



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Anna-Liisa Ketokorpi

Raesuihkupuhdistetun ja anodisoidun pinnan visuaaliset sekä toiminnalliset ominaisuudet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

30.4.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Anna-Liisa Ketokorpi Raesuihkupuhdistuksen ja anodisoinnin parametrien vaikutus kappaleen visuaaliseen ilmeeseen 34 sivua + 7 liitettä 30.4.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	materiaali- ja pinnoitetekniikka
Ohjaajat	lehtori Arto Yli-Pentti laatupäällikkö Minttu Junnila
<p>Insinöörityön aiheena oli tutkia raesuihkupuhdistetun ja anodisoidun pinnan visuaalisia sekä toiminnallisia ominaisuuksia. Pinnoitus Helin Oy antoi toimeksiannon tähän insinöörityöhön. Tutkimusraportin tavoitteena oli vertailla tyypillisen kuluttajatuotteen pintaa Pinnoitus Helinillä valmistettuihin pinnoitteisiin.</p> <p>Teoriaosuus sisältää yritysesittelyn Pinnoitus Helin Oy:stä, anodisoinnin ja raesuihkupuhdistuksen teoriaa, niiden suorittamisen käytännössä, standardit, laitteistot, oksidikalvon ominaisuudet sekä prosessien parametrit.</p> <p>Kokeellisessa osuudessa Pinnoitus Helin Oy valmisti viisi näytelevyä raesuihkupuhdistamalla ja anodisoimalla. Lisäksi he antoivat vertailunäytteeksi alumiinisen pinnoitetun kuluttajatuotteen (X). Kappaleille suoritetaan seuraavat kokeet: pinnanpaksuus-, väri-, kiilto-, visuaalinen tarkastelu, pinnankarheus-, Taber- ja XRF-analyysi. Silmämääräisesti luonnonvärisille näytelevyille saatiin samanlainen satiininen pinta aikaan kuin näytelevy X, mutta tehdyissä kokeissa havaittiin joitain eroavaisuuksia.</p> <p>Pinnanpaksuus ja pinnankarheus oli näytelevy X:llä pienempi, joten raesuihkupuhdistuksessa pienempää painetta tai nopeampaa käsittelyä voisi kokeilla. Myös mikroskooppikuvista pystyi havaitsemaan, että näytelevy X:n pinta on hienojakoisempi kuin muiden näytelevyjen. Luonnonvärisissä levyissä väri oli samaa luokkaa, myös silmämääräisesti tarkasteltuna. Tulosten perusteella näytelevy X:n pinnoite on hieman kovempi kuin muiden näytelevyjen. Mikäli halutaan kovempi pinnoite, kannattaa kokeilla kova-anodisointia.</p>	
Avainsanat	raesuihkupuhdistus, anodisointi, pinnoite

Author Title Number of Pages Date	Anna-Liisa Ketokorpi Effect of Granular Jet Cleaning and Anodizing Parameters on The Visual Appearance of The Part 34 pages + 7 appendices 30 april 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Materials and Surface Engineering
Instructors	Arto Yli-Pentti, Senior Lecturer Minttu Junnila, Quality Manager
<p>The topic of the thesis was to study the visual and functional properties of the grain-cleaned and anodized surface. Pinnoitus Helin Oy commissioned this thesis. The aim of the research report was to compare the surface of a typical consumer product with coatings made with Pinnoitus Helin.</p> <p>The theoretical part includes a company presentation of Pinnoitus Helin Oy, the theory of anodizing and granular jet cleaning, their implementation in practice, standards, equipment, oxide film properties and process parameters.</p> <p>In the experimental part, Pinnoitus Helin Oy manufactured five sample plates by granular jet cleaning and anodizing. In addition, they provided an aluminum coated consumer product (X) as a control. The pieces were subjected to the following tests: surface thickness, color, gloss, visual inspection, surface roughness, Taber and XRF analysis. Visually, the natural color sample plates obtained a similar satin surface to that of Sample Plate X, but some differences were observed in the experiments performed.</p> <p>The surface thickness and surface roughness were lower in Sample Plate X, thus a lower pressure or faster treatment could be tried in granular jet cleaning. It was also possible to see from the microscopic images that the surface of Sample plate X is finer than that of the other sample plates. In the natural-colored plates, the color was of the same order, also when viewed visually. On the basis of the results, the coating of Sample Plate X is harder than that of other samples. If a harder coating is desired, hard anodizing should be used.</p>	
Keywords	granule blast cleaning, anodizing, coating

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Anodisointiprosessi	2
2.1	Anodisoinnin teoriaa	2
2.2	Mekaanisen esikäsittelyn ja anodisoinnin suorittaminen käytännössä	3
2.2.1	Raesuihkupuhdistus esikäsittelynä	3
2.2.2	Anodisoinnin valmistusvaiheet	5
2.3	Anodisointimenetelmät ja standardit	7
2.4	Laitteistot	9
3	Parametrit	12
3.1	Raepuhallusparametrit	12
3.2	Anodisoinnin parametrit	14
4	Koesuunnitelmat	15
5	Tulokset	17
5.1	Pinnanpaksuus	17
5.2	Väri	18
5.3	Kiilto	19
5.4	Visuaalinen pinta	20
5.5	Pinnankarheus	23
5.6	XRF-analyysi	26
5.7	Taber	28
6	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

Liitteet

Liite 1. Referenssipala X:n alkuaineanalyysi

Liite 2. LV 8:n alkuaineanalyysi

Liite 3. LV 141:n alkuaineanalyysi

Liite 4. LV 174:n alkuaineanalyysi

Liite 5. V 94:n alkuaineanalyysi

Liite 6. V 143:n alkuaineanalyysi

Liite 7. Näytelevyt X:n ja 94:n alkuaineanalyysit ilman pinnoitetta

Lyhenteet

SFS	Suomen Standardisoimisliitto.
ISO	The International Organization for Standardization. Maailmanlaajuinen kansallisten standardisoimisjärjestöjen liitto.
SCI	Specular Component Included (kiillon kanssa).
SCE	Specular Component Excluded (ilman kiiltoa).
XRF	Röntgenfluoresenssi-spektrometri. Alkuaineanalyysi.
LV	Luonnonväri anodisoitu.
V	Anodisoitu ja värjätty.
CIELAB	Väriavaruusmalli.
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla referenssinäytteen ja Pinnoitus Helinillä valmistettujen näytteiden visuaalisia sekä toiminnallisia ominaisuuksia.

Teoriaosuudessa on yritysesittely Pinnoitus Helin Oy:stä, teoriaa anodisoinnista ja raesuihkupuhdistuksesta, niiden suoritus käytännössä, standardit, laitteet, prosessiin kuuluvat parametrit sekä kokeellinen osuus. Kokeellisessa osuudessa näytekappaleille suoritetaan pinnanpaksuus-, väri-, kiilto-, visuaalinen tarkastelu, pinnankarheus-, Taber- ja XRF-analyysi. Koekappaleet analysoidaan laboratoriossa ja tutkimus selostetaan tässä opinnäytetyössä. Pinnoitus Helin Oy:ltä saatujen näytelevyjen tuloksia vertaillaan referenssinäytelevyn tuloksiin.

Anodisointinimitys, entiseltä nimeltään eloksointi, johdettiin suoritettavasta prosessista; anodisesta hapettamisesta. Alumiini on teräksen jälkeen käytetyin metalli teollisuudessa. Tämän vuoksi alumiinista on haluttu kehittää korroosionkestävämpää ja vahvempaa, joten 1920-luvulta lähtien on alettu kehittämään anodisointiprosessia. Aikaisemmin alumiinia käytettiin pääasiallisesti lentokone- ja sotateollisuudessa, mutta nykyään kysyntä on levinnyt yhteiskunnan kaikille aloille. Suurimmat käyttäjät ovat nykyään auto- ja rakennus, sähkö- sekä elektroniikkateollisuus. [1, s. 158.]

Anodisoidun alumiinin kovuus on Mohsin asteikolla 9, kun timantti on 10. Prosessia käytetään myös silloin kun alumiinille halutaan korroosion kestävyttä, ulkonäön säilyvyyttä, hygieenisyyttä, koristeellisuutta, hankauksen kestävyttä, sähköistä eristettävyyttä sekä alusta liimaukselle tai maalaukselle. Alumiinin muovaus lopulliseen muotoon on tehtävä ennen raesuihkupuhdistusta ja anodisointi prosessia. Sisällä käytettävien kappaleiden kerros on tavallisesti 10 µm, mutta ulko-olosuhteissa käytetty paksuus on usein 20–25 µm korroosion vuoksi. [2, s. 132.]

Yritysesittely Pinnoitus Helin Oy

Pinnoitus Helin on yksityinen osakeyhtiö, joka tarjoaa asiakkailleen elektrolyyttistä pintakäsittelyä. Pinnoituspalveluita ovat anodisointi, sinkitys ja jalometalli. Yritys noudattaa standardia ISO 9001:2015 laadunhallintajärjestelmässään. Se toimii standardin toimintojen ja ohjeiden mukaisesti. Asiakaskunta koostuu konepajoista ja muista metalli- sekä teknologiateollisuuden valmistajista. Alihankintana tarjottu pinnoituspalvelu on tuotantoketjun lopussa, joten pinnoitettu tuote usein toimitetaan asiakkaan asiakkaalle tai takaisin asiakkaalle.

Yrityksen toiminta on alkanut jo 1960-luvulla, jolloin toiminta oli osa Fiskarsin Kellokosken ruukkia. Petri Helin osti yrityksen vuonna 1992 ja aloitti yhteistyön Nokian kanssa, jolloin liikevaihto nousi parhaimmillaan yli 2 miljoonaan euroon. Vuonna 2020 oli yrityksen suurin liikevaihto, joka oli 2,3 miljoonaa euroa. Pinnoitus Helinillä työskentelee noin 17 henkilöä. [3, s. 1–5.]

2 Anodisointiprosessi

2.1 Anodisoinnin teoriaa

Anodisointi perustuu elektrolyyttiseen hapetusprosessiin, jossa alumiinin luontainen oksidikerros kasvatetaan moninkertaiseksi. Pinnoitteella on suojaavia, koristeellisia ja toiminnallisia ominaisuuksia.

Alumiini reagoi ilman hapen kanssa muodostaen muutaman molekyylikerroksen paksuisen kalvon. Pinnan rikkoutuessa alumiini kasvattaa kalvon takaisin rikkoutuneeseen kohtaan. Alumiinia anodisoimalla tätä kalvoa voidaan kasvattaa jopa 1000 kertaa paksummaksi, jolloin oksidikerros suojaa alumiinia esimerkiksi korroosiolta ja antaa huomattavasti kovemman pinnan.

Kuva 1 esittää anodisointikerroksen muodostumisen teoriassa. Oksidikalvo saadaan upottamalla alumiinikappale elektrolyyttiin, tavallisesti laimeaan rikkihappoon.

Elektrolyyttiin eli laimeaan happoon johdetaan sähkövirtaa, jolloin vesi hajoaa vedyksi ja hapeksi:



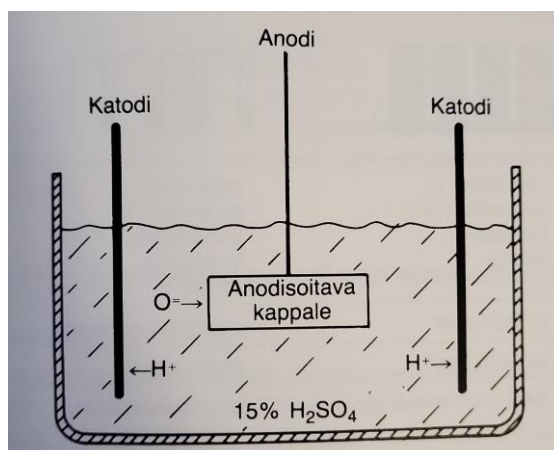
Anodilla kulkevat happi-ionit ja katodilla vetyioni pelkistyy kaasuksi ja kuplii ylös:



Alumiinianodi ja happi-ioni reagoivat keskenään muodostaen alumiinioksidia:



[4, 116 – 117.]



Kuva 1.

Anodisointikerroksen muodostuminen. [4, s. 117].

2.2 Mekaanisen esikäsittelyn ja anodisoinnin suorittaminen käytännössä

2.2.1 Raesuihkupuhdistus esikäsittelynä

Raesuihkupuhdistus, tavalliselta nimeltään hiekka- tai kuulapuhallus suoritetaan raesuihkupuhdistuskaapissa, jossa puhallusmateriaali paineen avulla kierrätetään kaapissa. Anodisoitu alumiini on usein metallisen sileää, mutta raesuihkupuhdistettu

alumiini osa on mattamainen tai satiininen ulkonäöltään. Suihkupuhdistuksella voidaan korvata muita esikäsittelymenetelmiä, koska pinta saadaan hohtavan puhtaaksi puhaltamalla. Raesuihkupuhdistuksessa varsinkin luonnonhiekalla puhallettaessa on kuitenkin vaaransa. Ajan myötä ammattisairautena se aiheuttaa silikoosia eli kivipölykeuhkoa, joka on hengenvaarallinen. Oikeat suojavälineet ovat siis tarpeen. [5, s. 83.]

Anodisoimalla kappaleen väsymisominaisuudet heikkenevät, mutta kuulapuhalluksella ongelman voi välttää. Kuulapuhalluksessa alumiinin väsymislujuus kasvaa, jolloin kappaleen jännityskorroosioriski pienenee. Varsinkin lujilla alumiiniseoksilla se on osoittautunut toimivaksi. Alumiinin puristusjännityksen suuruus riippuu kuulun materiaalista, koosta, muodosta, törmäysnopeudesta ja -kulmasta sekä käsittelyajasta. [2, s. 130.]

Standardissa SFS-EN ISO 8501-1 kerrotaan teräspintojen ruostumis- ja esikäsittelyasteet. Standardia voi soveltaa myös alumiiniin. Raesuihkupuhdistus esikäsittelyasteet merkitään ”Sa” ja numerolla.

Sa 1 on kevyt puhdistus, eikä pinnalla saa olla öljyä, rasvaa tai likaa. Pinnalla saa olla vain vähän valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita.

Sa 2 on huolellinen suihkupuhdistus eikä pinnalla saa olla öljyä, rasvaa tai likaa. Pinnalla saa olla vain vähän valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita ja epäpuhtauksien tulee olla tiukasti kiinni tarttuneita.

Sa 2½ on hyvin huolellinen suihkupuhdistus eikä pinnalla saa olla öljyä, rasvaa tai likaa. Pinnalla saa olla vain vähän valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita ja epäpuhtauksien jäämät saavat näkyä ainoastaan pistemäisinä tai raitamaisina tahroina.

Sa 3 on metalli puhtaaksi suihkupuhdistus eikä pinnalla saa olla öljyä, rasvaa tai likaa. Pinnalla saa olla vain vähän valssihilsettä, ruostetta, maalia tai vieraita aineita ja pinnalla tulee olla yhtenäinen metallinen väri. Alumiiniosan öljy, rasva ja lika tulee poistaa ennen käsittelyä. [7.]

Ennen anodisointia tehdään käsittelyaste Sa3. [1, s. 87].

Standardissa SFS-EN ISO 8501-3 kerrotaan metalliosien hitsien, leikkaussärmien ja muiden pintavirheellisten alueiden esikäsitteilyasteet. Ne merkitään P-kirjaimella ja numerolla.

P1 on kevyt käsittely, jossa ei ole esikäsitteilyä tai vain vähäinen esikäsitteily.

P2 on perusteellinen esikäsitteily, jossa suurin osa virheistä on poistettu.

P3 on erittäin perusteellinen esikäsitteily, jossa pinnalla ei ole merkittäviä näkyviä virheellisyyksiä. Standardista löytyy taulukko, jossa kerrotaan virheellisyydet ja niihin sopivat esikäsitteilyasteet. [8]

2.2.2 Anodisoinnin valmistusvaiheet

Alumiiniosat ripustetaan tyyppillisesti titaanitankoihin. Ripustin voi olla myös alumiinia, mutta titaani on suositumpi pitkän käyttöiän takia. On hyvin tärkeää, ettei alumiiniosa liiku telineessä kylvyn aikana, koska silloin se voi aiheuttaa epätasaisuutta oksidikalvolla, joka voidaan havaita varsinkin värjäyksen jälkeen. Kiinnityskohta jää ilman oksidikalvoa, joten kappaleeseen saattaa jäädä ripustusjälki näkyviin. [1, s. 163–164.]

Normaalisti esikäsitteily aloitetaan alkalisella rasvanpoistokylvyllä. Seuraavaksi huuhtelu ja siirto peittäusaltaaseen, joka sisältää normaalisti 5 % lipeää. Se syövyttää alumiinia, joten alumiinin luonnollinen tai anodisoitu oksidikalvo syöpyy. Mitä pidemmän aikaa peitataan, sitä mattamaisempi pinta alumiinille tulee. Tämän jälkeen tanko siirretään huuhtelualtaaseen. Seuraavaksi suoritetaan desmutkylpy, joka sisältää laimeaa happoa. Sen tehtävä on poistaa liukenematta jääneet lipeäjäänteet ja muut seosaineet. Desmutin jälkeen tanko huuhdellaan ja kemiallinen esikäsitteily on suoritettu. Alumiiniosat ovat valmiita anodisointikylvyyden.

Itse anodisointikylvyissä alumiinille muodostuu kova oksidikalvo. Melkein kaikki anodisointi suoritetaan rikkihappoanodisointina, mutta esimerkiksi Pinnoitus Helin Oy tarjoaa myös kova-anodisointia. Yritys noudattaa rikkihappoanodisoinnissa standardia SFS EN-ISO 7599 ja kova-anodisoinnissa standardia SFS-EN ISO 10074. Kova-anodisoinnissa alumiiniosa saa kovemman pinnoitteen, kun rikkihappoanodisoinnissa. Sitä suoritetaan

mm. aseiden osille. Rikkihappoanodisoinnissa elektrolyytin rikkihappo on yleensä noin 15 %-prosenttista. Normaalisti anodisoidaan virrantiheydellä 150 A/m² ja jännitteellä noin 20 V sekä alle 20°C:n lämpötilassa, jolloin kerroksen kasvu on 20 µm tunnissa. Kylpyä sekoitetaan voimakkaasti lämmön tasaamiseksi ja vapautuvan vetykaasun poistamiseksi. Kappaleet kuumenevat voimakkaasti anodisoinnin aikana, jolloin jäähtytys on tarpeen. Anodisointikylvyn jälkeen kappaleet jälleen huuhdellaan.

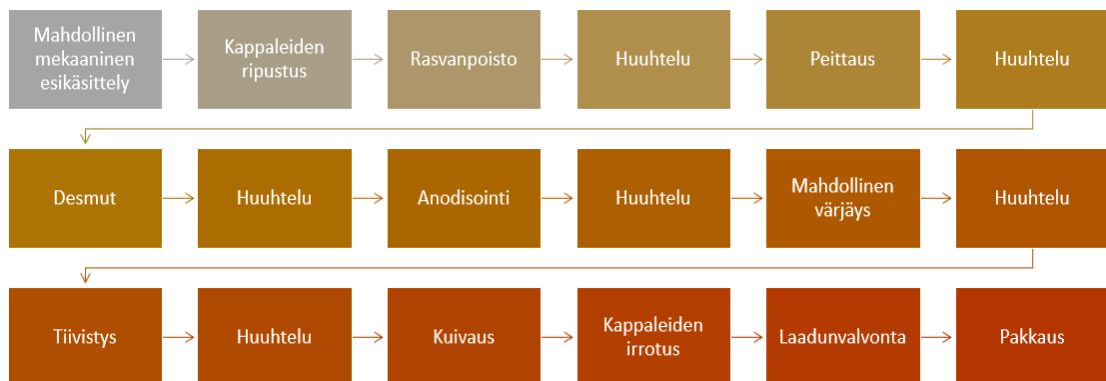
Anodisoidut alumiinikappaleet voidaan myös värjätä. Värjäysajat ovat kastosta 15 minuuttiin, jolloin voidaan säädellä värin tummuusastetta. Värjättyä osaa verrataan yrityksen omiin värimalleihin tai asiakkaalta tulleisiin esimerkkeihin kappaleisiin. Värjäyksen jälkeen kappaleet huuhdellaan ja laitetaan tiivistysaltaaseen, ellei kyseessä ole luonnonvärinen kappale, jolloin huuhtelun jälkeen tanko siirretään suoraan tiivistysaltaaseen.

Tiivistys on toiseksi tärkein osa prosessia anodisoinnin ohella, koska siinä kerros saavuttaa lopullisen korroosiokestävyytensä. Anodisoinnin jälkeen alumiinin huokoiset ovat auki, joten tiivistyksen tehtävänä on sulkea ne. Tiivistysvaihtoehtoja on kylmä- ja kuumatiivistyskylpy. [4, s. 120–121.] Niillä on erona se, että kylmätiivistetyn alumiinin pinta on hieman kovempi kuin kuumatiivistetyn. [16, s. 21].

Tiivistyksen jälkeen alumiinikappaleet jälleen huuhdellaan ja sen jälkeen laitetaan kuivausuuniin. Lopuksi tanko otetaan uunista, annetaan jäähtyä ja anodisoitua alumiinikappale on valmis pakattavaksi ja jälleen asiakkaalle lähetettäväksi. Valmiiseen pintaan tulee herkästi naarmuja, joten kappaleet paketoitetaan huolellisesti. [4, s. 120–121.]

Kuvassa 2 esitetään anodisointi prosessi alusta loppuun. Luvussa 2.2.1 on kerrottu alumiinin mekaaninen esikäsittely raesuihkupuhdistuksena, mutta sitä ei yleensä suoriteta muuten, kuin esteettisyyden vuoksi.

Anodisoinnin prosessikaavio



Anodisoinnin valmistusvaiheet. [4, s.121.]

Kuva 2. Anodisoidun alumiinin ominaisuuksia ovat hyväkorroosionkestävyys, sähköinen eristävyys, hyvä maalattavuus ja kierrätettävyys. Yli 15 µm paksuisen kalvon läpilyöntijännite on 500–600 V. Vahvat kemikaalit saattavat vaurioittaa oksidikalvoa. Oksidikalvon paksuus riippuu anodisointimenetelmästä, mutta on tavallisesti lasia kovempi. Kalvo on osittain läpinäkyvä, mikäli osaa ei värjätä. Yli 100 °C:n lämmössä kalvoon tulee halkeamia lämpölaajenemisen takia, mikä vaikuttaa kappaleen ulkonäköön. Pinta voidaan pitää puhtaana vedellä tai laimeilla pesuaineilla, mutta voimakkaita emäksiä tulee välttää. [2 s. 140.]

2.3 Anodisointimenetelmät ja standardit

Anodisointimenetelmiä on pääasiassa kolme erilaista: rikkihappo-, kova- ja kromihappoanodisointi. Yleisin menetelmä on kuitenkin rikkihappoanodisointi, joka kattaa 98 % kaikista anodisointitekniikoista. Muita menetelmiä on useita, mutta esimerkkinä mm. fosforihappoanodisointi, joka on korvannut kromihappoanodisoinnin. Siinä anodisoidaan liimattavia kappaleita, kuten lentokoneen osia. [1 s. 161; 181.]

Standardissa SFS-EN ISO 7599 käydään läpi anodisoidun alumiinin oksidikerroksen yleiset vaatimukset. Standardissa määritellään tyypilliset ominaisuudet ja menetelmät, joilla näitä ominaisuuksia voidaan tarkastaa ja joka määrittelee vähimmäisvaatimukset.

Se myös esittelee alumiiniseoksia, jotka sopivat anodisointiin ja määrittelee esikäsittelyn tärkeyttä. Standardia ei voida soveltaa kova-anodisoituihin kappaleisiin.

Kaikkia alumiinilaatuja ja -seoksia voidaan anodisoida. Riippuen alumiinilaadusta anodisoidun pinnan ulkonäkö ja ominaisuudet vaihtelevat. Lopputulos vaihtelee ulkonäön, värin, enimmäiskerrospaksuuden, heijastuksen, hiontakulumiskestävyyden, korroosiokestävyyden ja sähköisen läpilyöntikestävyyden suhteen. Pinnan ominaisuuksien valinta alkaa jo alumiinin valinta- ja valmistusvaiheessa. Eri yrityksillä on omia seoksia, joille halutaan tietyt ominaisuudet. Anodisoijan on tiedettävä loppukäyttö, jotta päästään toivottuun lopputulokseen.

Arkkitehtuurilaadussa puolivalmisteiden pinta näyttää tasaiselta. Anodisoinnin jälkeen on odotettavissa eroja kiillossa ja juovaisuudessa. Erot eivät vaikuta pinnoitteen laatuun. Koristelaadussa pinta on tasainen. Se voi olla matta, kiiltävä tai puolikiiltävä riippuen aineesta ja anodisointikäsittelystä. Pintavirheitä ei esiinny. Kiitoanodisointilaadussa materiaalit on tehty hyvin puhtaasta (99,7 %) tai erittäin puhtaasta (99,99 %) alumiinista. Anodisoinnin jälkeisen korkean kiillon saavuttamiseksi on saatettu käyttää mekaanisia, kemiallisia tai sähkökemiallisia menetelmiä. Suurin osa alumiineista kuuluu yleislaatuun, jossa kerroksen suoja on hyvä, mutta ei takaa hyvää ulkonäköä. Jos seos sisältää paljon kuparia, piitä ja sinkkiä, ne aiheuttavat pulmia anodisoinnissa, joten ohjeita tulisi pyytää valmistajalta tai anodisoijalta. Anodisointikerros antaa vain rajoitetun suojan, jos seos sisältää yli 3 % kuparia. Vain joitain valuseoksia pystytään myös anodisoimaan, vaikka ne ovat huonosti värjättävissä.

Pinnanlaatuun ja mikrorakenteeseen vaikuttaa ennen anodisointia tehty esikäsittely, joka voi olla mekaanisesti mattakiillotettu, kemiallisesti korkea kiillotettu tai sähkökemiallisesti kiillotettu erikoisalumiineille. Peittausaika vaikuttaa pinnan kiiltävyyteen. Himmeä pinta saadaan aikaan käyttämällä mekaanisesti harjoja, hiomanauhoja ja -laikkoja. Mikäli pinnan epätasaisuudet eivät ole syviä, ne voidaan poistaa mekaanisesti. Yhteistyö asiakkaan ja anodisoijan välillä on tärkeä, jotta saadaan aikaan oikeanlainen lopputulos. Mallikappaleiden käyttö on tuotannossa järkevää, mutta eri alumiinilaadut, muodot ja koot reagoivat käsittelyyn eri tavalla ja se on otettava huomioon.

Anodisointipinnoitteen tyypillisiä ominaisuuksia voidaan määrittellä, mitata tai muulla tavalla sopia. Tuotteen loppukäyttö on tiedettävä, jotta saadaan oikeat ominaisuudet tuotteelle. Joitain ominaisuuksia ei voida tehdä samanaikaisesti ja joitain ominaisuuksia saadaan vain käyttämällä tiettyjä seoksia. Standardista SFS-EN ISO 7599 löytyy tarkemmat määritelmät seuraavaksi mainituista menetelmistä:

- kerrospaksuus
- tiivistyksen laatu
- väri ja ulkonäkö
- korroosionkestävyys
- hiontakulumiskestävyys
- kerroksen taivutuskestävyys
- sähköinen läpilyöntijännite
- pinnoitteen eheys
- pinnoitteen pinta-alamassa
- valonkestävyys
- valonheijastusominaisuudet
 - kokonaisheijastus
 - peiliheijastus
 - mattaheijastus
 - kuvanselkeys.

Anodisoiduille kappaleille voidaan tehdä kokeita. Standardissa SFS-EN ISO 2859 on esitetty näytteenottotapoja, joista anodisoija ja tilaaja sopivat. Koekappaleiden on oltava tuotantokappaleita, mutta mikäli käytetään erityisiä koekappaleita, ne on käsiteltävä samalla tavalla kuin tuotantokappaleet. Hyväksymiskokeet sovitaan anodisoijan ja asiakkaan välillä. Vertailukokeet löytyvät standardista SFS-EN ISO 7599, mikäli on erimielisyytapaus. Anodisoija määrittelee valvontakokeiden tarpeellisuuden. [11.]

2.4 Laitteistot

Anodisointilinjaston altaat valmistetaan usein polypropeenista, koska sillä on hyvä kemiallinen kestävyys. Altaat on vahvistettu teräsputkilla, joten suunnittelussa on otettava huomioon, että polypropeenin ja teräksen lämpölaajeneminen on eri suuruista.

PVC on yleisin putkimateriaali, kun pinnoituslämpötila on 55°C. Jos lämpötila yltää 70°C, käytetään polypropeeni putkia. PVC-C putkimateriaalia käytetään aina 110°C:seen saakka. Useat putkistojen liitokset helpottavat niiden huoltoa.

Anodisointilinjastossa liikuteltavia kylpyjä on anodisointikylpy, tiivistys ja värialtaat, joihin tarvitaan pumput. Edellä mainittuihin tarvitaan eri painevirtauksella toimiva pumppu.

Altaissa on oltava myös pinnankorkeusanturit ja lämpömittarit. Antureita käytetään kaikissa lämmitetyissä kylvyissä. Mikäli neste haihtuu eikä anturi kytke lämmitystä pois päältä, tulipalo on mahdollinen. Kylvyt lämmitetään ja jäähdytetään sähkön avulla.

Ilmastointi on todella tärkeä, kun käsitellään kemikaalihöyryjä. Linjaston yläpuolelle usein asennetaan ilmastointiluukut, joissa on pisaraerotin. Puhallinkapasiteetin määrittäminen on tärkeää, jotta ilmastointi on tehokas sekä taloudellinen.

Kuvassa 3 on anodisointilinjaston altaiden ohjauspaneeli, josta voidaan mm. nähdä kylpyjen lämpötilat ja säädellä niitä.



Kuva 3.

Anodisointilinjaston ohjauspaneeli.

Raesuihkupuhdistuslaitteet voidaan jakaa paine- ja imusyöttöisiin paineilmalaitteisiin. Painesyöttöisissä laitteissa puhallusaine laitetaan paineastiaan, jonka paineen avulla rae johdetaan suutinletkuun. Imusyöttöisissä laitteissa alipaine imee rakeen astiaan, josta se ilmavirran mukana kulkeutuu suuttimeen. Painesyöttöisessä laitteessa on parempi puhallusteho kuin imusyöttöisessä.

Suutin vaikuttaa paineilmalaitteen kapasiteettiin, paineilman kulutukseen ja käyttökustannuksiin. Myös suuttimen muoto vaikuttaa puhallusnopeuteen, joten suoran suuttimen nopeus on normaalisti 80 m/s ja venturisuuttimen nopeus on 200 m/s. Puhallusnopeus muokkaa metallisosaa, jolloin pienempi nopeus voi olla sopivampi pehmeälle alumiinille. Suuttimen vaihtaminen väliajoin on usein tarpeellista, koska puhallusmateriaali suurentaa aukkoa, mikä lisää tehoa. [1, s. 82–85.]

Kuvassa 4 nähdään Norm Finishin suorapainepuhalluskaappi, jossa alumiiniosat raesuihkupuhdistetaan [10]. Kaapissa on käsiaukot hanskoilla laitteen sisälle, jossa puhallusmateriaali puhalletaan paineen ja letkun suuttimen avulla metallikappaleeseen puhdistaan sekä karhentaen sen pinnan. Tässä tapauksessa materiaalina on alumiini, joka on melko pehmeä metalli ja siten varoen puhallettava.



Kuva 4.

Raesuihkupuhdistuskaappi. [10.]

3 Parametrit

3.1 Raepuhallusparametrit

Puhallusaineita on olemassa kvartsi-, valurauta-, oliivin-, teräshiekkaa, (ruostumattomia) teräskuulia, lankakatkoa, kuparikuonaa, pähkinän kuoria, lasikuulia, keraamisia kuulia ja alumiinioksidia. Alumiinille paras puhallusaine on lasikuulat tai keraamiset kuulat, koska puhalluspaine ei saa olla kovin korkea ja pienempi paine sopii herkälle alumiinipinnalle hyvin. Puhallusaine vaikuttaa pinnan laatuun ja ulkonäköön, osan ja laitteen kulumiseen, pintakäsittelyyn sekä kylmämuokkautumiseen. Väärä rae saattaa jopa pilata osan [1 s. 86.]

Standardissa SFS-EN ISO 8504-2 määritellään suihkupuhdistus esikäsitteilynä kokonaisuudessaan. Sen mukaan raesuihkupuhdistuksella tarkoitetaan suuren liike-energian sisältävän puhdistusraesuihkun iskeytymistä käsiteltävään pintaan. Se voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$I = \frac{(m \cdot v^2)}{2} \quad (4)$$

jossa I on karkean partikkelin kineettisen energian määrä ennen sen iskeytymistä kappaleen pintaan, m on massa ja v on nopeus.

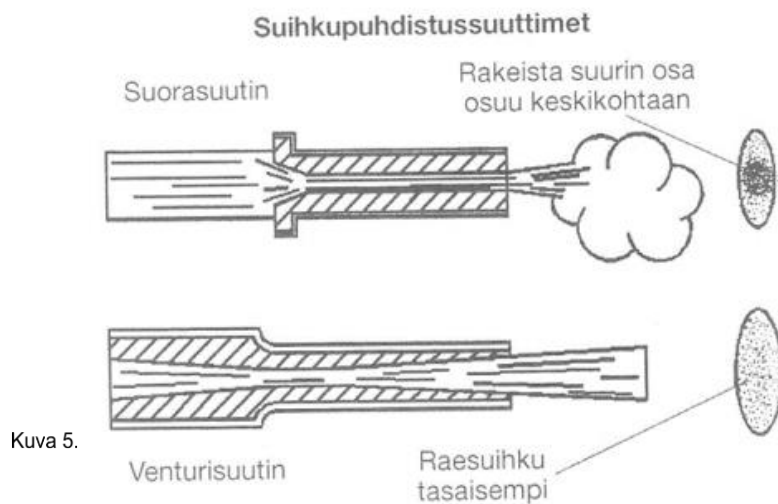
Kineettistä energiaa voidaan käyttää, kun partikkeli hajoaa kappaleeseen tai muokkaa sitä plastisesti. Partikkelin iskeytyessä käsiteltävän kappaleen pintaan sen hiova vaikutus tai plastinen muokkaantuminen riippuu käsiteltävän kappaleen fysikaalisista ominaisuuksista. Puhallusrae hajoaa tai kappale muokkautuu plastisesti, jos kappale on riittävän kovaa, eikä rae pureudu pintaan. Jos käsiteltävä kappale on pehmeämpää kuin puhallusrae, niin sillä on hiova vaikutus. Kineettisen energian määrä ja sen riittävyys irrottamaan pinnan epäpuhtauksia riippuvat kappaleeseen iskeytyvän partikkelin nopeudesta ja massasta, iskeytymä pinta-alasta, kappaleen kovuudesta ja lujuudesta, partikkelin kovuudesta sekä lujuudesta. [17, s. 32.]

Taulukossa 1 on esitetty, kuinka suuttimen koko ja muoto vaikuttavat puhalluksen tehokkuuteen.

Taulukko 1. Suutinkoon vaikutus puhalluksen tehokkuuteen. [18, s.70.]

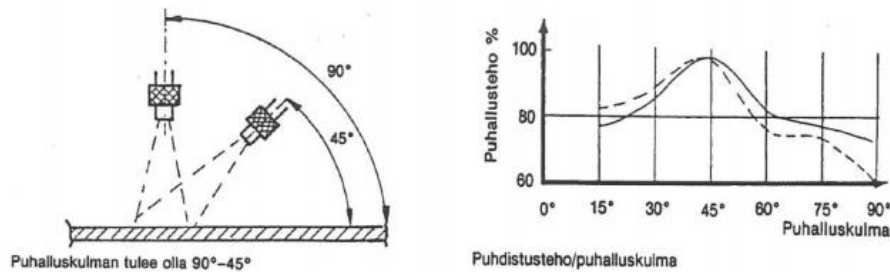
Suuttimen halkaisija (mm)	Puhdistusteho (%)
6,5	100
8,0	157
9,5	220
11,0	320
12,5	400

Haurailta rakeilla, kuten lasikuulilla, puhaltaessa suorareikäinen suutin on paras vaihtoehto, koska sillä rakeen nopeuden saa pidettyä pienenä. Venturisuuttimessa puhallusrae saavuttaa yläääninopeuden ja suuttimen jälkeinen pyörteen muodostus on vähäinen sekä raesuihkun jakautuma on tasainen. Suuren nopeuden ansiosta rakeen iskuteho on suuri ja tehollinen puhallusalue on laaja. Venturisuuttimella saavutetaan 30–40 % suurempi puhallusnopeus kuin suorareikäisellä suuttimella. Kuvassa 5 nähdään suora- ja venturisuuttimen erot. [18, s. 70.]



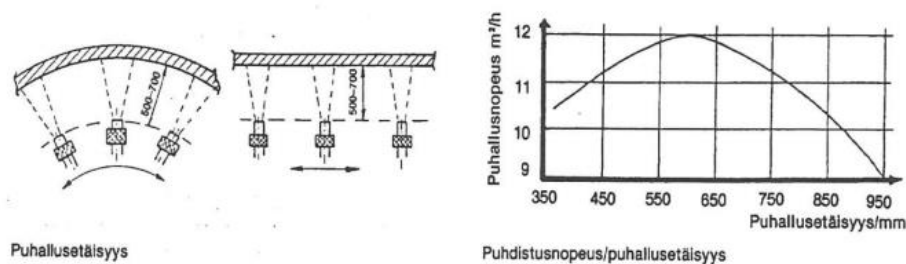
Suora- ja venturisuutin. [18, s. 70].

Kuvista 6 nähdään puhalluskulman vaikutus puhdistuksen tehokkuuteen. Kuvasta 7. nähdään puhallusetäisyyden vaikutus puhdistuksen tehokkuuteen. Ihanteellisin puhalluskulma on 35–50°:n etäisyydellä 55–75 cm riippuen poistettavan materiaalin ja rakeen laadusta. [18, s. 45.]



Puhalluskulman vaikutus puhdistuksen tehokkuuteen. [18, s. 45].

Kuva 6.



Kuva 7.

Puhallusetäisyyden vaikutus puhdistuksen tehokkuuteen. [18, s. 45]

Edellä mainitut parametrit ovat yleisiä arvoja, ja anodisoinnin esikäsitteilyä varten tulee parametrit määrittellä tarkemmin.

3.2 Anodisoinnin parametrit

Taulukossa 2. esitetään rikkihappoanodisoinnin parametrit. Niiden keskinäinen riippuvuus on tärkeää, jotta ymmärtää onnistuneen oksidikalvon kasvun ja ominaisuudet. Esimerkiksi elektrolyytin väkevä happo liuottaa oksidikalvoa voimakkaasti, mutta laimeampi happo taas vaatii korkeamman jännitteen. Ajan kanssa kylpyyn liukenee alumiinia, joka

huonontaa kylvyn johtokykyä. Tästä syystä sitä täytyy kompensoida korkeammalla jännitteellä, jonka seurauksena on suurempi jäähtyksen tarve. Mikäli anodisoidussa kappaleessa on pistesyöpyimiä, tulee kloridipitoisuus tarkastaa. Virrantiheys määrää millä nopeudella oksidikalvo kasvaa. Virta asetetaan kappaleen pinta-alan mukaan, mutta jos tämä ei ole mahdollista niin silloin käytetään jännitesäätöä. Mikäli jännitesäätö on tarpeen, niin se asetetaan normaalisti välille 15–18 V. [6, s.162–163.]

Taulukko 2. Rikkihappoanodisoinnin yleiset parametrit. [6, s. 162].

Parametri	Alue	Normaali
rikkihappo	140-220 g/l	180 g/l
liuennut Al	max 20 g/l	5-10 g/l
kloridi, Cl	max 200 mg/l	–
lämpötila	16-22 °C	20 °C
virrantiheys	1-2,5 A/dm ²	1,5 A/dm ²
jännite	14-22 V	18 V

4 Koesuunnitelmat

Referenssi- ja näytekappaleiden vertailu

Pinnoitus Helinin toimittamat alumiiniset luonnonväriset koelevyt on raesuihkupuhdistettu ja anodisoitu eri parametreilla kuin mustat koelevyt. Koelevyille tehtiin pinnanpakkuus-, väri-, kiilto-, pinnankarheus-, Taber- ja XRF-alkuaineanalyysi sekä ilmoitetaan tulokset, joita verrataan referenssipala X:n tuloksiin.

Taulukossa 3 on esitetty laboratoriotestien koelevyt. Näytelevyt 8, 141, 174, 94 ja 143 ovat EN AW-6082 alumiiniseosta, jotka on raesuihkupuhdistettu ja rikkihappoanodisoitu Pinnoitus Helinillä. Levyt 8, 141 ja 174 ovat luonnonvärisiä ja levyt 94 ja 143 ovat mustaksi värjättyjä. Näiden levyjen tuloksia verrataan referenssilevyn X:n tuloksiin. Kuvissa 8, 9 ja 10 esitetään jokainen näytelevy ulkoisesti.

Taulukko 3. Laboratoriotestien koelevyt.

Referenssi näyte X	Raesuihkupuhdistettu ja anodisoitu luonnonväri näyte	Raesuihkupuhdistettu ja anodisoitu ja värjätty näyte
1	8	94
2	141	143
	174	



Referenssinäytelevyt 1. ja 2.

Kuva 8.



Kuva 9.

Raesuihkupuhdistetut ja anodisoidut luonnonväri näytelevyt 8, 141 ja 174.

Kuva 10.



Raesuihkupuhdistetut ja anodisoidut värjättyt näytelevyt 94 ja 143.

5 Tulokset

5.1 Pinnanpaksuus

Koekappaleille suoritettiin viiden kohdan pinnan paksuuden mittaus. Taulukosta 4 nähdään pinnanpaksuuksien tulokset. Mittaus suoritettiin kuvan 11 Elcometer pyörrevirta-mitta laitteella, joka kalibroitiin ennen mittauksen suorittamista.

Taulukko 4. Koekappaleiden pinnanpaksuusmittauksen tulokset.

Otos	X [μm]	8 [μm]	141 [μm]	174 [μm]	94 [μm]	143 [μm]
1	7,5	10,7	12,4	13,3	9,5	11,9
2	8,1	13,0	13,4	13,3	12,0	11,8
3	7,8	4,3	12,4	12,2	14,3	9,3
4	8,0	9,5	11,9	14,1	10,4	10,3
5	4,4	12,6	12,9	13,6	13,0	11,1
Ka	7,2	10,0	12,6	13,3	11,8	10,9

Pinnoitus Helinillä anodisoiduissa kappaleissa pinnan paksuus oli keskiarvoltaan 11,7 μm ja näytelevy X:n pinnan paksuus oli 7,2 μm . Yhtälöllä $100 \cdot (11,7 - 7,2) / 11,7$ laskettuna Pinnoitus Helinin näytteiden pinnan paksuus on 38,5 % paksumpi kuin koepala X:n paksuus. Pinnankarheus voi vaikuttaa paksuuteen, mutta karheuserot ovat niin pieniä, ettei niillä ole suurta merkitystä.



Elcometer pinnanpaksuuden pyörrevirtamittari.

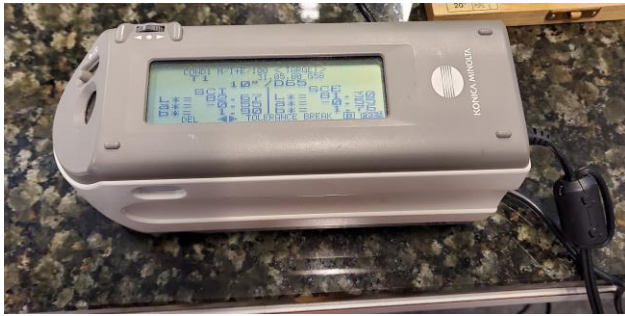
5.2 Väri

Kuva 11. Taulukossa 5 on esitetty koelevyjen väriavaruustestin CIE L*a*b tulokset 10°:n kulmassa ja valonlähteessä D65. Se kuvaa kaikki ihmissilmän näkevät värit tasavälisessä koordinaatistossa. Arvo L ilmoittaa, kuinka vaalea kappale on. Asteikko mustasta valkoiseen on 0–100. Arvo a kertoo värikylläisyyden vihreä-punaisuuden ja arvo b sini-keltaisuuden. Tulokset on ilmoitettu kiillon kanssa (SCI) ja ilman kiiltoa (SCE). [13.] Mittaus suoritettiin kuvan 12 Konica Minolta värimittarilla, joka nolla- ja valkokalibroitiin ennen mittauksien suorittamista.

Taulukko 5. Koelevyjen väriavaruustestin tulokset.

	SCI	SCE
X		
L=	86,88	82,68
a=	-0,48	-0,51
b=	1,47	1,59
8		
L=	82,67	81,3
a=	-0,55	-0,55
b=	1,9	1,76
141		
L=	83,63	82,23
a=	-0,57	-0,56
b=	1,88	1,72
174		
L=	82,99	81,7
a=	-0,64	-0,64
b=	1,78	1,63
94		
L=	28,3	27,71
a=	-1,56	-1,54
b=	-2,84	-2,9
143		
L=	27,91	27,43
a=	-1,43	-1,45
b=	-2,92	-2,96

Väriavaruusmittauksessa koelevy X on hieman vaaleampi kuin Pinnoitus Helinin näyteet. Luonnonvärisissä koelevyissä 8, 141 ja 174 vihreäpunaisuus on lähes sama kuin näytelevy X:ssä. Myös sinikeltaisuus lukema on samaa luokkaa. Mustat koelevyt 94 ja 143 olivat keskimustia. Luonnonvärisistä näytelevyistä saattoi huomata myös väriavaruustestissä, että näytelevy X on hieman vaaleampi kuin muut näytelevyt. Se todennäköisesti johtuu siitä, että näytelevy X on puhtaampaa alumiinia kuin muut levyt.



Konica minolta väriavaruusmittari.

Kuva 12.

5.3 Kiilto

Kiiltomittaus on suoritettu standardin SFS-EN ISO 2813 mukaan. [14] Mittaus suoritettiin kuvan 13 Elcometer kiiltomittarilla, joka kalibroitiin jokaisen mittauskerran jälkeen. Kappaleen heijastuskykyä voidaan mitata, kun valo kohdistetaan kappaleeseen eri kulmissa. Voimakkaasti heijastaville pinnoille käytetään 20 asteen kohdistuskulmaa, puolikiiltäville 60 astetta ja mattapinnoille 85 astetta. Mittari pystyi mittamaan vain 20 ja 60 asteen kulmissa.

Kiitoyksikkö Gu ilmoittaa valon heijastumisarvon. Kiiltoaste ilmaistaan asteikolla 0–100. Verrattavat kiiltoasteet nähdään taulukosta 6. Taulukosta 7 nähdään koelevyjen kiilto-testin tulokset 20 ja 60 asteiden kulmissa. [15, s. 12–13.]

Taulukko 6. Kiiltoasteet. [14, s.13]

Laatutaso	Kuvaus	Kiiltoaste
Kiiltoaste 1	Matta	0-19

Kiiltoaste 2	Silkinkiiltainen	20-34
Kiiltoaste 3	Puolikiiltävä	35-49
Kiiltoaste 4	Kiiltävä	50-65
Kiiltoaste 5	Peilinkiiltävä	>65

Taulukko 7. Koelevyjen kiiltotestin tulokset 20 ja 60 asteen kulmissa.

	X	8	141	174	94	143
20° [Gu]	6,3	2,7	2,7	2,5	0,3	0,2
60° [Gu]	19,3	7,5	7,3	6,7	3,1	2,5

Kiiltomittauksessa kaikki näytteet olivat kiiltoaste 1:tä eli mattamaisia heijastukseltaan. Näyte X:n pinnoite oli kuitenkin melkein kiiltoaste 2:tä, silkinkiiltainen 60 asteen kulmassa.

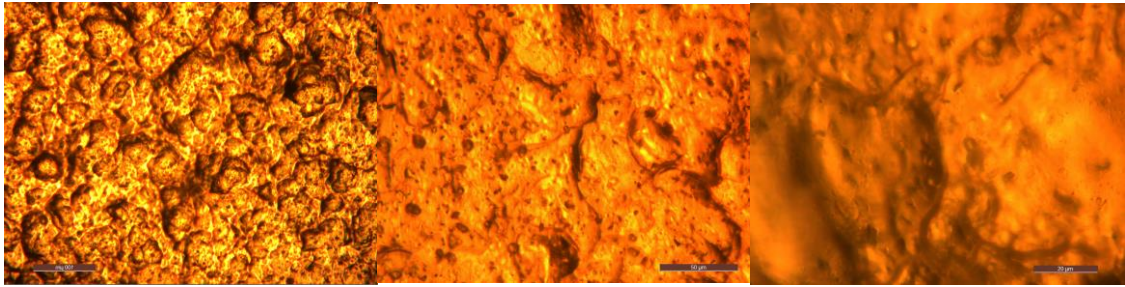


Kuva 13.

Elcometer kiiltomittari.

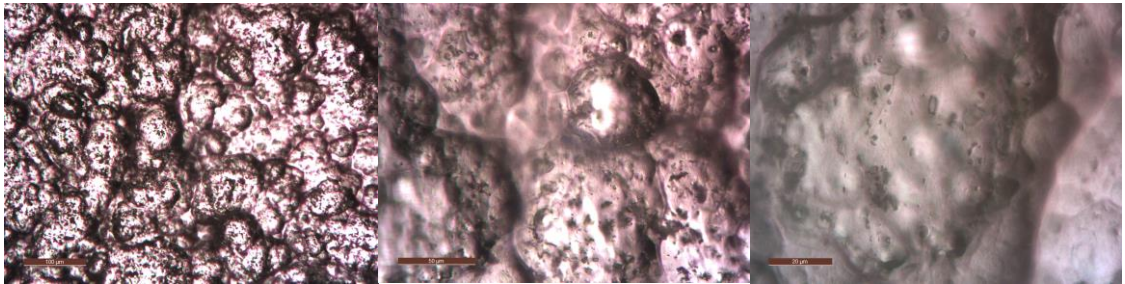
5.4 Visuaalinen pinta

Kuvissa 14–19 on esitetty näytelevyjen pinnoitteen rakenne ja muoto, jotka on otettu kuvan 20 Olympuksen valomikroskoopilla. Kuvaa tarkennettiin, kunnes se näytti riittävän tarkalta. Jokaisesta näytelevystä on otettu kuva 100-, 50- ja 20-kertaisella suurennoksella.

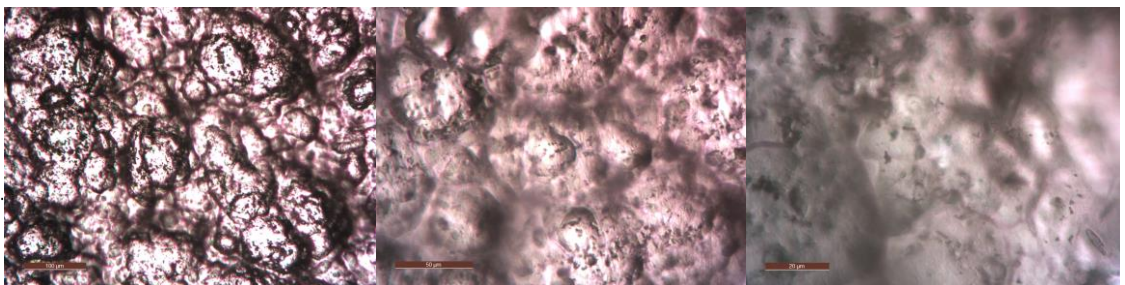
KOELEVY X

Valomikroskoopilla otettu kuva referenssinäyte X:stä 100, 50 ja 20 kertaisella suurennoksella. Suurin suurennos on oikealla ja pienin vasemmalla.

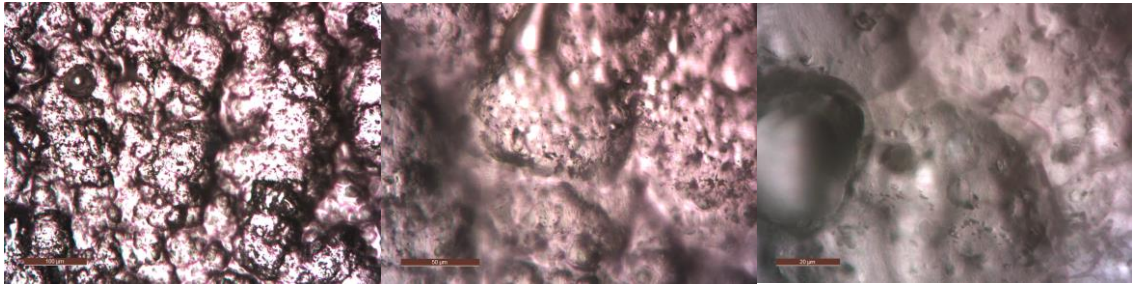
Kuva 14. **LUONNONVÄRI 8**



Kuva 15. Valomikroskoopilla otettu kuva koelevy luonnonväri 8 100, 50 ja 20 kertaisella suurennoksella. Suurin suurennos on oikealla ja pienin vasemmalla.

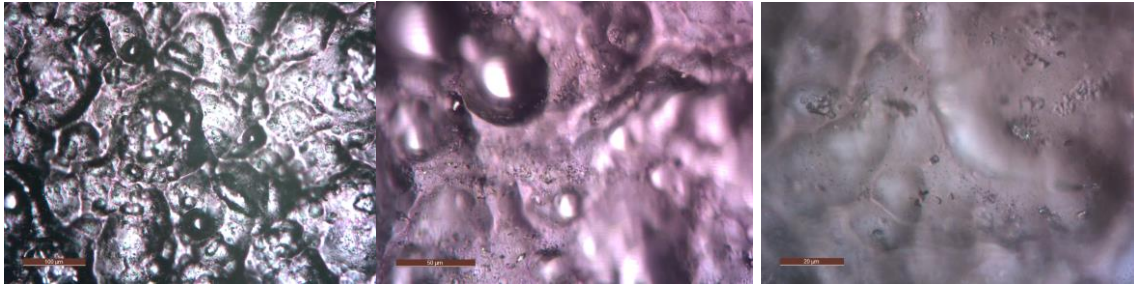
LUONNONVÄRI 141

Kuva 16. Valomikroskoopilla otettu kuva koelevy luonnonväri 141 100, 50 ja 20 kertaisella suurennoksella. Suurin suurennos on oikealla ja pienin vasemmalla.

LUONNONVÄRI 174

Valomikroskoopilla otettu kuva koelevy luonnonväri 174 100, 50 ja 20 kertaisella suurennoksella. Suurin suurennos on oikealla ja pienin vasemmalla.

Kuva 17. **VÄRJÄTTY 94**

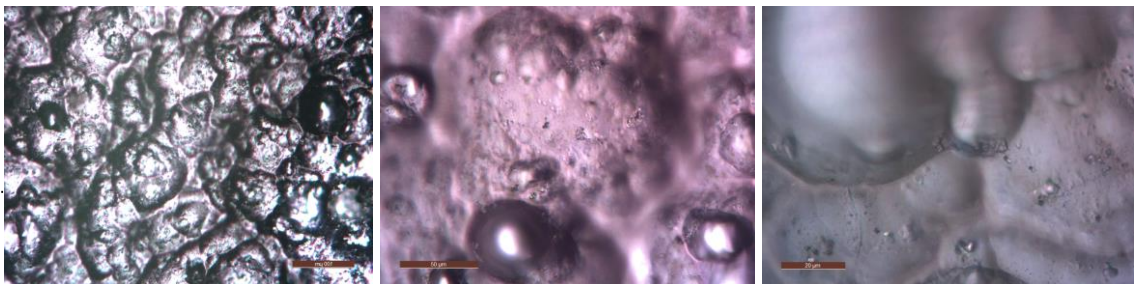


Kuva 18.

Valomikroskoopilla otettu kuva koelevy 94 värjätty 100, 50 ja 20 kertaisella suurennoksella. Suurin suurennos on oikealla ja pienin vasemmalla.

VÄRJÄTTY 143

Kuva 19.



Valomikroskoopilla otettu kuva koelevy 143 värjätty 100, 50 ja 20 kertaisella suurennoksella. Suurin suurennos on oikealla ja pienin vasemmalla.

Mikroskooppi kuvista voidaan päätellä, että näytelevyn X:n pinnoite on tasaisempi ja hienojakoisempi kuin muiden näytekappaleiden pinta.



Valomikroskooppi Olympus.

Kuva 20.

5.5 Pinnankarheus

Testissä on käytetty kuvan 21 Taylor-Hobson Surtronic 3+ pinnankarheusmittaria, joka kalibroitiin ennen mittauksien suorittamista. Taulukossa 8 on esitetty pinnankarheusmittaus suureet. Taulukoissa 9–14 on esitetty pinnankarheusmittauksen tulokset. Taulukossa 15 on koottu pinnankarheusmittaustulosten keskiarvot.

Taulukko 8. Pinnankarheusmittaus suureet. [12, s. 4]

Ra	Keskiarvo pinnan epätasaisuuksien poikkeamista keskilinjasta.
Rq	Ra:han liittyvä rms-parametri.
RzDIN	Rtm-arvo. Mittauspituuden kaikkien Rti-arvojen huipusta laaksoon keskiarvo.
Rt	Karheusprofiilin kokonaiskorkeus.
Ry	Rti-arvo eli mittausosa-alueen sisäisen korkeimman huipun ja syvimmän laakson välinen etäisyys. Ry-arvo on mittauksen korkein Rti-arvo.

Sm	Keskilinjalla olevien profiilihuippujen välimatkojen keskiarvo mittauspituutta mitattaessa. Profiilihuippu on profiilin korkein kohta keskilinjän ylöspäisen ja alaspäisen leikkauskohdan välissä.
----	--

Taulukko 9. Koelevyn X pinnankarheusmittauksen tulokset.

X

Otos	Ra [µm]	Rq [µm]	RzDIN [µm]	Rt [µm]	Ry [µm]	Sm [µm]
1	1,50	1,90	10,20	11,60	11,20	96,00
2	1,70	2,12	11,00	12,80	12,70	125,00
3	1,62	2,08	12,00	14,40	13,10	98,00
4	1,72	2,14	11,50	16,30	14,50	112,00
5	1,64	2,10	12,00	15,60	14,50	102,00
Ka	1,64	2,07	11,34	14,14	13,20	106,60

Taulukko 10. Koelevyn 8 luonnonvärin pinnankarheusmittauksen tulokset.

LV 8

Otos	Ra [µm]	Rq [µm]	RzDIN [µm]	Rt [µm]	Ry [µm]	Sm [µm]
1	3,44	4,38	24,00	34,50	33,30	137,00
2	3,72	4,68	24,00	29,70	29,70	142,00
3	3,92	4,98	26,70	34,00	34,00	142,00
4	4,00	4,92	24,70	30,30	30,30	168,00
5	3,80	4,70	23,70	28,20	26,30	149,00
Ka	3,78	4,73	24,62	31,34	30,72	147,60

Taulukko 11. Koelevy 141 luonnonväri pinnankarheusmittauksen tulokset.

LV 141

Otos	Ra [µm]	Rq [µm]	RzDIN [µm]	Rt [µm]	Ry [µm]	Sm [µm]
1	3,74	4,76	25,50	30,80	30,80	145,00
2	4,02	5,06	27,30	33,00	33,00	157,00
3	3,60	4,56	25,90	30,30	28,20	138,00
4	3,88	4,72	23,40	28,70	28,70	160,00
5	4,10	5,30	30,80	44,90	43,60	154,00
Ka	3,87	4,88	26,58	33,54	32,86	150,80

Taulukko 12. Koelevy 174 luonnonväri pinnankarheusmittauksen tulokset.

LV 174

Otos	Ra [μm]	Rq [μm]	RzDIN [μm]	Rt [μm]	Ry [μm]	Sm [μm]
1	3,86	4,92	25,60	35,70	35,70	146,00
2	4,04	5,04	27,30	37,20	32,00	155,00
3	4,18	5,18	26,30	32,00	32,00	153,00
4	4,02	5,10	26,30	32,80	32,80	142,00
5	3,56	4,74	29,00	44,70	44,40	143,00
Ka	3,93	5,00	26,90	36,48	35,38	147,80

Taulukko 13. Värjätyin koelevyn 94 pinnankarheusmittauksen tulokset.

V 94

Otos	Ra [μm]	Rq [μm]	RzDIN [μm]	Rt [μm]	Ry [μm]	Sm [μm]
1	3,76	4,82	28,80	38,40	36,40	147,00
2	3,90	5,04	29,60	48,30	42,90	152,00
3	4,60	5,14	27,10	31,70	30,40	149,00
4	3,82	4,70	23,20	27,30	25,20	146,00
5	4,04	5,02	26,60	32,40	30,10	163,00
Ka	4,02	4,94	27,06	35,62	33,00	151,40

Taulukko 14. Värjätyin koelevyn 143 pinnankarheusmittauksen tulokset.

V 143

Otos	Ra [μm]	Rq [μm]	RzDIN [μm]	Rt [μm]	Ry [μm]	Sm [μm]
1	3,86	4,82	25,30	30,80	28,40	157,00
2	3,96	5,08	28,00	33,40	33,00	155,00
3	4,22	5,32	27,20	32,40	32,30	161,00
4	4,14	5,20	26,30	29,60	28,30	146,00
5	4,14	5,36	29,60	34,90	34,80	130,00
Ka	4,06	5,16	27,28	32,22	31,36	149,80

Taulukko 15. Kooste koelevyjen keskiarvoista.

Näyte	Ra [μm]	Rq [μm]	RzDIN [μm]	Rt [μm]	Ry [μm]	Sm [μm]
X	1,64	2,07	11,34	14,14	13,20	106,60

8	3,87	4,73	24,62	31,34	30,72	147,60
141	3,87	4,88	26,58	33,54	32,86	150,80
174	3,93	5,00	26,90	36,48	35,38	147,80
94	4,20	4,94	27,06	35,62	33,00	151,40
143	4,06	5,16	27,28	32,22	31,36	149,80

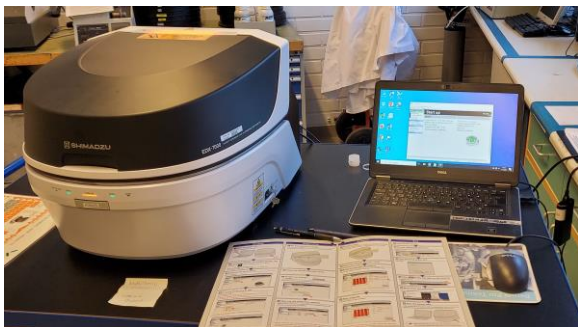
Pinnankarheuksia mitattaessa arvo Ra eli keskiarvo pinnan epätasaisuuksien poikkeamista keskilinjasta on olennaisin arvo. Pinnoitus Helinin näytelevyjen Ra-arvojen keskiarvo oli 3,98 μm ja näytelevy X oli 1,64 μm . Yhtälöllä $100 \cdot (3,98 - 1,64) / 3,98$ laskettuna Pinnoitus Helinin näytteet olivat 58,8 % karheammat kuin näytelevy X. Pinnankarheuseron voi havaita sormin.



Kuva 21. Taylor-Hobson Surtronic 3+ pinnankarheusmittari.

5.6 XRF-analyysi

Alkuaineanalyysi suoritettiin kuvan 22 Shimadzu EDX-7000 XRF-alkuaineanalyysilaitteella, joka kalibroitiin ennen mittauksia. Laite ei analysoi kevyitä alkuaineita, kuten happea. Taulukossa 16 mustat arvot ovat kaikkien pinnoitettujen näytelevyjen alkuaineet prosentuaalisesti. Punaiset arvot ovat näytelevy X:n ja 94:n alkuaineet ilman pinnoitusta. Pinnoite poistettiin niistä hiekkapaperilla ja natriumhydroksidikylvällä.



Shimadzu EDX-7000 XRF-analysilaitte.

Taulukko 16. Näytelevyjen alkuaineet prosentuaalisesti. Mustat arvot ovat pinnoitettuja levyjä ja punaiset ovat ilman pinnoitusta.

Kuva 22.

	X [%]	8 [%]	141 [%]	174 [%]	94 [%]	143 [%]	X AI [%]	94 AI [%]
Al	71,418	71,564	72,354	76,178	75,091	74,041	98,965	97,31
S	22,992	20,034	19,998	18,067	20,733	20,394		
Cl	2,747							
K	0,844						0,053	0,036
Fe	0,765	1,277	1,266	1,345	1,248	1,227	0,375	0,624
Ni	0,336					0,539		
Cu	0,217	0,204	0,167	0,219	0,147	0,127	0,086	0,101
Mn	0,205	1,231	1,264	1,307	1,203	1,190	0,105	0,685
Cr	0,178	0,065	0,062	0,067	0,363	0,331	0,064	0,033
Ca	0,074	0,020			0,005	0,020	0,071	0,052
V	0,067	0,049	0,055	0,059	0,050	0,054	0,032	0,025
Zn	0,065	0,103	0,108	0,118	0,115	0,108	0,028	0,042
Ga	0,049	0,045	0,046	0,069	0,044		0,01	0,012
Ti	0,043	0,085	0,079	0,087	0,072	0,071	0,018	0,028
Si		2,855	2,160			1,567	0,158	1,016
Ni		2,025	1,923	2,064	0,596		0,014	0,02
Ta		0,186	0,296	0,191	0,322	0,330		
Co			0,208	0,214				
Bi			0,014	0,016	0,011			
W		0,032						
Ir							0,022	0,016

XRF-alkuaineanalyysissä nähdään, että näytelevy X on eri alumiiniseosta, kuin muut näytelevyt. Niissäkin alkuaineet hieman vaihtelevat, vaikka kaikki muut paitsi X olivat alumiiniseosta EN AW-6082. Näytelevy X oli melkein 99-prosenttista alumiinia, kuin

näytelevy 94 oli vain 97-prosenttista alumiinia. Tuloksissa näkyvät suuret rikkihappojäämistä aiheutuivat todennäköisesti pinnoitusliuoksista eli rikkihappojäämistä.

5.7 Taber

Kulutuskestävyydestä suoritettiin kaikille koelevyille. Laikkana käytettiin CS-17-karheutta. Painoina käytettiin 1000 g ja punnitus tehtiin 1000 kierroksen välein. Laikat teroitettiin jokaisen koelevyn jälkeen. Levy pyöri 1000 kierrosta ja 16 minuuttia, joten minuutissa levy pyöri 62,5 kierrosta. Taulukosta 17 nähdään koelevyjen Taber-testin tulokset. Levyjen sähkönjohtavuus ja paino on mitattu kolmen desimaalin tarkkuudella jokaisen 1000 kierroksen jälkeen. Viimeisellä punnituksella levy on ollut jo sähkönjohtava. Kuvista 20 nähdään, kuinka Taber-testi kulutti näytelevyjen pintaa. Kuvista 24 nähdään Taber kulutuskestävyyslaite.

Taulukko 17. Taber-testin tulokset.

Kierrokset	0	1000	2000	3000	4000	5000
	Alkupaino [mg]	[mg]	[mg]	[mg]	[mg]	[mg]
X	24,276	24,270	24,265	24,261	24,256	24,248
8	71,440	71,433	71,431			
141	75,627	75,622	75,620			
174	77,201	77,193				
94	76,189	76,182	76,180			
143	75,895	75,887				



Kuva 23.

Kuvat pinnotteista Taber-testin jälkeen.

Tabertestissä mitataan painon menetystä milligrammoina eli kuinka paljon materiaalia on poistunut hankautumalla. Se lasketaan kaavalla:

$$L = A - B \quad (5)$$

jossa L on massan menetys, A on massa ennen hankausta ja B on massa hankauksen jälkeen.

$$L_x = 24,276 - 24,248 = 0,028 \text{ mg}$$

$$L_8 = 71,44 - 71,431 = 0,009 \text{ mg}$$

$$L_{141} = 75,627 - 75,62 = 0,007 \text{ mg}$$

$$L_{174} = 77,201 - 77,193 = 0,008 \text{ mg}$$

$$L_{94} = 76,189 - 76,18 = 0,009 \text{ mg}$$

$$L_{143} = 75,895 - 75,887 = 0,008 \text{ mg}$$

Pinnoitus Helinin näytteiden painohäviön keskiarvo oli 0,0082 mg ja näytelevy X:n 0,028 mg. Yhtälöllä $100 \cdot (0,028 - 0,0082) / 0,028$ laskettuna nähdään, että Pinnoitus Helinin näytteistä lähti massaa 70,7 % vähemmän, kuin näytelevy X:stä.

Taber kulutustestissä lasketaan myös kulumisindeksi, joka ilmaisee kulumisnopeuden ja se lasketaan milligrammoissa tuhatta kulumissykliä kohti. Se lasketaan kaavalla:

$$I = \frac{(A-B) \cdot 1000}{c} \quad (6)$$

jossa I on kulumisindeksi, A on näytteen massa ennen hankausta, B on näytteen paino hankauman jälkeen ja C on testisyklien lukumäärä.

$$I_x = \frac{(24,276 \text{ mg} - 24,248 \text{ mg}) \cdot 1000}{5000} = 0,0056 \text{ mg}$$

$$I_8 = \frac{(71,44 \text{ mg} - 71,431 \text{ mg}) \cdot 1000}{2000} = 0,0045 \text{ mg}$$

$$I_{141} = \frac{(75,627 \text{ mg} - 75,62 \text{ mg}) \cdot 1000}{2000} = 0,0035 \text{ mg}$$

$$I_{174} = \frac{(77,201 \text{ mg} - 77,193 \text{ mg}) \cdot 1000}{1000} = 0,008 \text{ mg}$$

$$I_{94} = \frac{(76,189\text{mg} - 76,18\text{mg}) * 1000}{2000} = 0,0045 \text{ mg}$$

$$I_{143} = \frac{(75,895\text{mg} - 75,887\text{mg}) * 1000}{1000} = 0,008 \text{ mg}$$

Pinnoitus Helinin näytteiden kumisindexin keskiarvo oli 0,0057 mg ja näytelevy X:n oli 0,0056 eli lähes sama tulos, josta nähdään, että kaikkien näytelevyjen kulumisen kestävyys oli samaa luokkaa.



Kuva 24.

Taber kulutuskestävyyslaite.

6 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli verrata kokeellisesti Pinnoitus Helin Oy:llä raesuihkupuhdistettujen ja anodisoitujen näytelevyjen tuloksia referenssinäytelevyjen tuloksiin. Käytettyjä menetelmiä olivat pinnanpaksuus-, väri-, kiilto-, visuaalinen tarkastelu, pinnankarheus-, Taber- ja XRF-analyysi. Menetelmien avulla saatiin luotettavia ja vertailukelpoisia tuloksia Pinnoitus Helin Oy:n valmistamien näytteiden ja referenssinäytteiden välille. Tulosten eroavaisuudet auttoivat Pinnoitus Helini Oy:tä kehittämään heidän prosessiaan ja lisäksi tuloksia voidaan hyödyntää myös markkinoinnissa.

Tutkimuksissa ilmeni, että Taber kokeen olisi voinut toteuttaa toisin. Siinä Kevyempi painovastus olisi antanut tarkemmat tulokset, koska pinta kului sähkönjohtavaksi liian nopeasti. Olisi saanut myös enemmän vertailutuloksia, jos näytelevyt olisivat raesuihkupuhdistettu ja anodisoitu eri parametreilla.

Tuloksista nähtiin, että Pinnoitus Helin Oy:n näytteiden pinnan paksuus on 38,5 % paksumpi kuin koepala X:n paksuus, joten lyhempi anodisointiaika voi riittää. Pinnoitus Helin Oy:n näytteet olivat 58,8 % karheammat kuin näytelevy X:n, joten raesuihkupuhdistuksessa pienempää painetta tai nopeampaa käsittelyä voisi kokeilla. Myös mikroskooppikuvista pystyi havaitsemaan, että näytelevy X:n pinta on hienojakoisempi kuin muiden näytelevyjen. Anodisointikylvyn lämpötila ja raesuihkupuhdistuskäsittelyn tyyli vaikuttaa pinnan huokoisuuteen. Luonnonvärisissä levyissä vaaleus oli samaa luokkaa silmämääräisesti tarkasteltuna, mutta väriavaruustestissä näytelevy X oli merkittävästi vaaleampi kuin Pinnoitus Helin Oy:n näytteet. Vihreäpunaisuus ja sinikeltaisuus lukemat olivat sen sijaan samoissa arvoissa. Taber testissä havaittiin, että Pinnoitus Helin Oy:n näytteistä lähti massaa 70,7 % vähemmän kuin näytelevy X:stä, mutta kulutuksenkestävyys oli sen sijaan samaa luokkaa kuin näytelevy X:llä.

Mikäli halutaan kovempi pinnoite, voi kokeilla kova-anodisointia, vaikka silloin pinnoitteesta tulee paksumpi. Se myös värjää kappaleen hieman eri väriksi kuin rikkihapoanodisointi. Pinnoitus Helin Oy voisi kokeilla raesuihkupuhdistuksessa venturisuutinta, pienempää painetta, nopeampaa käsittelyä ja laskea anodisointikylvyn lämpötilaa, jos halutaan päästä lähelle referenssinäytelevy X:n pinnoitetta.

Pinnoitus Helin Oy:n valmistamat näytteet soveltuisivat parhaiten asiakkaille, jotka haavevat helposti puhtaana pidettävää, siistiä, esteettisesti satiinista ja viimeisteltyä pintaa. Lisäksi käytetyllä prosessilla saadaan jonkin verran koneistusjälkiä piiloon verrattuna tavalliseen anodisointiin. Saatu pinta antaa tuotteelle lisäarvoa. Pintakäsittely soveltuu erinomaisesti esimerkiksi IT- ja elektroniikkalaitteisiin sekä terveysteknologian tuotteisiin, joilta vaaditaan helppoa puhdistettavuutta, miellyttävää ulkonäköä sekä käteen sopivaa käyttömukavuutta. Pinnoitusmenetelmä on edullinen tapa lisätä metallisen tuotteen käyttöikää parantamalla pinnan korroosionkestoa ja ulkonäköä.

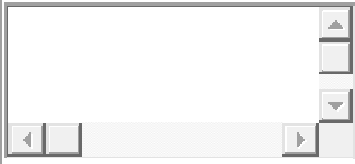
Lähteet

- 1 Kemiallinen ja sähkökemiallinen pintakäsittely, osa I. 2003. Saarijärvi: Gummerus. Kirjapaino Oy
- 2 Teknologiateollisuus ry. 2006. Alumiinit, Raaka-ainekäsikirja 5. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- 3 Junnila, Minttu. 2019. Laatukäsikirja. Pinnoitus Helin Oy.
- 4 Metalliteollisuuden keskusliitto ry. 1999. Metallien pinnoitteet ja pintakäsittelyt. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- 5 David LaPlantz. 1988. Artists anodizing aluminum, The sulfuric acid process. California: Press de LaPlantz.
- 6 Kemiallinen ja sähkökemiallinen pintakäsittely, osa III. 2001. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 7 SFS-EN ISO 8501-1. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. 2007. Osa 1: Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsittelyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut teräspinnat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 8 SFS-EN ISO 8501-3. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden arviointi silmämääräisesti. 2007. Osa 3: Hitsien, leikkaussärmien ja muiden pintavirheellisten alueiden esikäsittelyasteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 9 SFS-EN ISO 8503-2. Teräspintojen esikäsittely ennen pinnoitusta maalilla tai vastaavilla tuotteilla. Suihkupuhdistettujen teräspintojen pinnankarheuden ominaisuudet. 2012. Osa 2: Raesuihkupuhdistetun teräksen pintaprofiilin arviointimenetelmä. Vertailumenetelmä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 10 Verkkoaineisto. Imtekniikka <<http://imtekniikka.fi>>. Luettu 17.11.2020.
- 11 SFS-ISO 7599. Alumiini ja sen seosten anodisointi. 1989. Alumiinin anodisten oksidikerrosten yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 12 Operating instructions. Verkkoaineisto. Taylor-Hobson. <<https://www.taylor-hobson.com>>. Luettu 25.2.2021.

- 13 Verkkoaineisto. Mitaten Finland. <<http://mitaten.fi>>. Luettu 19.2.2021.
- 14 SFS-EN ISO 2813. Maalit ja lakat. 2014. Kiillon määrittäminen kulmilla 20°, 60° ja 85°. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 15 Hinkkanen, Maija. 2012. Nanopinnoitteen vaikutus kosteiden tilojen pintapuhtauteen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 16 Verkkoaineisto. Alumiinin pintaominaisuudet ja pintakäsittelyt. VTT. <<https://www.vttresearch.com>>. Luettu 3.3.2021.
- 17 Soininen, Raimo. 2005. Materiaali- ja pintakäsittelytekniikan julkaisuja no. 6; Pintakäsittelyn perusteet.
- 18 Jokinen, Isto; Kuusela, Asko; Nikkari, Tapani. 2001. Metallituotteiden maa-
laus 1. painos, Gummerus Kirjapaino Oy.

Referenssinäyte X alkuaineanalyysi

6.1.1.1 Analysis Report

No.		Operator	Anna-Liisa	
Sample Name	X	Meas.Date	2021-02-11 11:17	<input type="checkbox"/> Kuvaa ei voi näyttää.
Group	3_Standard	Comment	3ch Air-Metal	
Memo				

Measurement Condition

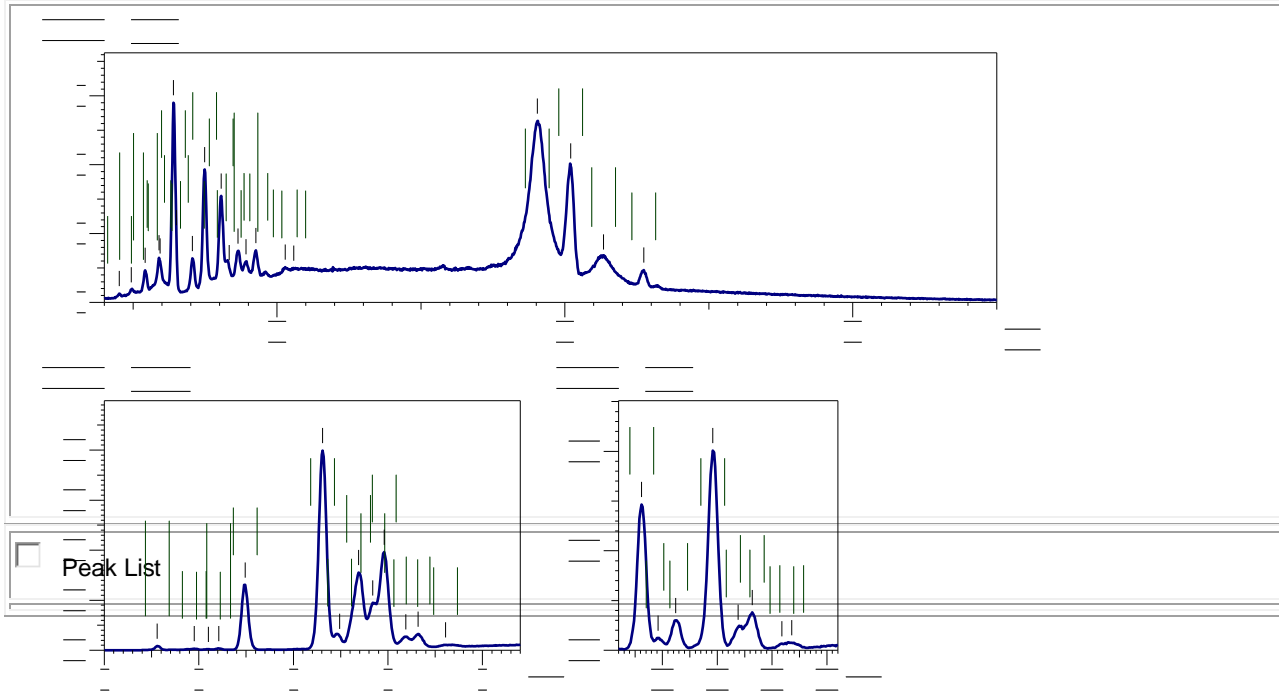
Instrument: EDX-7000 Atmosphere: Air Collimator: 10(mm)

Analyte	TG	kV	uA	FI	Acq.(keV)	Anal.(keV)	Time(sec)	DT(%)
Al-U	Rh 50	85-Auto	---	0 - 40	4.00-35.00	Live-	60	30
Na-Sc	Rh 15	841-Auto	---	0 - 20	0.00- 4.40	Live-	60	29
S-Ca	Rh 15	1000-Auto #2		0 - 20	2.10- 4.10	Live-	60	19

Quantitative Result

Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA)
Al	71.418 %	[0.640]	Quan-FP	AlKa	2.1859
S	22.992 %	[0.332]	Quan-FP	S Ka	0.7292
Cl	2.747 %	[0.082]	Quan-FP	ClKa	0.1473
K	0.844 %	[0.020]	Quan-FP	K Ka	0.1897
Fe	0.765 %	[0.007]	Quan-FP	FeKa	20.1424
Ni	0.336 %	[0.003]	Quan-FP	NiKa	13.3574
Cu	0.217 %	[0.002]	Quan-FP	CuKa	10.5940
Mn	0.205 %	[0.003]	Quan-FP	MnKa	3.9081
Cr	0.178 %	[0.006]	Quan-FP	CrKa	2.5010
Ca	0.074 %	[0.008]	Quan-FP	CaKa	0.0315
V	0.067 %	[0.007]	Quan-FP	V Ka	0.6611
Zn	0.065 %	[0.002]	Quan-FP	ZnKa	3.7219
Ga	0.049 %	[0.002]	Quan-FP	GaKa	3.3518
Ti	0.043 %	[0.007]	Quan-FP	TiKa	0.2971

Profile



LV 8 alkuaineanalyysi

6.1.1.2 Analysis Report

No.		Operator	Anna-Liisa	
Sample Name	LV 8	Meas.Date	2021-02-11 11:37	
Group	3_Standard	Comment	3ch Air-Metal	
Memo				

 Measurement Condition

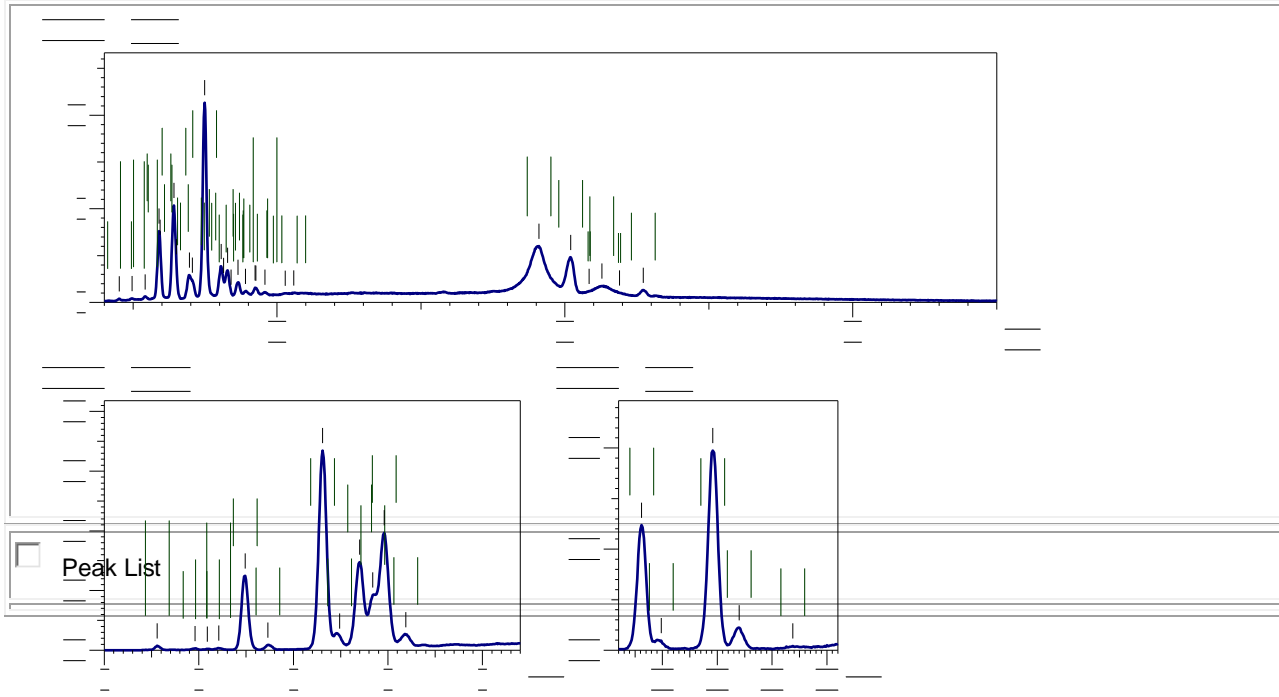
Instrument: EDX-7000 Atmosphere: Air Collimator: 10(mm)

Analyte	TG kV	uA	FI	Acq.(keV)	Anal.(keV)	Time(sec)	DT(%)
Al-U	Rh 50	63-Auto	---	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60	30
Na-Sc	Rh 15	708-Auto	---	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60	30
S-Ca	Rh 15	1000-Auto #2		0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60	26

 Quantitative Result

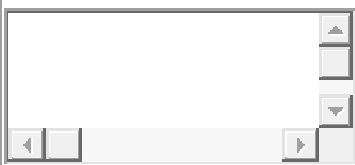
Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA)
Al	71.564 %	[0.712]	Quan-FP	AlKa	2.1049
S	20.034 %	[0.314]	Quan-FP	S Ka	0.6202
Si	2.855 %	[0.102]	Quan-FP	SiKa	0.1329
Ni	2.025 %	[0.011]	Quan-FP	NiKa	80.8329
Fe	1.277 %	[0.010]	Quan-FP	FeKa	36.5324
Mn	1.231 %	[0.011]	Quan-FP	MnKa	25.4386
Co	0.224 %	[0.003]	Quan-FP	CoKa	7.4001
Cu	0.204 %	[0.005]	Quan-FP	CuKa	9.8952
Ta	0.186 %	[0.014]	Quan-FP	TaLa	3.2481
Zn	0.103 %	[0.003]	Quan-FP	ZnKa	5.5133
Ti	0.085 %	[0.009]	Quan-FP	TiKa	0.6375
Cr	0.065 %	[0.006]	Quan-FP	CrKa	1.0079
V	0.049 %	[0.007]	Quan-FP	V Ka	0.5354
Ga	0.045 %	[0.002]	Quan-FP	GaKa	2.8532
W	0.032 %	[0.012]	Quan-FP	W La	0.5746
Ca	0.020 %	[0.005]	Quan-FP	CaKa	0.0093

 Profile



LV 141 alkuaineanalyysi

6.1.1.3 Analysis Report

No.		Operator	Anna-Liisa	
Sample Name	LV 141	Meas.Date	2021-02-11 11:24	<input type="checkbox"/> Kirjaa ei voi näyttää.
Group	3_Standard	Comment	3ch Air-Metal	
Memo				

Measurement Condition

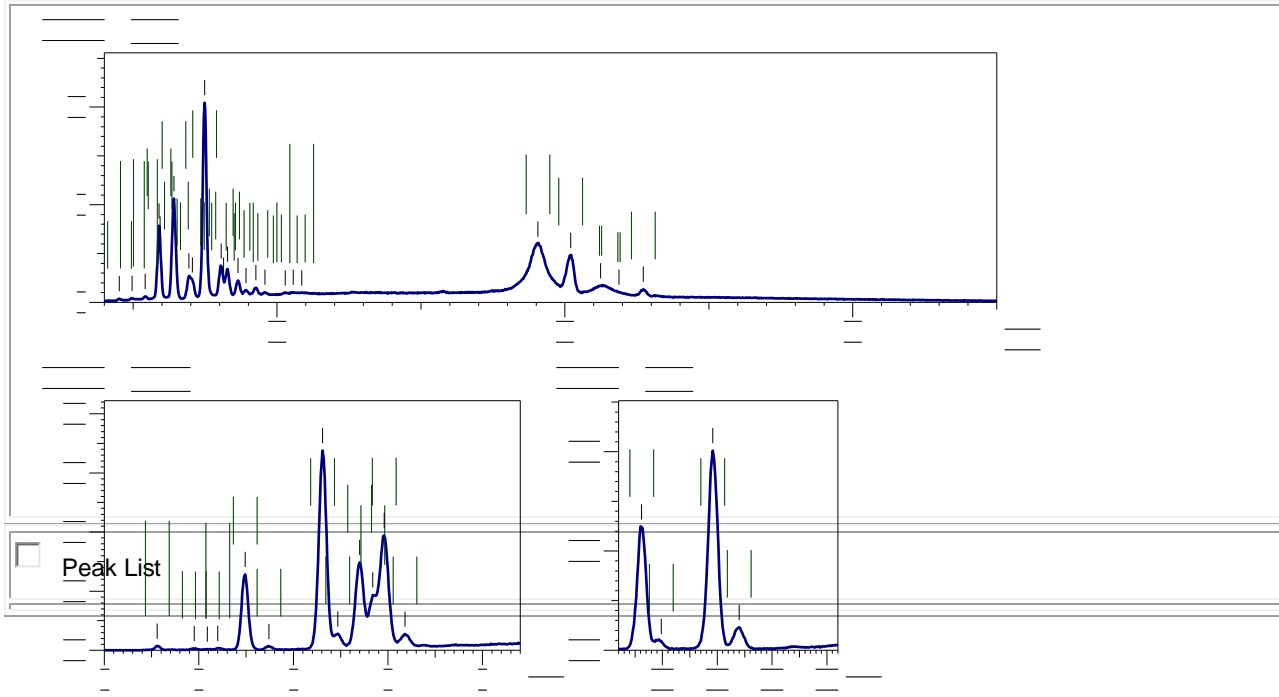
Instrument: EDX-7000 Atmosphere: Air Collimator: 10(mm)

Analyte	TG	kV	uA	FI	Acq.(keV)	Anal.(keV)	Time(sec)	DT(%)
Al-U	Rh 50	63-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live-	60	30
Na-Sc	Rh 15	676-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live-	60	29
S-Ca	Rh 15	1000-Auto #2		0 - 20	2.10- 4.10	Live-	60	26

Quatitative Result

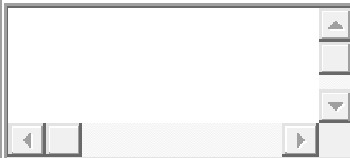
Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA)
Al	72.354 %	[0.730]	Quan-FP	AlKa	2.1545
S	19.998 %	[0.312]	Quan-FP	S Ka	0.6245
Si	2.160 %	[0.089]	Quan-FP	SiKa	0.1008
Ni	1.923 %	[0.010]	Quan-FP	NiKa	77.4150
Fe	1.266 %	[0.010]	Quan-FP	FeKa	36.5082
Mn	1.264 %	[0.011]	Quan-FP	MnKa	26.3187
Ta	0.296 %	[0.014]	Quan-FP	TaLa	5.2018
Co	0.208 %	[0.003]	Quan-FP	CoKa	6.9235
Cu	0.167 %	[0.005]	Quan-FP	CuKa	8.1740
Zn	0.108 %	[0.003]	Quan-FP	ZnKa	5.8470
Ti	0.079 %	[0.009]	Quan-FP	TiKa	0.6031
Cr	0.062 %	[0.006]	Quan-FP	CrKa	0.9700
V	0.055 %	[0.007]	Quan-FP	V Ka	0.6030
Ga	0.046 %	[0.002]	Quan-FP	GaKa	2.9905
Bi	0.014 %	[0.004]	Quan-FP	BiLa	0.4966

Profile



LV 174 alkuaineanalyysi

6.1.1.4 Analysis Report

No.		Operator	Anna-Liisa	
Sample Name	LV 174	Meas.Date	2021-02-11 11:30	<input type="checkbox"/> Kirjaa ei voi näyttää.
Group	3_Standard	Comment	3ch Air-Metal	
Memo				

Measurement Condition

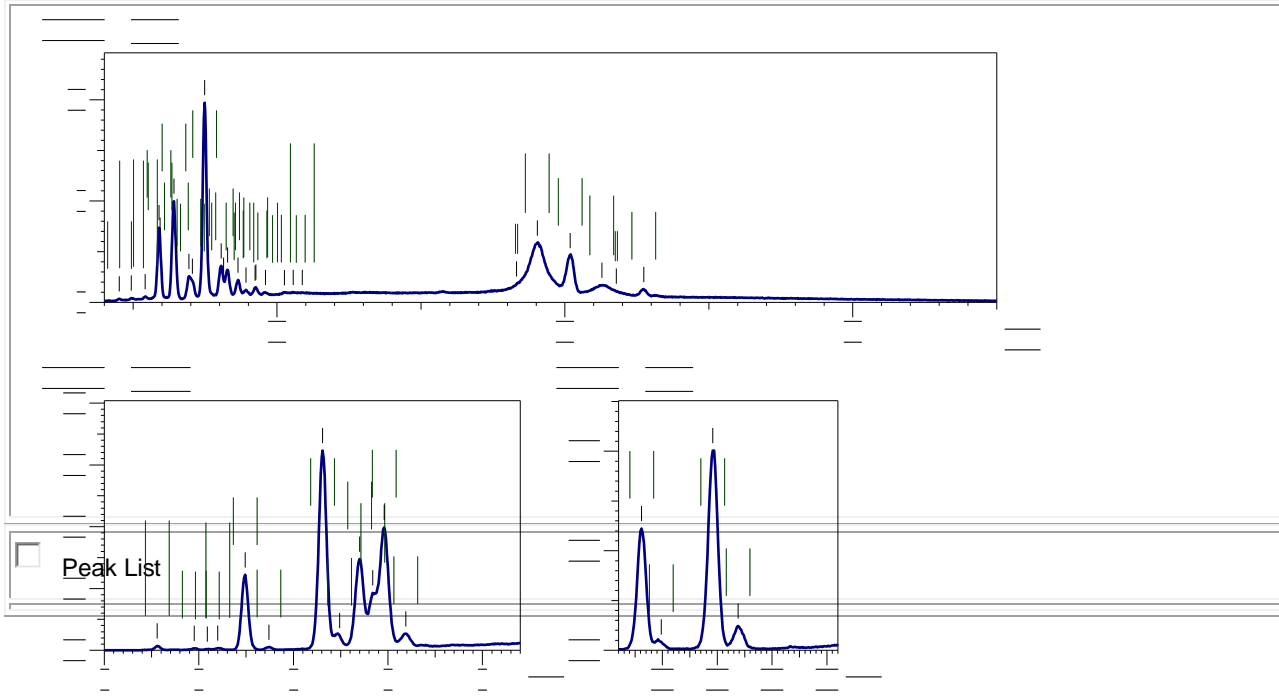
Instrument: EDX-7000 Atmosphere: Air Collimator: 10(mm)

Analyte	TG	kV	uA	FI	Acq.(keV)	Anal.(keV)	Time(sec)	DT(%)
Al-U	Rh 50	65-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live-	60	30
Na-Sc	Rh 15	734-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live-	60	30
S-Ca	Rh 15	1000-Auto #2		0 - 20	2.10- 4.10	Live-	60	25

Quantitative Result

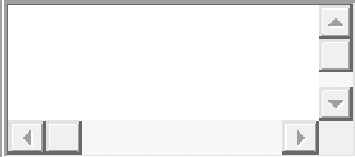
Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA)
Al	76.178 %	[0.761]	Quan-FP	AlKa	2.0285
S	18.067 %	[0.103]	Quan-FP	S Ka	6.2022
Ni	2.064 %	[0.011]	Quan-FP	NiKa	74.9528
Fe	1.345 %	[0.010]	Quan-FP	FeKa	35.2565
Mn	1.307 %	[0.012]	Quan-FP	MnKa	24.7154
Cu	0.219 %	[0.002]	Quan-FP	CuKa	9.6545
Co	0.214 %	[0.003]	Quan-FP	CoKa	6.4682
Ta	0.191 %	[0.015]	Quan-FP	TaLa	3.0208
Zn	0.118 %	[0.003]	Quan-FP	ZnKa	5.7053
Ti	0.087 %	[0.010]	Quan-FP	TiKa	0.5991
Ga	0.069 %	[0.003]	Quan-FP	GaKa	3.9725
Cr	0.067 %	[0.006]	Quan-FP	CrKa	0.9418
V	0.059 %	[0.008]	Quan-FP	V Ka	0.5931
Bi	0.016 %	[0.005]	Quan-FP	BiLa	0.5063

Profile



V 94 alkuaineanalyysi

6.1.1.5 Analysis Report

No.		Operator	Anna-Liisa	
Sample Name	V 94	Meas.Date	2021-02-11 11:43	<input type="checkbox"/> Kuvaa ei voi näyttää.
Group	3_Standard	Comment	3ch Air-Metal	
Memo				

Measurement Condition

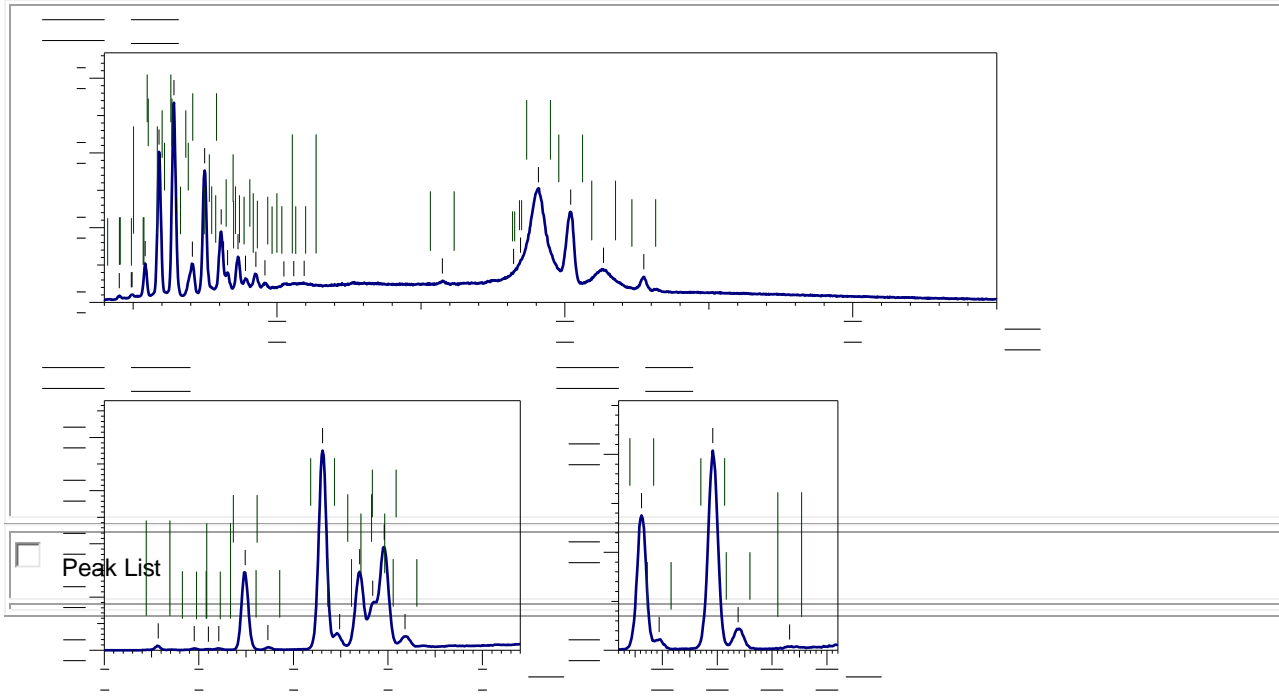
Instrument: EDX-7000 Atmosphere: Air Collimator: 10(mm)

Analyte	TG	kV	uA	FI	Acq.(keV)	Anal.(keV)	Time(sec)	DT(%)
Al-U	Rh 50	67-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live-	60	30
Na-Sc	Rh 15	767-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live-	60	30
S-Ca	Rh 15	1000-Auto #2		0 - 20	2.10- 4.10	Live-	60	23

Quatitative Result

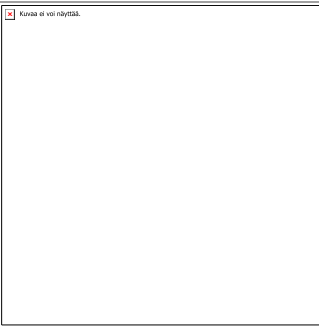
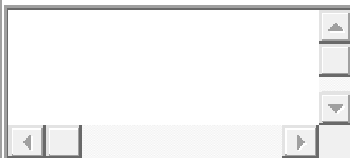
Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA)
Al	75.091 %	[0.663]	Quan-FP	AlKa	2.4776
S	20.733 %	[0.307]	Quan-FP	S Ka	0.6920
Fe	1.248 %	[0.009]	Quan-FP	FeKa	37.4976
Mn	1.203 %	[0.010]	Quan-FP	MnKa	26.2862
Ni	0.596 %	[0.005]	Quan-FP	NiKa	25.6029
Cr	0.363 %	[0.006]	Quan-FP	CrKa	5.9143
Ta	0.322 %	[0.012]	Quan-FP	TaLa	6.0814
Cu	0.147 %	[0.004]	Quan-FP	CuKa	7.7565
Zn	0.115 %	[0.003]	Quan-FP	ZnKa	7.0491
Ti	0.072 %	[0.008]	Quan-FP	TiKa	0.5773
V	0.050 %	[0.007]	Quan-FP	V Ka	0.5752
Ga	0.044 %	[0.002]	Quan-FP	GaKa	3.2430
Bi	0.011 %	[0.004]	Quan-FP	BiLa	0.4621
Ca	0.005 %	[0.005]	Quan-FP	CaKa	0.0023

Profile



V 143 alkuaineanalyysi

6.1.1.6 Analysis Report

No.	<input type="text"/>	Operator	Anna-Liisa	
Sample Name	V 143	Meas.Date	2021-02-11 11:50	
Group	3_Standard	Comment	3ch Air-Metal	
Memo				

 Measurement Condition

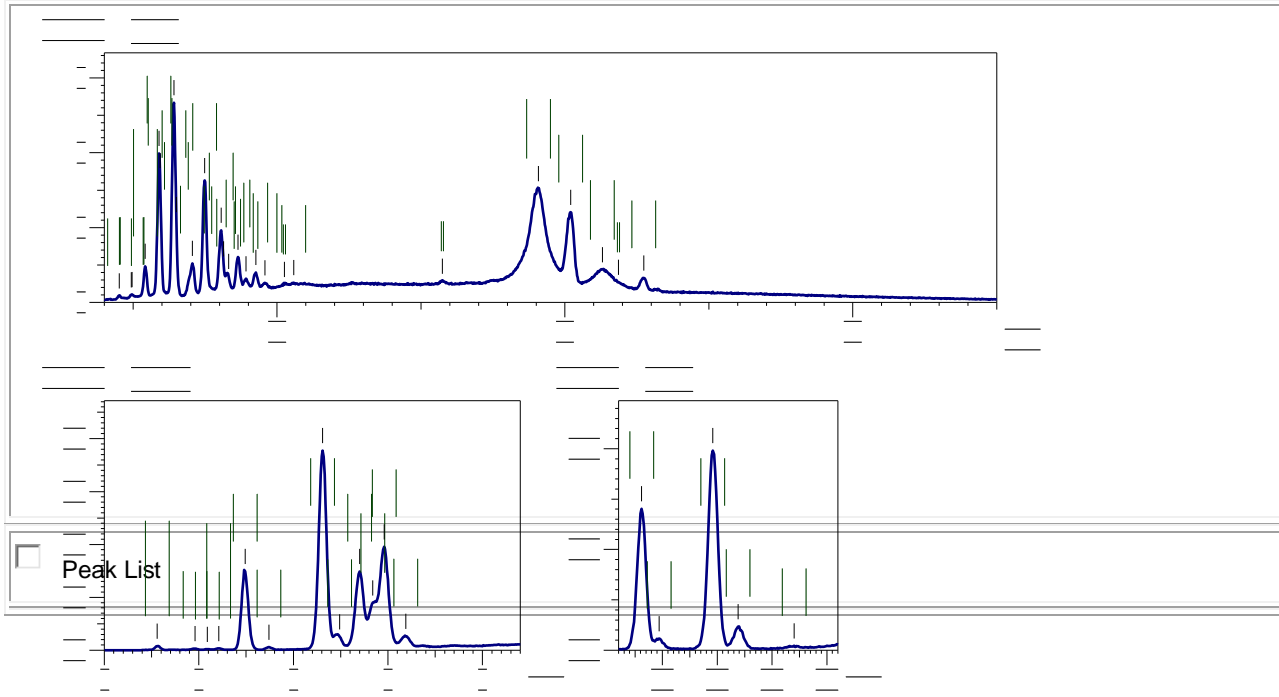
Instrument: EDX-7000 Atmosphere: Air Collimator: 10(mm)

Analyte	TG kV	uA	FI	Acq.(keV)	Anal.(keV)	Time(sec)	DT(%)
Al-U	Rh 50	67-Auto	---	0 - 40	4.00-35.00	Live- 60	30
Na-Sc	Rh 15	767-Auto	---	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 60	30
S-Ca	Rh 15	1000-Auto #2		0 - 20	2.10- 4.10	Live- 60	23

 Quantitative Result

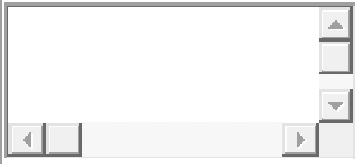
Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA)
Al	74.041 %	[0.649]	Quan-FP	AlKa	2.5199
S	20.394 %	[0.303]	Quan-FP	S Ka	0.6928
Si	1.567 %	[0.067]	Quan-FP	SiKa	0.0791
Fe	1.227 %	[0.009]	Quan-FP	FeKa	37.7968
Mn	1.190 %	[0.010]	Quan-FP	MnKa	26.6161
Ni	0.539 %	[0.005]	Quan-FP	NiKa	23.7824
Cr	0.331 %	[0.006]	Quan-FP	CrKa	5.5283
Ta	0.330 %	[0.011]	Quan-FP	TaLa	6.4051
Cu	0.127 %	[0.004]	Quan-FP	CuKa	6.8990
Zn	0.108 %	[0.003]	Quan-FP	ZnKa	6.8412
Ti	0.071 %	[0.008]	Quan-FP	TiKa	0.5829
V	0.054 %	[0.006]	Quan-FP	V Ka	0.6365
Ca	0.020 %	[0.005]	Quan-FP	CaKa	0.0101

 Profile



Näytelevyt X ja 94 alkuaineanalyysit ilman pinnoitetta

6.1.1.7 Analysis Report

No.	<input type="text"/>	Operator	Anna-Liisa	
Sample Name	X Al	Meas.Date	2021-03-01 11:06	<input type="checkbox"/> Kuvaa ei voi näyttää.
Group	2_Easy	Comment	2ch Air-Metal	
Memo				

Measurement Condition

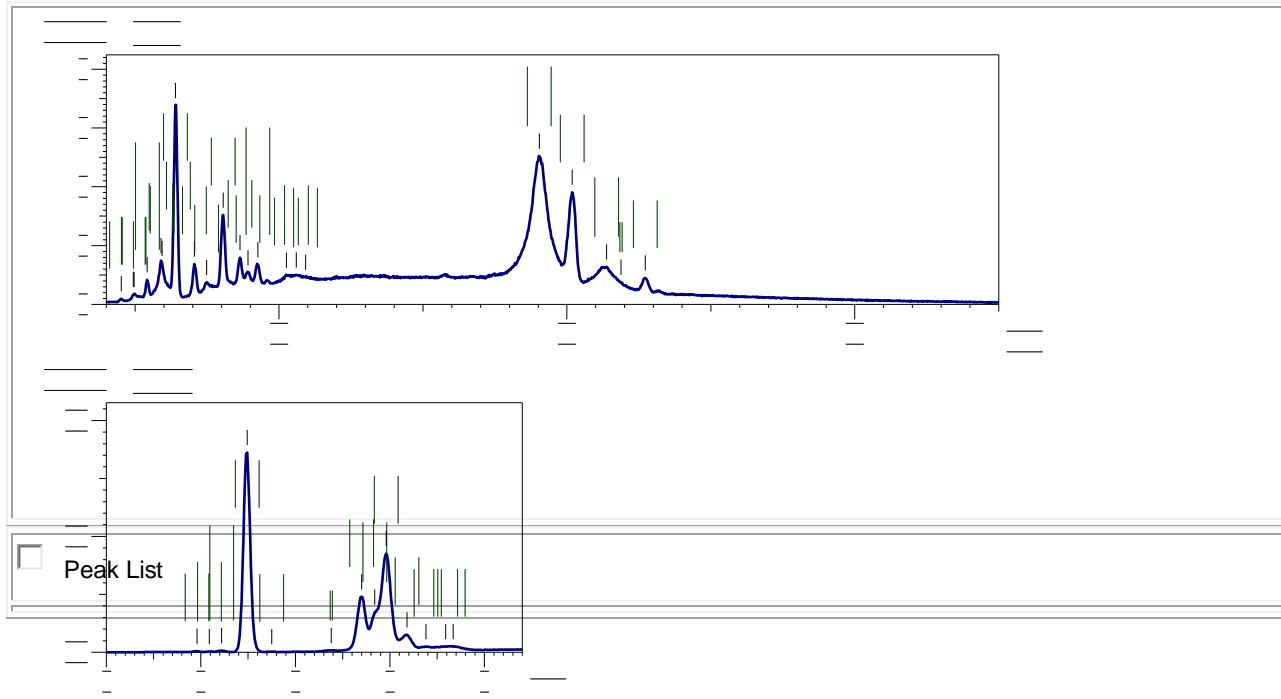
Instrument: EDX-7000 Atmosphere: Air Collimator: 10(mm)

Analyte	TG	kV	uA	FI	Acq.(keV)	Anal.(keV)	Time(sec)	DT(%)
Al-U	Rh 50	92-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live-	60	30
Na-Sc	Rh 15	984-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live-	60	30

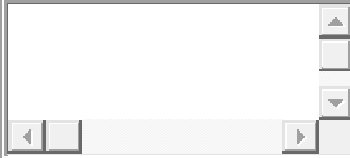
Quatitative Result

Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA)
Al	98.965 %	[0.452]	Quan-FP	AlKa	7.3147
Fe	0.375 %	[0.003]	Quan-FP	FeKa	24.1023
Si	0.158 %	[0.031]	Quan-FP	SiKa	0.0117
Mn	0.105 %	[0.001]	Quan-FP	MnKa	4.8007
Cu	0.086 %	[0.001]	Quan-FP	CuKa	10.6698
Ca	0.071 %	[0.004]	Quan-FP	CaKa	0.1703
Cr	0.064 %	[0.002]	Quan-FP	CrKa	2.1465
K	0.053 %	[0.006]	Quan-FP	K Ka	0.0778
V	0.032 %	[0.002]	Quan-FP	V Ka	0.7455
Zn	0.028 %	[0.001]	Quan-FP	ZnKa	4.0812
Ir	0.022 %	[0.002]	Quan-FP	IrLa	1.4172
Ti	0.018 %	[0.002]	Quan-FP	TiKa	0.2914
Ni	0.014 %	[0.001]	Quan-FP	NiKa	1.4186
Ga	0.010 %	[0.001]	Quan-FP	GaKa	1.7392

Profile



6.1.1.8 Analysis Report

No.		Operator	Anna-Liisa	
Sample Name	94 Al	Meas.Date	2021-03-01 11:11	<input type="checkbox"/> Kuvaa ei voi näyttää.
Group	2_Easy	Comment	2ch Air-Metal	
Memo				

Measurement Condition

Instrument: EDX-7000 Atmosphere: Air Collimator: 10(mm)

Analyte	TG	kV	uA	FI	Acq.(keV)	Anal.(keV)	Time(sec)	DT(%)
Al-U	Rh 50	69-Auto	----	0 - 40	4.00-35.00	Live-	60 30	
Na-Sc	Rh 15	803-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live-	60 29	

Quantitative Result

Analyte	Result	[3-sigma]	Proc.-Calc.	Line	Int.(cps/uA)
Al	97.310 %	[0.473]	Quan-FP	AlKa	7.9416
Si	1.016 %	[0.041]	Quan-FP	SiKa	0.0865
Mn	0.685 %	[0.005]	Quan-FP	MnKa	35.2582
Fe	0.624 %	[0.004]	Quan-FP	FeKa	45.2179
Cu	0.101 %	[0.001]	Quan-FP	CuKa	13.6298
Ca	0.052 %	[0.004]	Quan-FP	CaKa	0.1418
Zn	0.042 %	[0.001]	Quan-FP	ZnKa	6.7421
K	0.036 %	[0.006]	Quan-FP	K Ka	0.0603
Cr	0.033 %	[0.002]	Quan-FP	CrKa	1.2421
Ti	0.028 %	[0.003]	Quan-FP	TiKa	0.5184
V	0.025 %	[0.003]	Quan-FP	V Ka	0.6805
Ni	0.020 %	[0.001]	Quan-FP	NiKa	2.1462
Ir	0.016 %	[0.002]	Quan-FP	IrLa	1.1239
Ga	0.012 %	[0.001]	Quan-FP	GaKa	2.3104

Profile

