11. Pinnoituslinjaston malli

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella uusi pinnoituslinjasto Savonia-ammattikorkeakoulun pinnoituslaboratorion tiloihin. Linjastosta tehtiin 3D-mallit sekä valmistuspiirustukset. Lisäksi laboratoriotilaan tuleva nosturi oli sovitettava toimimaan pinnoituslinjaston kanssa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella pinnoituslinjasto Savonia-ammattikorkeakoulun pinnoituslaboratorion tiloihin. Pinnoituslinjastoa tullaan käyttämään tutkimus- ja asiakaskäytössä. Tavoitteena oli saada uusi pinnoituslinjasto täydentämään jo olemassa olevia pienempiä pinnoituslinjastoja.

Nykyaikaiset pinnoitustekniikan ratkaisut tarjosivat mielenkiintoisen kehitysprojektin ja samalla pystyi tutustumaan erilaisiin materiaalin tutkimuslaitteistoihin. Pinnoituslinjaston suunnittelussa oli mahdollista etsiä myös uusia rakenneratkaisuja ja toteuttaa luovaa suunnittelua. Työn monipuolisuus teki opinnäytetyön teosta mielekkään ja työ tarjosi sopivan määrän haasteita. Tulevaisuuden kannalta työ antoi valmiuksia työskennellä vastaavanlaisten työtehtävien parissa. Suurin osa työstä oli konstruointia ja valmistuspiirustusten tekoa. Kaikki vaiheet saatiin suoritettua aikataulun puitteissa. Tarkoituksena oli päästä seuraamaan laitteen käyttöönottoa, mutta tämä ei ollut mahdollista kokoonpanovaiheen pitkittyttyä sekä työhön käytettävän ajan loputtua.

Pinnoituslinjaston suunnittelu toteutettiin SolidWorks-ohjelmalla, josta sai huomata, kuinka paljon siinä on ominaisuuksia, joita ei ole aikaisemmin tarvinnut tai käyttänyt. Tuloksina syntyivät 3D-mallit, joiden avulla pystyi varmistamaan, sopivatko osat yhteen ja tarkastelemaan, onko edes mahdollista sovittaa koko linjasto kyseiseen tilaan. Lisäksi tuloksina syntyivät valmistuspiirustukset, joiden avulla kaikki osat valmistettiin. Osien suuresta määrästä johtuen aikaa mallintamiseen ja valmistuspiirustusten tekoon kului suunniteltua enemmän. Tuloksena saatiin toimiva kokonaisuus.

Pinnoituslinjastoa voisi tulevaisuudessa kehittää lisäämällä siihen kylvyn aineiden tai ominaisuuksien seurannan. Tämän avulla voitaisiin lisätä tarvittavia aineita automaattisesti. Lisäksi prosessiin voisi lisätä pinnoitusvirtojenohjauksen keskitetysti tietokoneella, jolloin useamman erän suorittaminen peräkkäin helpottuisi.

## LÄHTEET

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 2005. Valmistustekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy.

Kivioja, S., Kivivuori, S. & Salonen, P. 2010. Tribologia – kitka, kuluminen ja voitelu. Helsinki: Hakapaino Oy.

Koivisto, K., Laitinen, E., Niinimäki, M., Tiainen, T., Tiilikka, P. & Tuomikoski, J. 2006. Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: Edita Prima Oy.

Metallinjalostajat ry. 2003. Teräskirja. Helsinki Libris.

Suomen Galvanotekninen Yhdistys. 1999 Kemiallinen ja Sähkökemiallinen Pintakäsittely Osa 2, Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Tunturi, P. & Tunturi, P. 1999. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Tampere: Tammer-Paino Oy.

