

HYBRIDIHITSAUSLINJA

Profiiliputkituotteiden leikkauspintojen ruostuminen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Tolonen, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 28	Valmistumisaika Kevät 2019
Työn nimi Hybridi hitsauslinja Profiiliputkituotteiden leikkauspintojen ruostuminen		
Tutkinto Mekatroniikan insinööri AMK		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Stalatube Oy:n hybridihitsauslinjalta valmistuvien ruostumattomien putkituotteiden päiden ruostumisen syyt. Opinnäytetyö sisältää hybridihitsauslinjan eri osa-alueiden esittelyn, josta koko linjasto koostuu, ja teoriaosuuden, jossa tutkittiin mahdollisten epäpuhtauksien vaikutusta ruostumiseen.</p> <p>Työssä syvennyttiin putken katkaisupinnan ruostumisongelmaan, joka aiheutti reklamaatioita asiakkailta. Ongelma selvittäminen alkoi linjan osa-alueiden kartoittamisella ja valmistuvien tuotteiden seurannalla. Tuotteiden seurannalla oli tarkoitus saada selville, kuinka suuri osa niistä ruostui ja kuinka nopeasti sekä oliko ulkoisilla ja/tai mekaanisilla tekijöillä vaikutusta ruostumiseen. Ulkoisia tekijöitä olivat kosteus, ilman epäpuhtaudet ja valmiin tuotteen siirto varastoon. Mekaanisia tekijöitä olivat putken katkaisussa käytettävä sahaustapa, katkaisupintojen nauhahionta ja teräsharjaus.</p> <p>Epäpuhtauksia putkien katkaisupinnoista tutkittiin valtion teknisellä tutkimuskeskuskella valo- ja elektronimikroskoopin, sekä energiadiispersio alkuaineanalysointilaitteiden avulla Stalatube Oy:n lähettämistä näytteistä.</p> <p>Lähtötilanne oli hyvä, koska hybridihitsauslinja oli ollut käytössä noin neljä vuotta ja sen ongelmista oli jo jonkunlainen käsitys. Syiden selvittämisen jälkeen hitsauslinjaan tehtävät muutokset eivät olleet mittavia ja niiden hyöty laadun parantamiselle oli suuri. Linjastolla työskenteleviä operaattoreita informoitiin tulevista muutoksista ja heidän näkemyksensä huomioitiin niitä tehtäessä.</p>		
Asiasanat Hitsauslinja, ruostumaton teräs, ruostuminen		

Abstract

Author(s) Tolonen Juha	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2019
	Number of pages 28	
Title of publication Hybrid welding line Rusting of profile tube's cutting surface		
Name of Degree Bachelor thesis of engineering (mechatronics)		
Abstract <p>The purpose of this study was to research reasons why stainless-steel tube's cutting surface get rusted in hybrid tube production line at Stalatube Lahti. Study includes introduce of the parts of production line and theory part of possibilities of outer factors which might cause rusting.</p> <p>Study deals with the problem of cutting surface rusting of tube which caused reclamations from clients. Solving the problem started with mapping out parts of production line and surveying finished products. Surveying the finished products was ment to find out how much did get rusted, how fast it happened and were there outer and/or mechanical factors which caused the problem. Outer factors were moist, air impurity and moving product to storage. Mechanical factors were cutting method, grinding and brushing.</p> <p>Material impurities from cutting surfaces were examined in VTT (Technical research center of Finland) with light microscope, electron microscope and energy dispersive spectrometer.</p> <p>The start situation was good, because the hybrid welding line has been there over four years, so some of the problems were familiar.</p> <p>After solving the rusting issue, the modifications for product line were not monumental, but the benefit in quality and customer satisfaction were big. Operators in product line were informed for the upcoming modifications and their opinions were take into account.</p>		
Keywords Welding line, stainless steel, rusting		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	2
3	HYBRIDI HITSAUSLINJA (HYB1).....	3
3.1	Hybridihitsauslinja	3
3.2	Teräsnauhan aukikelain.....	3
3.3	Teräsnauhan oikaisulaite	4
3.4	Jatkohitsauslaite	4
3.5	Teräsnauha-akku.....	5
3.6	Teräsnauhan reunahöylät	6
3.7	Teräsnauhan ohjain	6
3.8	Etumuotoilun nauhaleikkuri.....	7
3.9	Etumuotoilu ryhmä 1 ja 2	8
3.10	Hitsaus	9
3.11	Hitsaussauman höyläys	11
3.12	Jäähdytyslaitteisto	11
3.13	Viimeinen muotoiluryhmä.....	12
3.14	Pyörrevirtamittari	12
3.15	Harjaus	13
3.16	Putken katkaisu	13
3.17	Putkien siirtolaite (Walkingbeam).....	14
3.18	Nipun kasaus ja pakkaus.....	15
3.18.1	Nipun pakkaus.....	16
3.18.2	Nipun muovitus	16
3.19	Kääntölaite ja ulkorata	17
4	HYB1 PROJEKTI.....	18
4.1	Putken hionta.....	18
4.2	Putken katkaisu	19
4.3	Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkimusselostus	20
4.3.1	Valomikroskooppi	21
4.3.2	Elektronimikroskooppi.....	22
4.3.3	EDS.....	24
4.3.4	EDS analyysi	24
4.3.5	Vinohionta	25

5	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	27
	LIITTEET	28
	SELVITYS PUTKEN SAHAUSPINNAN EPÄPUHTAUKSISTA	29
	Elektronimikroskooppitarkastelu	32
	EDS-analyysit.....	35
	Vinohionta	48
	Poikkileikkausnäytteet	48

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää hybridihitsauslinjalla valmistettavien profiiliputkien katkaisupintojen ruostumisen syyt ja toimeksiantajana oli Stalatube Oy, jossa työskentelin vuosina 1999-2014 erilaisissa toimenkuvissa ja myöhemmin yhteensä vuoden verran ammattikorkeakoulun kautta toimihenkilötyöharjoittelussa. Opinnäytetyön aiheen ja työn toimeksiantajan valinta oli helppo työn toteuttamiseen työurallani saamani kokemuksen ja opittujen toimintatapojen vuoksi.

Opinnäytetyön aiheena on Hybridi profiiliputkihitsauslinja (HYB1). Ensisijaisena tarkoituksena oli selvittää olemassa oleva putkien päiden ruostumisongelma sekä mahdolliset korjausvaihtoehdot. Työn ohessa selvitettiin mekaanisten muutosten tarpeellisuus.

Suurimmat ongelmakohdat olivat linjalla valmistettavien putkien katkaisupinnat, seinämävahvuudeltaan paksuimpien ja raaka-aineeltaan haastavimpien tuotteiden saanto ja häiriöajat. Näitä asioita ratkomalla saataisiin parannettua laatua ja saantoa hitsauslinjalla, mikä vaikuttaisi tuotteen läpimenoaikaan ja toimitusvarmuuteen.

Hitsauslinjalla tarkoitetaan laitteistokokonaisuutta, jolla voidaan valmistaa tässä tapauksessa jatkuvahitsaustyyppisesti profiiliputkea ruostumattomista teräsmateriaaleista. Putket valmistetaan teräsnauhasta, jota muokataan profiiliputken muotoiseksi sen kulkiessa useiden muokkausryhmien läpi. Profiiliputki on yleensä joko neliön tai suorakaiteen muotoista.

Vastaavanlaisesta putkilinjasta on aikaisemmin tehnyt opinnäytetyön Pykäläinen Marko vuonna 2008, mutta se kohdistui samassa tuotantotilassa toimivaan pyöreämuotoiluhitsauslinjaan ja siinä käsiteltiin hitsauksen modernisointia muiden silloisten hitsauslinjojen tasalle.

Työ aloitettiin listaamalla työvaiheet ja osa-alueet, joista linja kokonaisuudessaan koostuu. Avuksi sain linjalla työskentelevät operaattorit, mekaniikasta ja automaatiosta vastaavat insinöörit.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Stala-yhtiöt perustettiin vuonna 1972, jolloin yhtiön perustaja Reino Rajamäki osti UPO valimolta pesupöytäbisneksen ja yhtiö aloitti pesupöytien valmistuksen ruostumattomasta teräksestä. (Naskinen 2012). Suurkeittiöihin valmistetut altaat vaativat ruostumattomasta teräksestä valmistetun runkorakenteen, tämä johti siihen, että vuonna 1974 perustettiin Stalatube Oy, silloin runkoon tarvittavia tuotteita ei saanut Euroopasta muualta kuin Ranskasta ja niiden hinta rahteineen kasvoi hyvin kalliiksi, joten ensimmäiset putkilinjat tilattiin yhtiölle ja putken valmistus aloitettiin. (Stalatube 2019b).

Stalatube Oy on kasvanut yhdeksi maailman johtavista ruostumattomien profiiliputkien valmistajista ja tällä hetkellä vienti kattaa 90 % liikevaihdosta ja jokaisen maanosan ja 50 eri maata. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Lahdessa ja myyntikonttoreita on Yhdysvalloissa, Hollannissa, Puolassa ja Intiassa. Teollisuudenalat, joihin ruostumattomia putkia myydään, on kuljetus-, rakennus-, elintarvike- ja ydinvoimateollisuus. (Stalatube 2019a).

Profiiliputki valikoimaan kuuluu 25 mm x 25 mm 300 mm x 300 mm, jotka voidaan valmistaa hitsauslinjoilla. Seinämävahvuudet pienemmissä profiileissa 1,0 mm-3,0 mm, keskikokoisissa 1,5 mm - 6,00 mm ja suurimmissa 2,0 mm - 12,0 mm, sekä erikoistuotteissa 500 mm x 500 mm on ainevahvuus jopa 20,0 mm tai 1000 mm x 1000 mm x 10,0 mm ja ne valmistetaan hitsaamalla kaksi U-muotoon särmättyä levyä toisiinsa.

Teräslaatuina ovat

- ruostumattomat teräkset
- haponkestävät teräkset
- ferriittiset ruostumattomat teräkset
- duplex- ja lean duplex-teräkset

(Stalatube 2019a).

3 HYBRIDI HITS AUSLINJA (HYB1)

3.1 Hybridihitsauslinja

Kyseinen hitsauslinja koostuu pääosin 18 eri osa-alueesta, joissa putki muotoutuu profiilimalliseksi ja pakataan kuljetusvalmiiksi asiakkaalle.

Hitsauslinjalla tarkoitetaan linjaa, jolla valmistetaan neliö- ja suorakaiteen muotoista putkea jatkuvahitsausmenetelmällä ruostumattomista teräslaaduista. Tämän linjan hitsausmenetelmät ovat HF-hitsaus (High Frequency) ja plasma + lisäainelanka hitsaus.

Seuraavissa kuvissa ja teksteissä selitän osa-alueet ja niiden toimintatarkoitukset.

3.2 Teräsnauhan aukikelain

Teräsnauhan aukikelaimen eli rainahaspeliin (kuva 1) nostetaan siltanosturilla sen hetki ajoon tarkoitettu teräsnauhakela, jonka nauhan pituus riippuu ajettavan tuotteen seinämävahvuudesta ja leveys putkikoosta. Tällä linjalla ajettavien tuotteiden seinämävahvuus on 2,00 mm - 8,00 mm, nauhan pituus noin 250 m – 750 m ja leveys 200 mm - 600 mm.



Kuva 1. Teräsnauhan aukikelain

Aukikelaimen tarkoitus on pitää kela paikallaan ja jarruttaa kelan pyörimistä siinä määrin, ettei kela pääse purkautumaan. Kelaimessa on päällepainin, jolla tarvittaessa pystytään pitämään kela paikallaan ja pyörittämään sitä käsikäytöllä, esimerkiksi siinä tilanteessa, jos tapahtuu jotain, minkä takia nauha joudutaan katkaisemaan. Kelaimessa on myös sivutuki, jolla estetään kelan purkautuminen sivusuunnassa, jos jostain syystä kela on leikkauksivaiheessa jäänyt löysäksi ja tai se on kelautunut liian sivuun.

3.3 Teräsnauhan oikaisulaite

Oikaisulaitteessa (kuva 2) oikaistaan nauhan pää, jotta se saadaan syötettyä nauhan ohjaimen. Oikaisulla helpotetaan myös nauhan pään käsittelyä ennen liittoshitsausta.



Kuva 2. Teräsnauhan oikaisulaite

Nauhan päätä oikaistaan, koska sen ollessa kelattuna kerroksittain kelalle, se on muokautunut kehän mukaan pyöreäksi. Pää oikaistaan oikaisulaitteen paininpyörällä liukuvas-tetta vasten. Laitteen avulla säästetään myös siltä, että nauhaa ei tarvitse syöttää linjalle ja nauhan päätä muokata käsin.

3.4 Jatkohitsauslaite

Teräsnauhakelan loputtua ja uuden kelan syöttämisen jälkeen, edellisen ja uuden kelan nauhojen päät tasataan jatkohitsauslaitteen (kuva 3) leikkureissa, jotta mahdolliset lika- ja päiden reunavauriot saadaan poistettua, tämän jälkeen päät ajetaan vastakkain hitsaus-pään kulku-uralle.

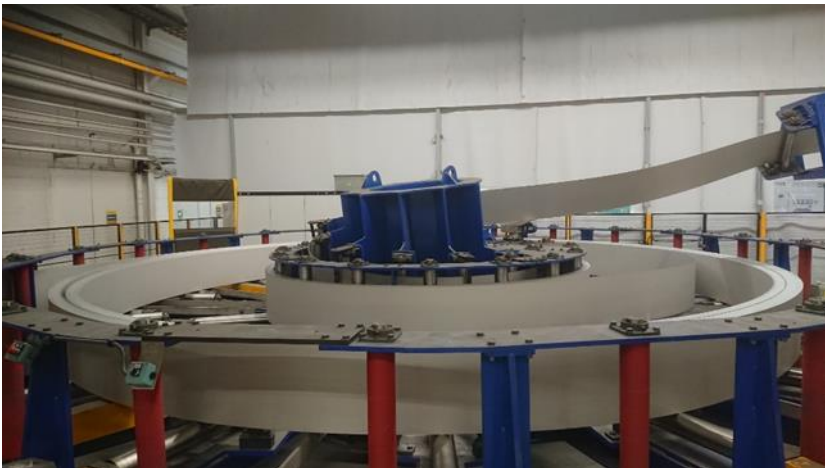


Kuva 3. Jatkohitsauslaite

Operaattori tarkistaa vielä, että päät ovat suorat ja täysin vastakkain kiinni toisissaan, minkä jälkeen operaattori käynnistää automaattihitsauslaitteen, joka on mig/mag- hitsauskone ja laite hitsaa nauhan päät yhteen yhtenäisellä saumalla.

3.5 Teräsnauha-akku

Teräsnauha-akuksi (kuva 4) kutsutaan laitetta, johon voidaan ladata etukäteen useampi kelallinen teräsnauhaa, jotta linjaa ei tarvitse sammuttaa uutta kelaä syötettäessä ja jatkettaessa.



Kuva 4. Teräsnauha-akku

Akku on karusellin näköinen vaakatasossa pyörivä laite, johon mahtuu noin 1300 metriä raaka-ainetta. Siinä on vaakatasossa pyöriviä teloja, joiden päällä nauha kulkee pystyasennossa ja pystyrullia, joita vasten nauha voi tukea putoamatta akulta pois.

Akku on tarpeellinen, koska linjan ajonopeus on teoriassa 80 metriä minuutissa, mutta käytännössä sitä ajetaan 50-60 metriä minuutissa. Linjan tämän hetkinen ajonopeus johtuu siitä, että pakkauspään mekaniikka ei kykene suurempiin nopeuksiin.

3.6 Teräsnauhan reunahöylät

Höylillä (kuva 5) viistetään nauhan reuna tiettyyn kulmaan duplex-terästen hitsausta helpottamaan. Kun reumat höylätään tiettyyn kulmaan V-muotoon, saadaan hitsauksessa optimoitua hitsausauman täyttöä ja sen kestävyyttä.



Kuva 5. Teräsnauhan reunahöylät

Laitteessa on kummallakin puolella moottorit, jotka pyörittävät jysinteriä, jotka jysivät nauhan reumat ajon aikana tarvittavaan muotoon. Höylää käytetään vain duplex-teräksillä, koska materiaali hitsataan lisäainelangan kanssa. HF- (High Frequency) eli korkeataajuushitsauksessa ei käytetä reunan höyläämistä, koska tässä hitsaustavassa materiaalin reunojen täytyy olla pystysuorat ja asettua tasan toisiaan vasten.

3.7 Teräsnauhan ohjain

Laitteella nimensä mukaan ohjataan nauhaa ohjainrullien avulla. Tarkoitus on pitää nauha linjassa etumuotoilun työkaluihin nähden, jolloin nauha ei pääse liikkumaan sivusuunnassa työkaluissa.



Kuva 6. Teräsnauhan ohjain

Ohjaimessa (kuva 6) on keskellä etureunassa näkyvä suurempi siirtopyörä, jota pyörittämällä voidaan kaikkia kahdeksaa ohjainrullaa siirtää eteen tai taakse yhtä aikaa ja kaksi pienempää kuusikantaista siirtopyörää, joilla voidaan leventää ja kaventaa ohjainrullien väliä materiaalin leveyden mukaan.

3.8 Etumuotoilun nauhaleikkuri

Tätä nauhaleikkuria (kuva 7) käytetään vain niissä tapauksissa, joissa alkupään muotoilulle tarvitsee tehdä suurempia huoltoja, esimerkiksi työkalujen uusintaa tai muuta suurempaa remonttia. Näissä tapauksissa nauha ei voi olla työkalujen välissä, koska se olisi huoltamisen tiellä.



Kuva 7. Etumuotoilun nauhaleikkuri

Leikkurissa on kaksi terää, joista ylempi on noin 15:n asteen kulmassa alempaan nähden. Terä liikkuu ylös / alas suunnassa ja alempi terä on kiinteästi kiinni rungossa. Terien välinen leikkausvälys säädetään materiaalipaksuuden mukaan.

3.9 Etumuotoilu ryhmä 1 ja 2

Linjan ensimmäisessä kuuden muotoilupyöräparin muotoiluryhmässä 1. (kuva 8) nauhasta muotoillaan neliön tai suorakaiteen muotoinen avoin profiili (kuva 9).



Kuva 8. Etumuotoilu ryhmä 1.



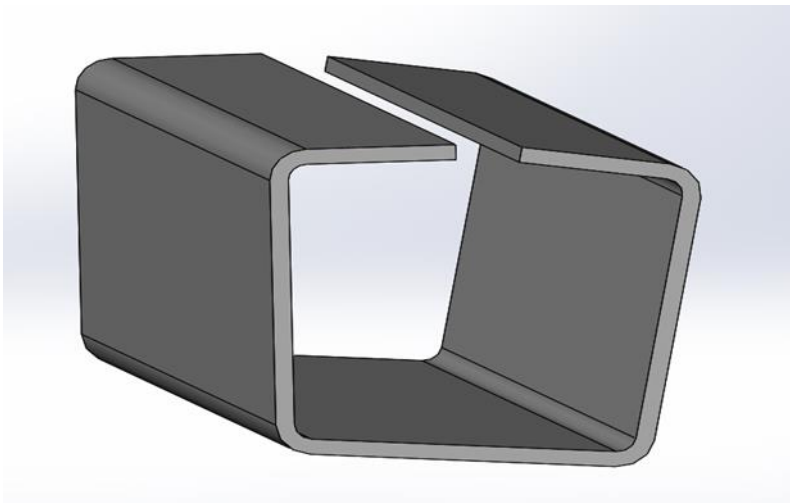
Kuva 9. Putken muoto etumuotoiluryhmä 1. jälkeen

Tuotteen muotoa muokataan vähän kerrallaan, jotta sauman hitsaus onnistuisi. Hidas muokkaus on tehokas tapa saada materiaalin jännitykset kuoletettua. Jos muokkaus tapahtuisi nopeammin, vaadittaisiin hitsauksen jälkeen tukirullia, jotta kuuma sauma ei halkeaisi, kun saumaa jäähdytetään vedellä.



Kuva 10. Etumuotoiluryhmä 2.

Etumuotoiluryhmässä 2 (kuva 10) on neljä pukkia, joissa jokaisessa kolme pystytyökalua ja kaksi vaakatyökalua, joilla putkea muotoillaan taas lähemmäksi profiilin lopullista muotoa. Profiili on vielä tässä vaiheessa edelleen avoin (Kuva 11.) Pukkeja on mahdollista siirtää eteen ja taakse sekä työkaluja kiinni ja auki.



Kuva 11. Putken profiili etumuotoiluryhmä 2. jälkeen

3.10 Hitsaus

Hitsaus tapahtuu hybridihitsauslinjalla enimmäkseen High Frequency -muotoisena ruostumattomilla teräksillä.



Kuva 12. Hitsaus

HF-hitsauksessa syötetään virtaa hitsattavaan kohteeseen induktiokelalla, joka muutetaan magneettikentäksi. Magneettikenttä aiheuttaa materiaalin lämpenemisen sulamispisteeseen. Hitsausrullilla painetaan materiaalin reunat yhteen, puristuksen aikana reunat hitsautuvat yhteen magneettikentän aiheuttaman kuumentumisen vaikutuksesta.

Putken sisällä on impedeeri, jonka sisällä virtaa neste. Nesteellä jäähdytetään putken sisälle johtuvaa lämpöä, näin tehostetaan magneettikentän pysymistä vakaampana.

Impedeerin tarkoitus on kasvattaa loisivirran impedanssia putken sisällä ja keskittää virtakierukan magneettivuo, jolloin hitsattavaan kohtaan saadaan enemmän energiaa. (Kent corporation 2019).

HF-hitsauksella päästään jopa 100 metriä minuutissa nopeuksiin ja on sen vuoksi tehokkaimpia jatkuvahitsausmenetelmiä. Hybridihitsauslinjalla voidaan hitsata myös plasma + lisäainelanka tavalla, mutta sitä käytetään ainoastaan duplex teräksillä.

3.11 Hitsaussauman höyläys

Hitsaussauman höylämisessä käytetään kolmea erillistä terää, mitkä höyläävät hitsaus-
saumaa kerros kerrokselta matalammaksi.



Kuva 13. Hitsaussauman höyläys

Höyläyksessä (kuva 13) poistetaan hitsauksessa muodostunut purse hitsaussaumasta. Höyliä on kolme peräkkäin, joissa kaikissa on nestejäähdytys ja terät, jotka höyläävät saumaa asteittain matalammaksi. Hitsaus sauman pinta saadaan tasaiseksi ja siistiksi, jotta sitä ei harjauksen jälkeen juurikaan näkyisi.

3.12 Jäähdytyslaitteisto

Jäähdytyslaitteisto on noin neljä metriä pitkä kaappi, minkä sisällä putki jäähdytetään vesiemulsiolla ja jäähdytyksestä syntyvä höyry poistetaan koneellisesti putkea pitkin suodatimeen ja sieltä ulos.



Kuva 14. Jäähdytys

Jäähdytysasemassa (kuva 14) jäähdytetään nesteellä putkea ja saumaa, jotta mittoihin puristettaessa hitsaussauma ei halkeaisi. Jäähdytysnesteinä käytetään vesiemulsiota, joka myös poistaa mahdolliset höyläyksestä jääneet epäpuhtaudet, jotka saattaisivat aiheuttaa tuotteen pintaan painaumuksia puristettaessa sitä mittoihin.

3.13 Viimeinen muotoiluryhmä

Viimeisessä muotoiluryhmässä putki puristetaan mittoihin, joiden toleranssi on $\pm 1\%$. Muotoiluryhmän toiseksi viimeisellä pukilla säädetään myös putken suoruutta ja kieroutta.



Kuva 15. Viimeinen muotoiluryhmä

Putkea puristetaan asteittain kohti sen lopullisia mittoja, jolloin se viimeisen pukin jälkeen on niissä mittoissa, jonka kokoisena asiakas on tuotteen tilannut. Tässä vaiheessa on tärkeää, että putken neljä sivua ovat puhtaat, koska niissä mahdollisesti olevat epäpuhtaudet tarttuvat työkaluihin ja aiheuttavat putken pintoihin painaumuksia, jolloin laatu kärsii.

3.14 Pyörrevirtamittari

Pyörrevirtamittarilla (kuva 16) mitataan ja seurataan hitsaussauman mahdollisia virheitä, kuten reikiä ja hitsaussauman huokoisuutta.



Kuva 16. Pyörrevirtamittari

Pyörrevirtalaite aiheuttaa magneettikentän materiaaliin, jonka muutoksia laite seuraa. Laitteen avulla virheet huomataan ajoissa ja putki, jossa virhe on huomattu, voidaan siirtää joko korjattavaksi tai romutettavaksi.

3.15 Harjaus

Harjaus-asemassa (kuva 17) on neljä paria vaakaharjoja ja neljä paria pystyharjoja. Harjat ovat käytännössä renkaan muotoisia hiomaliuskalaikkoja. Harjoja täytyy olla useampi, jotta pinta ehditään harjaamaan kunnolla linjan suuren ajonopeuden takia.



Kuva 17. Harjaus

Ruostumattomien tuotteiden neljä sivupintaa harjataan, jotta niistä saadaan mahdolliset työkalujen jättämät naarmut pois. Kun tuote on esteettisesti hyvän näköistä, se antaa myös hyvän kuvan laadukkuudesta.

3.16 Putken katkaisu

Katkaisu tapahtuu kuumasahauksella (kuva 18). Kuumasahauksessa käytetään tässä tapauksessa noin 1000mm halkaisijaltaan olevaa pyörösahanterää, jonka terässä ei ole leikkaavaa hammastusta, vaan hammastus on suora kuin hammaspyörässä ja sen tarkoitus on sulattaa materiaali poikki (kuva 25). Tämä tapa on ainoa keino sahata putki poikki tarpeeksi nopeasti, koska katkaisun on tapahduttava alle viidessä sekunnissa linjan ajonopeuden ja tuotteen standardimitan (6 metriä) takia.



Kuva 18. Kuumasaha

Muita tuotannossa käytettäviä katkaisutapoja ovat pyörösahaus, vannesahaus ja giljotini-katkaisu (kuva 26)

Pyörösaauksessa putki sahataan samalla tavalla, kuin kuumasahaussakin, mutta se soveltuu vain hitaammille ajonopeuksille terän leikkaavan hammastuksen takia ja terät ovat halkaisijaltaan paljon pienempiä.

Vannesahaussessa taas putki sahataan poikki käyttäen ohutta hammastettua vannetta, joka kiristetään kahden pyörän ympärille, joista toinen on kiinteästi rungossa oleva vetävä pyörä ja toinen vapaasti pyörivä pyörä, jolla vanne kiristetään sopivaan tiukkuuteen. Vannesahaussa on myös pienet ohjuripyörät joilla ohjataan ja pidetään hammastus kohtisuorassa katkaistavaa materiaalia kohden.

3.17 Putkien siirtolaite (Walkingbeam)

Katkaisun jälkeen putki siirtyy rataa pitkin oikeanpuoleiselle siirtolaitteelle (walkingbeam) (kuva 19), joka siirtää askeltamalla putket hiomalaitteille, missä putken päät hiotaan hiomanauhoilla ja teräsharjoilla ja sen jälkeen niputuslaitteelle.



Kuva 19. Putkien siirto laitteisto ja putken päiden hionta (Walkingbeam)

Päiden käsittelylaitteistot ovat kummassakin päässä siirtolaitteistoa, joihin kuuluu hiomanauha ja teräsharjat. Siirtolaite toimii myös putkien välivarastona. Päiden käsittelyssä poistetaan putken päistä katkaisussa syntyneet purseet ja terävät reunat. Jos tuotteen hitaussaumassa on havaittu virheitä, ne voidaan siirtää vasemmalla näkyviin kahteen romutus- ja korjausosioon.

3.18 Nipun kasaus ja pakkaus

Nipun kasaus tapahtuu automaattisesti laitteella (kuva 20) missä valmis tuote tulee siirtimeltä pakkaustasolle. Pakkaustasolla putket ajetaan vierekkäin kiinni toisiinsa ja ladotaan rivi kerrallaan päällekkäin.



Kuva 20. Nipun kasauslaite

Nipun saavuttaessa ennalta määrätty koko, automaattinen siirtolaite siirtää nipun kuljettimelle, mikä vie nipun vanteutuslaitteelle. Nipun koko riippuu tuotteen dimensiosta ja ainevahvuudesta ja sen paino on keskimäärin 1500 Kg.

3.18.1 Nipun pakkaus

Vannekoneessa (kuva 21) nipun ympärille kiristetään muovivanne, jonka tarkoitus on pitää putkinippu koossa.



Kuva 21. Nipun vanteutus

Tässä vaiheessa pakkausoperaattori puhaltaa paineilmailla epäpuhtaudet putken sisältä pois ja poistaa putken päihin jääneet mahdolliset terävät reunat ja purseet kulmahiomakoneella.

3.18.2 Nipun muovitus

Muovituskoneella (kuva 22) putkinipun ympärille pyöritetään suojamuovi, jonka tarkoitus on suojata nippua ulkoisilta epäpuhtauksilta, kuten pöly, kosteus ja ferriittiset epäpuhtaudet, joita ulkovarastoinnissa saattaa ilmetä.



Kuva 22. Nipun suojamuovitus

Ferriittisillä epäpuhtauksilla tarkoitetaan ruostetta, jota saattaa siirtyä ruostuvista materiaaleista kuten varaston runkoteräksistä tai merikonteista, joilla tuotteet kuljetetaan ulkomaille.

3.19 Kääntölaite ja ulkorata

Muovituksen jälkeen nippu siirtyy rataa pitkin kääntölaiteelle (kuva 23), joka kääntää nipun ulkoradalle vievälle kuljettimelle (kuva 24).



Kuva 23. Nipun kääntölaite

Kuva 24. Nipun siirto ulkoradalle

Ulkoradaksi kutsuttu kuljetin siirtää niput sisältä ulos, josta varastotyöntekijä käy nostamassa niput trukilla ja kuljettaa ne varastoon. Tämän jälkeen niput kuitataan järjestelmään ja ovat valmiina asiakkaalle toimitettavaksi.

4 HYB1 PROJEKTI

Hybridihitsauslinja oli ollut käytössä noin neljä vuotta ennen harjoitteluni alkua, joten tutustuminen siihen aloitettiin käymällä linjan osa-alueet läpi silloisen mekaniikkainsinöörin kanssa. Hybridihitsauslinja on peruseriaanteeltaan saman kaltainen kuin muutkin neliömuotoilu hitsauslinjat, mutta noin puolet pidempi ja osiltaan järeämpi. Uusina asioina itselleni tuli karuselli mallinen teräsnauha-akku (kuva 4), putken kuumasahauskatkaisu (kuva 18) sekä lajittelu- ja pakkauslaitteisto (kuvat 19, 20, 21 ja 22).

4.1 Putken hionta

Ensimmäinen tehtäväni oli seurata putkien päiden käsittelylaitteistoa pakkauspuolella, jossa putkien päät hiotaan hiomanauhalla ja harjataan pyörivillä teräsharjoilla sahausjäysteen poistamiseksi. Putkissa oli ilmennyt päiden ruostumista, asiakas oli reklamoinut ja lähettänyt kyseiset putkiniput takaisin juurikin tuon ruostumisen takia.

Hiomaprosessia seurattaessa huomattiin hiomanauhakoneen tallan myötäävän liikaa, minkä vuoksi putken pää hioutui epätasaisesti. Tallaa tutkittaessa sen johteissa olevat joustokumiholkkitodettiin antavan liikaa periksi, jolloin talla pääsi kääntymään liikaa sen osuessa putken päähän.

Hiontatallan sylinteri, joka työntää tallaa ulospäin kohti putkea, oli myös iskunpituudeltaan viisi millimetriä lyhyt, jolloin hionta jäi senkin puolesta vajaaksi. Hionnan jäädessä vajaaksi putken pää muotoutuu vinoksi ja se taas aiheutti pään harjauksessa sen, että harja saattoi polttaa pään niiltä kohdista, mistä hionta oli jäänyt vajaaksi.

Hiontatallan sylinterin ongelman ratkaisuksi tuli siirtää sylinteriä viisi millimetriä ulospäin säätölevyillä. Tämän jälkeen muutettiin johteiden kumiholkkitodettiin jäykemmiksi, jolloin tallan myötääminen väheni ja hiontatulos parani huomattavasti.

Huonosti hioutuneet putken päät käsiteltiin uudestaan käsin, käyttäen kulmahiomakonetta ja siinä fiiberilaikkaa. Käsin hiominen oli hyvin työlästä, mutta kannattavaa verrattuna, että kaikki putket olisi romutettu. Toinen vaihtoehto päiden siistimiselle olisi ollut koko nipun sahaus nippusahalla, mutta sahaus olisi täytynyt ottaa huomioon lisäpituuden tarve, jotta se olisi mahdollista ja kyseessä oleviin putkiin tätä ei ollut laskettu.

4.2 Putken katkaisu

Seuraava tehtäväni oli selvittää, aiheuttaako putken katkaisu ruostumisen. Putki katkaistaan kuumasahauksella, joka tarkoittaa sitä, että sahan terän hampaissa (kuva 25) ei ole niin sanottua leikkaavaa osuutta vaan pyörimällä terä sulattaa itsensä läpi materiaalista. Tämä katkaisutapa on ainoa mahdollinen, koska putkilinjan nopeus on parhaimmillaan noin 60 metriä minuutissa, eikä tavallisilla katkaisutavoilla siihen päästä mitenkään, kuten esimerkiksi vannesahoilla ja leikkaavilla pyörösahoilla.



Kuva 25. Kuumasahausterä

Putken katkaisua seuratessa selvitettiin sahauksessa käytettävän terän materiaali, joka sisälsi runsaasti ferriittiä, eli siinä oli mahdollinen syy leikkauspintojen ruostumiselle.

Katkaisun aikana terästä irtoaa ferriittisiä partikkeleita terän hangatessa katkaistavaan materiaaliin. Otimme yhteyttä terien toimittajaan, joka vieraili tehtaalla terän valmistajan kehityshenkilön kanssa.

Otimme puheeksi terän materiaalin ja selvitimme, olisiko mahdollista valmistaa teriä esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä. Asia selvisi varsin nopeasti ja terien valmistajan mukaan ruostumattomasta teräksestä ei pystytä valmistamaan kyseistä terää, koska sen oikeanlainen karkaisu ei ole mahdollista.

Samalla kun asiaa selvitettiin, tutkin voiko sahauksessa käytettävä jäähdytysemulsio vaikuttaa ruostumiseen. Sitä varten putkista otettiin näytekappaleita katkaisupinnoista ja kastelin ne emulsiolla. Näytteet vietiin ulos altistettavaksi ne samalla ulkoisille tekijöille, joita oli kosteus ja pöly.

Kahden viikon mittaisessa kokeessa todettiin, ettei emulsiolla, kosteudella ja pölyllä ollut vaikutusta ruostumiseen, joten tämäkin tuki sitä, että ruostuminen johtuisi sahan terästä irtoavista ferriittisistä partikkeleista.

Giljotiinimallisella leikkaustavalla (kuva 26) katkaisu olisi mahdollista ja leikkauspinnan ruostumista ei tapahtuisi, mutta putkilinjalla tuotettavat putket ovat dimensioiltaan ja ainevahvuuksiltaan niin suuria, ettei sekään tule kysymykseen, koska sen kokoluokan giljotiini olisi hyvin kallis.



Kuva 26. Giljotiinileikkuri

Giljotiini (kuva 26) leikkausta käytetään enimmäkseen pienillä putkiko'illa, joissa se onkin osoittautunut hyvin tehokkaaksi leikkausmenetelmäksi. Leikkuri on johteiden päällä liikkuva yksikkö kuten muutkin, mutta leikkaus tapahtuu hydraulisyntereillä, joiden rungossa on tiettyyn kulmaan hiottu viisikulmion muotoinen teräkappale.

4.3 Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkimusselostus

Kuumasahauksessa putken pää palaa ja epäiltiin, että se aiheuttaa ruostumista. Stalatube otti yhteyttä Valtion teknilliseen tutkimuskeskukseen (VTT) ja tilasi sieltä tutkimusselosteen sinne lähetetyistä näytteistä. Näytteet olivat putken päistä katkaistuja paloja, joiden leikkauspinnat oli sahattu uudella sekä vanhalla terällä ja joko hiottu, harjattu, hiottu ja harjattu tai käsittelemätön.

Tutkimuksissa käytettiin valo- ja elektronimikroskooppia. Putkinäytteitä analysoitiin pyyhkäiselelektronimikroskooppiin (SEM) liitettyllä energiadiispersiivisellä alkuaineanalyysointilaitteella (EDS) (liite 1).

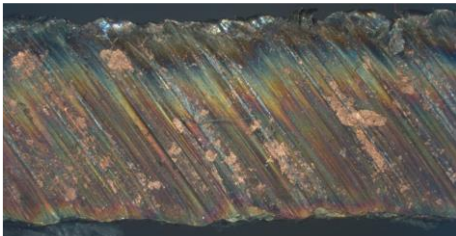
4.3.1 Valomikroskooppi

Valomikroskooppi rakentuu joukosta linsejä, joiden avulla valo ohjataan läpi tutkittavan näytteen kollektorin ja kondensorin avulla. Kondensorilla valon kulku säädetään siten, että valokimppu leikkaa tutkittavan kohteenoikeassa kohdassa, jolloin syntyvästä kuvasta saadaan tarkka. Tämän jälkeen valo kerätään ja kuvan kokoa voidaan muuttaa objektiivin ja okulaarin avulla.

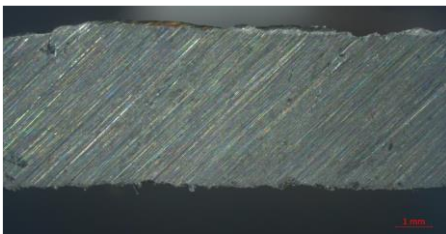
Valomikroskoopin erotuskyky on parhaimmillaan noin 200nm. Suurennosta lisäämällä ei kuitenkaan saavuteta parempaa yksityiskohtaisempaa erotuskykyä. Valomikroskooppia on eri tyyppisiä, esimerkiksi kirkas- ja pimeäkenttämikroskooppi. Kirkaskenttämikroskooppia käytetään parhaiten korkeakontrastisten näytteiden tutkimiseen. Pimeäkenttämikroskopiassa näytettä valaistaan niin, että vain näytteen rajapinnoista tuleva valo pääsee objektiiviin. (Metropolia 2014a)

Näytteiden sahauspintoja hiottiin vinosti siten, että osa pinnasta jäi hiomatta ja osa hiottiin niin syväälle, että sahauspinnoista tehtiin poikki-leikkausnäyte, joista tutkittiin epäpuhtauksien tunkeutumista SEMillä ja EDS-analysaattorilla. (liite 1)

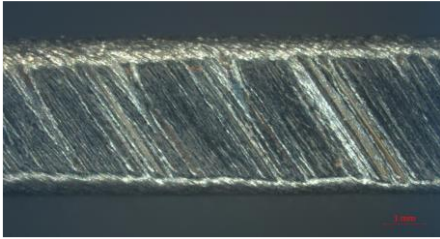
Valomikroskooppikuvissa 27-32 on esitetty valomikroskooppikuvia kunkin näytteen sahauspinnan tyypillisiltä alueilta (liite 1)



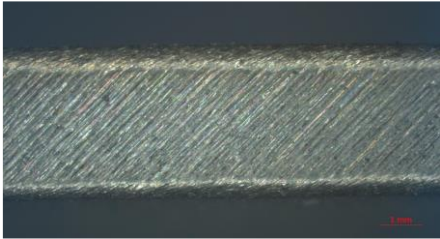
Kuva 27. Vain sahaus ilman pään käsittelyä (liite 1)



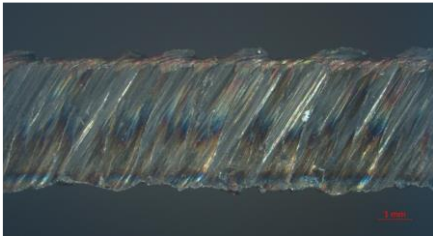
Kuva 28. Pelkkä hiomanauha (liite 1)



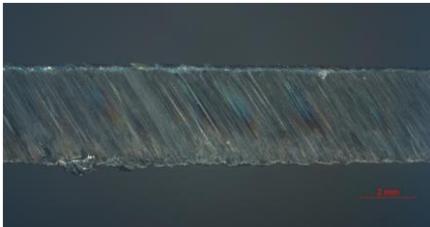
Kuva 29. Pelkkä harjaus (liite 1)



Kuva 30. Hiomanauha + harjaus (iite 1)



Kuva 31. Vanha terä (liite 1)



Kuva 32. Uusi terä (liite 1)

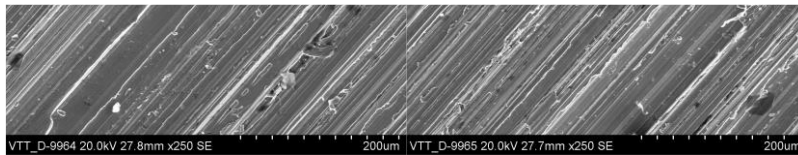
4.3.2 Elektronimikroskooppi

Elektronimikroskooppi on rakenteeltaan samanlainen mikroskooppipylvääseen koottu lins-sirakennelma kuin valomikroskooppi. Valon sijasta lähteenä toimii elektronisuihku, joka synnytetään hehkuvasta metallilangasta eli filamentista. Linsseinä käytetään sähkömag-neettisia linssejä.

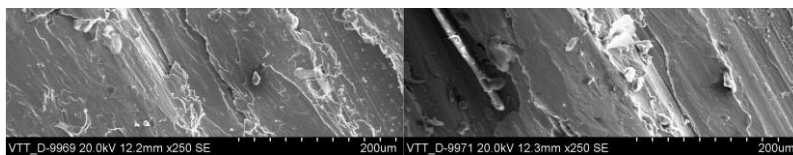
Elektronimikroskoopeilla päästään monimiljoonakertaisiin suurennoksiin ja erotuskyky on parhaimmillaan 0,07nm luokkaa.

Pyyhkäisyelektronimikroskoopissa (SEM, Scanning Electron Microscope) tutkittavan kohteen kuva muodostuu fluoresoivalle levylle, kun kohteen läpi ohjataan elektroneja magneettilinssien avulla. Näin saadaan hyvin yksityiskohtainen kuva näytteen pinnasta. SEM:n tyypillisiin käyttökohteisiin kuuluvatkin muun muassa pinnoitustarkastukset, murtumien syiden selvitykset, pintojen mikrobitaltuntojen tai kuten tässä tapauksessa ruostevaurioiden tarkastaminen. (Metropolia 2014b).

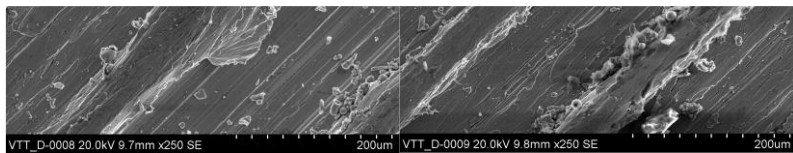
Jokaisen näytteen sahauspinnasta otettiin kuvia pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM). Suurennos x250. (liite 1)



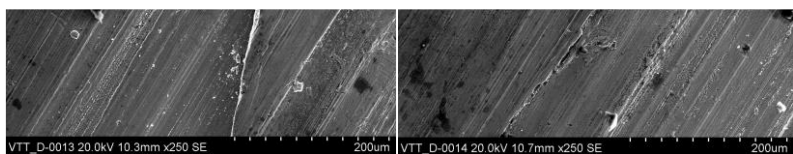
Kuva 33. Pelkkä hiomanauha (liite 1)



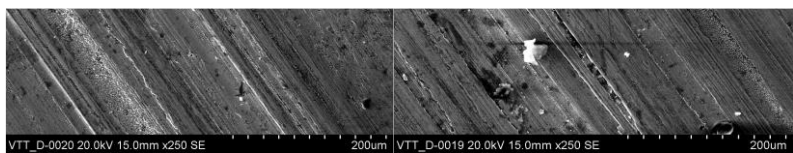
Kuva 34. Pelkkä harjaus (liite 1)



Kuva 35. Hiomanauha + harjaus (liite 1)



Kuva 36. Vanha terä (liite 1)



Kuva 37. Uusi terä (liite 1)

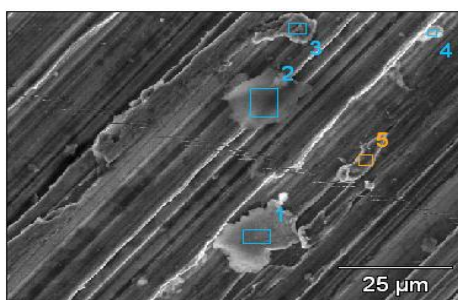
Yllä oleville pinnoille tehtiin EDS-analyysi, jossa tutkittiin mahdollisten rautapitoisten epäpuhtauksien määrä leikkauspinoista, joista seuraavaksi poimin muutaman esimerkin, koska suurimmalta osalta ne ovat samankaltaisia.

4.3.3 EDS

EDS (Energy Dispersive spectrometer) eli energiadiispersiivinen alkuaineanalyysointilaitteisto. Sitä käytetään määrittämään näytteen peruskoostumus. EDS-analyysin aikana näytettä pommitetaan elektronimikroskoopin elektronisuihkulla, eikä EDS-laitteistoa voida täten käyttää ilman SEM-mikroskooppia. EDS tunnistaa nopeasti kaikki näytteessä esiintyvät alkuaineet yhden prosentin kokonaistarkkuudella ja sen tunnistamisherkkyys on 0,1% näytteen painosta. (Yli-Hukkala 2014).

4.3.4 EDS analyysi

Kuvassa 38 nähdään viisi partikkelia ja kuvassa 39 niiden sisältämät alkuaineet.

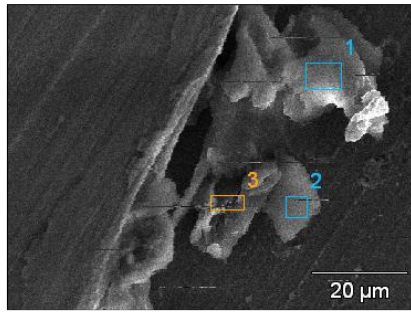


Kuva 38. Pelkkä hiomanauha (liite 1)

	C	O	Na	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
1	9,27			0,4					11,61	15,41	62,58	0,73
2	63	2,5	0,46	0,19		0,24	0,13	0,46	7		23,25	2,43
3	22,31			0,52					14,95		26,13	6,09
4	17,16			0,63					15,11		58,17	6,11
5	15,33								16,88		61,02	6,78

Kuva 39. Pelkkä hiomanauha EDS analyysi (liite 1)

Partikkelin 2 hiilipitoisuus on suuri, mutta muut partikkelit vaikuttaisivat olevan perusmateriaalia. Hiilipitoinen partikkeli sisältää myös pieniä määriä muun muassa happea, kaliumia, natriumia ja magnesiumia. (liite 1)

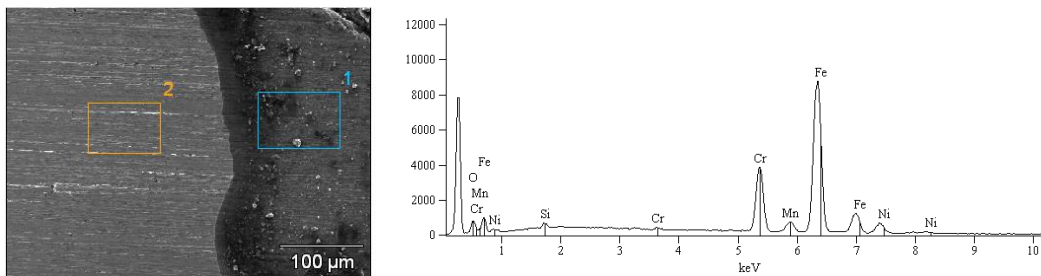


	O	Na	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
1		5,3	2,51	2,83	3,81	1,58	1,46	18,58	1,36	57,54	5,03
2	2,62		0,85				0,1	18,84	1,93	68,77	6,89
3		0,85	1,01		0,43		0,12	19,11	2,6	68,18	7,71

Kuva 40. Pelkkä harjaus ja EDS analyysi (liite 1)

Partikkeleissa oleva natriumi saattaa johtua ihokosketuksesta, jos kappaleita on käsitelty jossain vaiheessa paljain käsin, koska putken materiaalissa, katkaisuterässä ja jäähdytsemulsiossa itsessään sitä ei ole.

4.3.5 Vinohionta



Kuva 41. Vinohionta ja EDS-analyysi (liite 1)

Näytteen (vain sahaus) sahauspintaa hiottiin vinosti siten, että osa sahauspinnasta jäi koskemattomaksi ja osaa hiottiin vinosti. Kuvassa 41 nähdään näytteen sahauspintaa. Kuvan vasen reuna on hiottu pois. Sekä hiotulta alueelta noin 150μm hiotun ja hiomattoman alueen rajalta että hiomattomalta alueelta otettiin EDS-analyyskejä. Hiotulla alueella hiili- ja happipitoisuus on alhainen verrattuna hiomattomaan alueeseen. Hiotulla alueella ei havaita sahausesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Kuvan alueelta 2 hiomalla poistetun kerroksen paksuutta ei voitu mitata sen ohuuden takia. Hiottu kerros lienee enintään joitakin kymmeniä mikrometrejä (liite1).

5 YHTEENVETO

Tämä työ käsitteli Stalatuben yhtä neliömuotoiluhitsauslinjaa, jolla valmistetaan ruostumattomista teräslaaduista profiiliputkea.

Hitsauslinjan monimuotoisuuden ja osittaisen salassapitovelvollisuuden vuoksi linjaa käsiteltiin työssä vain niiltä osin, kuin se oli mahdollista ja järkevää. Työn päällimmäinen tarkoitus olikin saada selvitys putkien katkaisupintojen ruostumiselle, joka oli aiheuttanut asiakkailta reklamaatioita.

Projekti oli minulle ensimmäinen laatuaan ja antoi paljon käytännön kokemusta projektiluontoisesta ongelman ratkaisemisesta. Projektissa apunani oli yhtiön sisäinen ammattihenkilöstö, niin toimihenkilö, kuin työntekijä puoleltakin ja lisäksi ulkopuolisista muun muassa katkaisussa käytettävien terien, sekä katkaisupintojen hiomanauhojen ja teräsharjojen edustus- ja kehittämishenkilöt.

Osuuteni projektissa oli selvittää, oliko sen hetkisellemme katkaisutavalle vaihtoehtoa, sekä hiomanauhojen kyky poistaa leikkauspinnasta tarpeeksi epäpuhtauksia ja ulkoisten tekijöiden vaikutusten määrittäminen ruostumisessa.

VTT:n tutkimusselostuksen perusteella voidaan todeta, ettei katkaisutavan muutokselle ole tarvetta, koska epäpuhtaudet katkaisupinnassa ovat vain pinnallisia (liite 1).

Epäpuhtauksien poistaminen nauhahionnalla ja teräsharjauksella on riittävä, kunhan nauhahionta saadaan toimimaan toivotulla tavalla. Tämä tarkoittaa sitä, että päidenkäsittelylaitteisto on saatava toimimaan siten, että nauhahionta-aikaa pystytään nostamaan tarpeeksi korkeaksi, jotta se kykenee hiomaan tarpeeksi paljon leikkauspinnasta pois riippumatta hitsauslinjan ajonopeudesta, materiaalin paksuudesta ja putken dimensiosta.

Harjauksella ei ole suurta vaikutusta ruostumiseen, vaan sen tarkoitus on ainoastaan poistaa nauhahionnassa reunoihin jäävä purse ja pyöristää hieman teräviä reunoja.

LÄHTEET

Kent Corporation 2019. What is an impeder?How it works? [viitattu 30.4.2019].

Saatavissa: <https://www.kenttesgo.com/consumable-products/impeders.html>

Metropolia 2014a. Valomikroskopia [viitattu 30.4.2019]. Saatavissa:

<https://wiki.metropolia.fi/display/alykas/Mikroskopia>

Metropolia 2014b. Elektronimikroskooppi [viitattu 30.4.2019]. Saatavissa:

<https://wiki.metropolia.fi/display/alykas/Mikroskopia>

Naskinen, K 2012. Resuperseestä miljonääriksi [viitattu 30.4.2019]. Saatavissa: [http://nas-](http://naskinen.blogspot.com/2012/11/resuperseesta-miljonaariksi.html)

[kinen.blogspot.com/2012/11/resuperseesta-miljonaariksi.html](http://naskinen.blogspot.com/2012/11/resuperseesta-miljonaariksi.html)

Stalatable 2019a. Tuotteet & palvelut [viitattu 30.4.2019]. Saatavissa:

https://www.stalatable.com/fi/tuotteet_palvelut/

Stalatable 2019b. Yritys [viitattu 30.4.2019]. Saatavissa:

<https://www.stalatable.com/fi/yritys/>

Yli-Hukkala, K 2014. Pyyhkäisyelektronimikroskoopin käyttö materiaaliympäristössä

[viitattu 30.4.2019]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72892/Yli-Hukkala_Kalle.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LIITTEET

LIITE 1: VTT Oy 2018.Tutkimusselostus NRO VTT-S-00241-18. Tutkimus. Stalatube.



Selvitys putken sahauspinnan epäpuhtauksista

Tilaaaja: Stalatube Oy



VTT EXPERT SERVICES OY

Asiakas

Stalatube Oy
Taivalkatu 7
15170 Lahti

Lari Brask

Tilaus

Sähköposti 11.12.2017 / Lari Brask

Yhteyshenkilö

VTT Expert Services Ltd
Antero Pehkonen
Biologinkuja 7
PL 1001
FI-02044 VTT
020 722 4284
E-mail antero.pehkonen@vtt.fi

Selvitys putken sahauspinnan epäpuhtauksista

Näytteet

Ruostumattomia teräspannäyhteitä, materiaalista AISI 304L.

Tutkimukset

Tutkimus koostui seuraavista osista:

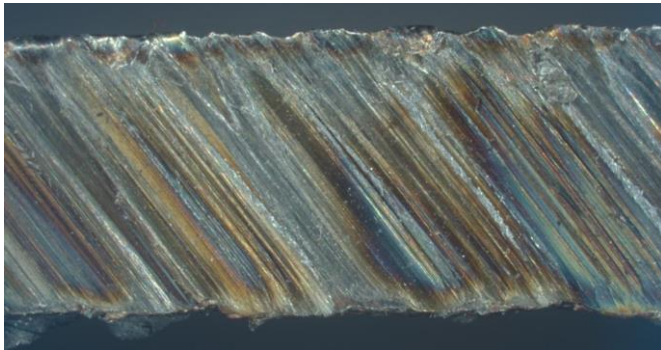
- Näytteiden sahauspinnat kuvattiin sekä valo- että elektronimikroskoopilla
- Kuuden putkinäytteen sahauspinnan epäpuhtauksia analysoitiin pyyhkäisyelektronimikroskoopiin (SEM) liitettyllä energiadiispersiivisellä alkuaineanalyysointilaitteella (EDS)
- Näytteiden sahauspintoja hiottiin vinosti siten, että osa pinnasta jäi hiomatta ja osa hiottiin niin syväälle, että sahauksen vaikutus ei enää ollut havaittavissa. Epäpuhtauksien analysointi hiotuilta pinnoilta SEMin EDS-analyysointilaitteella
- Sahauspinnista tehtiin poikkileikkausnäyte, joista tutkitaan epäpuhtauksien tunkeutumista SEMillä ja EDS-analyysointilaitteella

Tutkimuksen tuloksena saadaan selville se, kuinka paljon putkea on hiottava, jotta saadaan puhdas katkaisupinta.

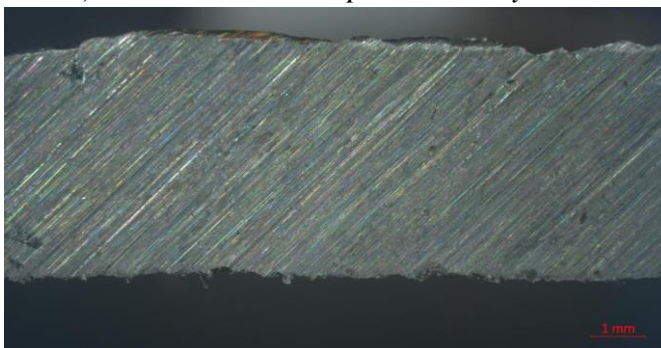
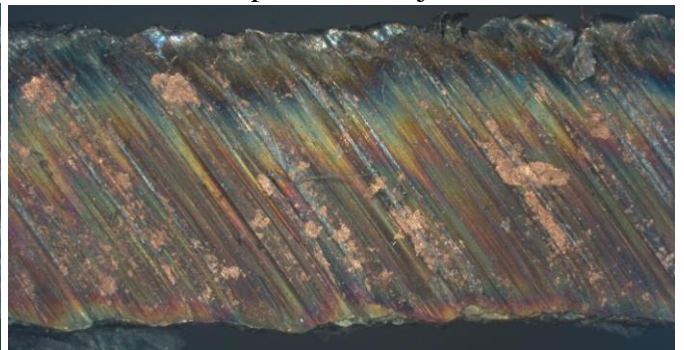
Suoritus ja tulokset

Valomikroskooppitarkastelu

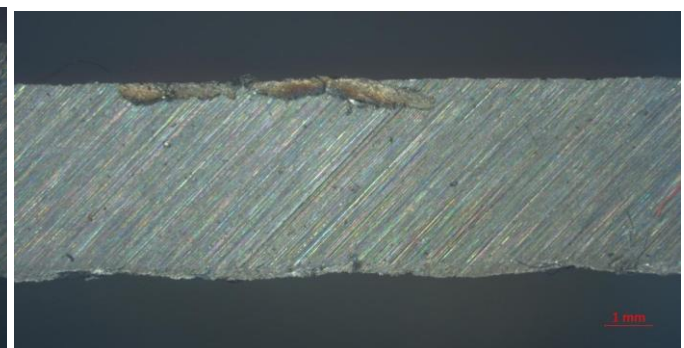
Kuvissa 1 a - f on esitetty kaksi valomikroskooppikuvaa kunkin näytteen sahauspinnan tyypillisiltä alueilta. Harjaus pyöristää selvästi hiointaa enemmän sahauspinnan reunoja.

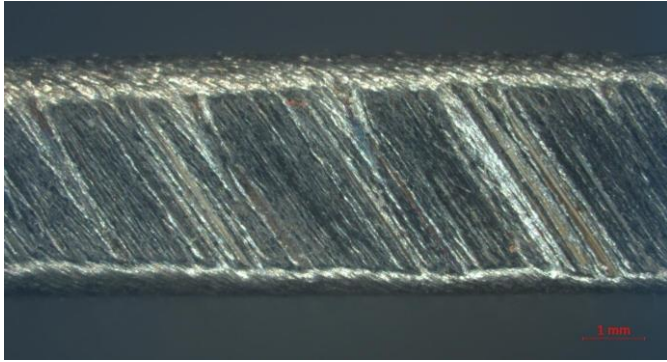


a) Vain sahaus ilman pään käsittelyä no 1.

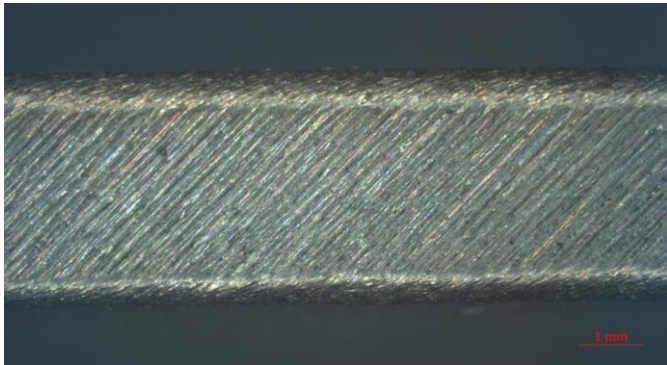
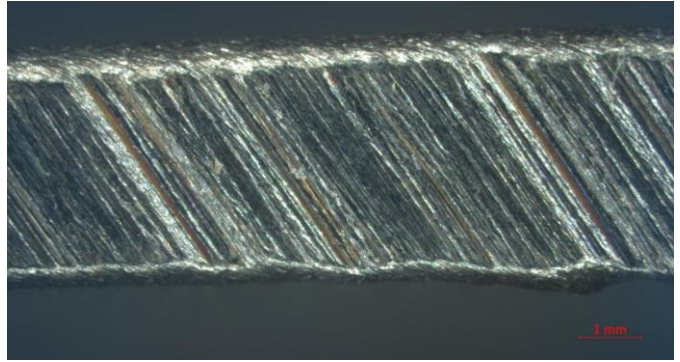


b) Pelkkä hiomanauha no 2.

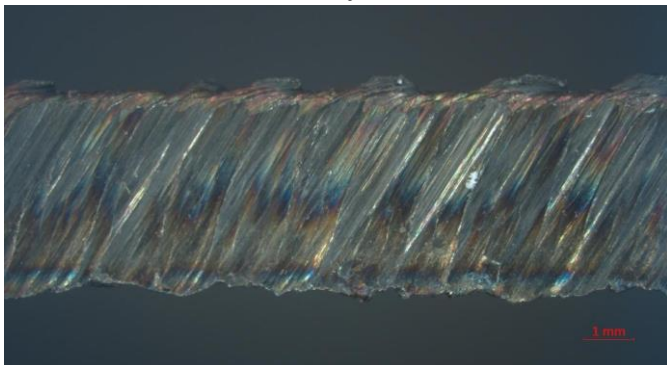
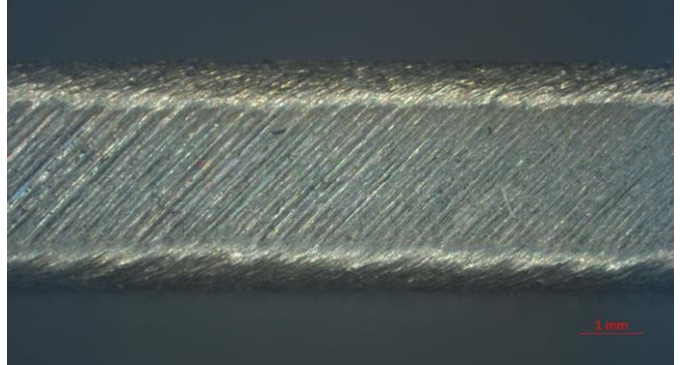




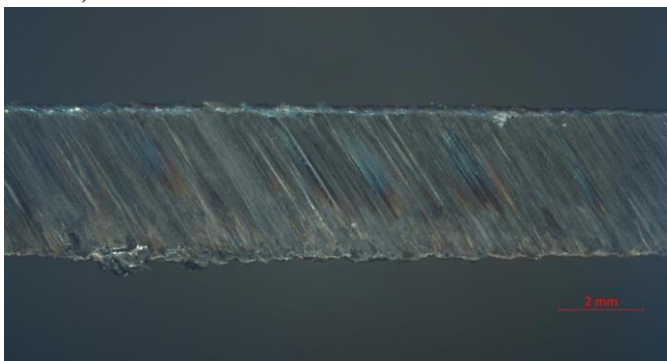
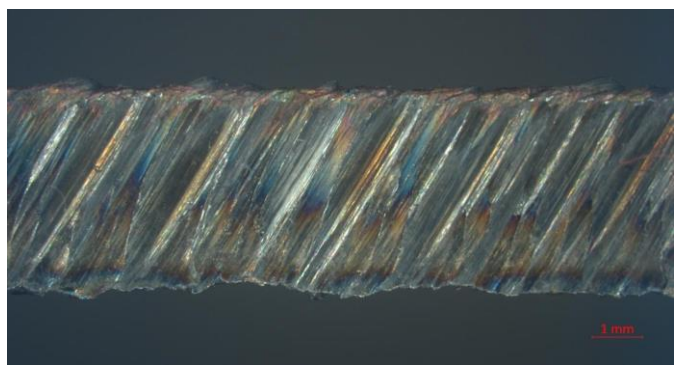
c) Pelkkä harjaus no 3.



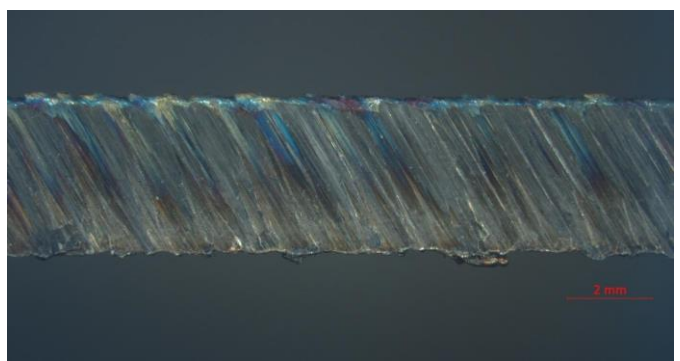
d) Hiomanauha + harjaus no 4.



e) Vanha terä.



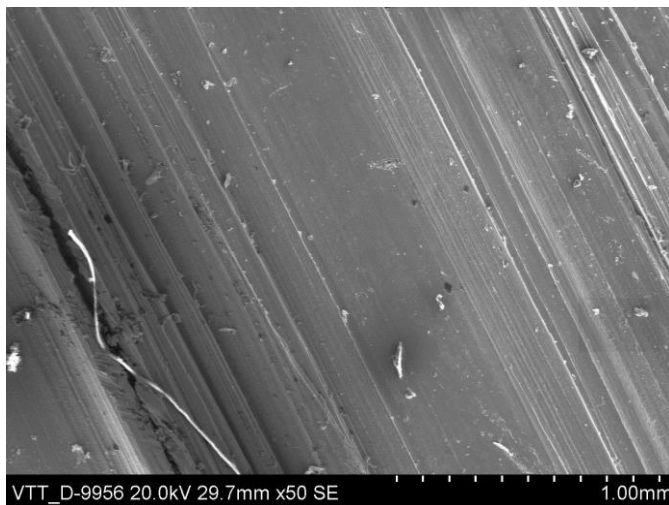
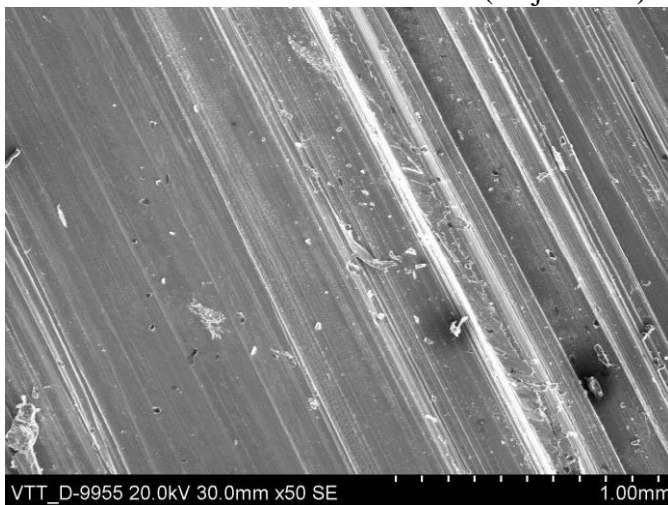
f) Uusi terä.



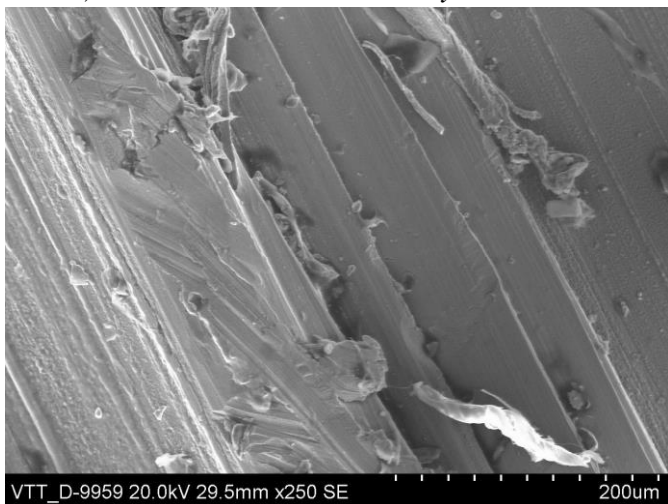
Kuva 1. Näytteiden sahauspinnat. Valomikroskooppikuvat.

Elektronimikroskooppitarkastelu

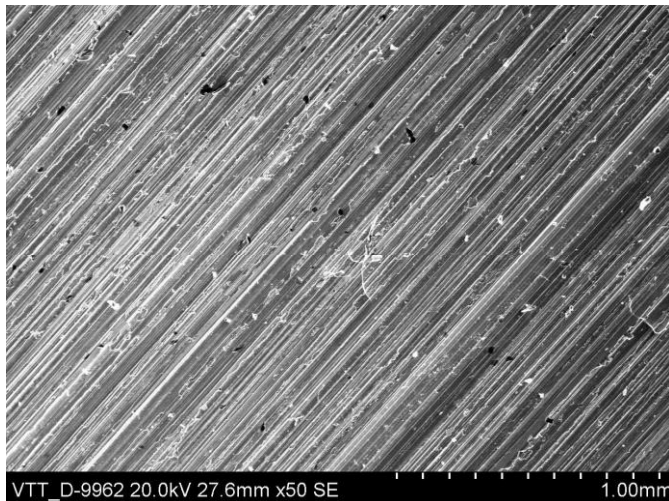
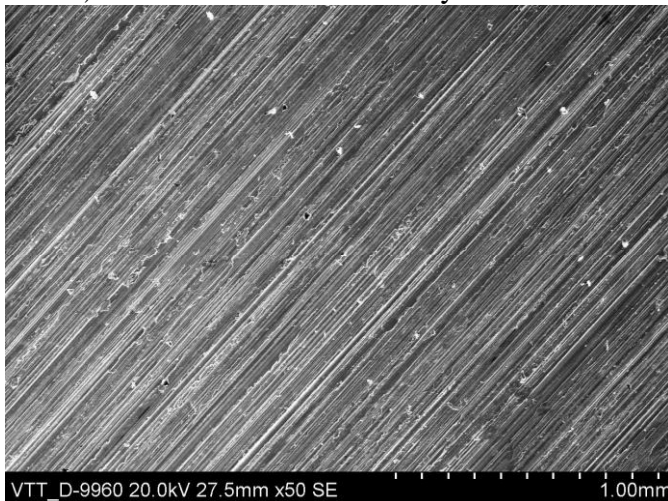
Jokaisen näytteen sahauspinnasta otettiin kuvia pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM) kahdella eri suurennoksella (50 ja 250 x). SEM-kuvat nähdään kuvassa 2 a - 1.



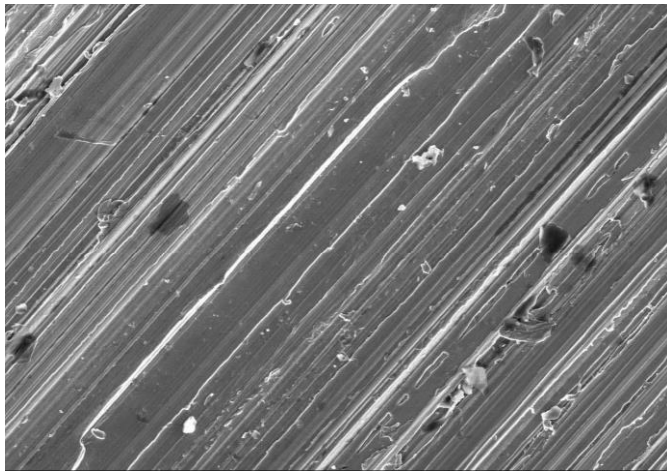
a) Vain sahaus ilman käsittelyä no 1. 50 X.



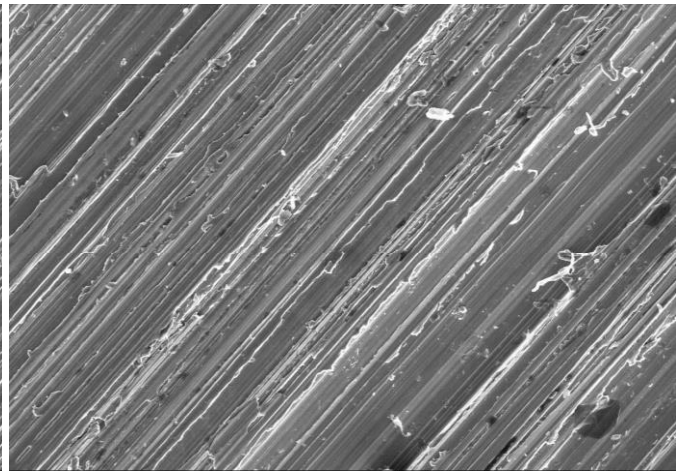
b) Vain sahaus ilman käsittelyä no 1. 250 x.



c) Pelkkä hiomanauha no 2. 50 X.

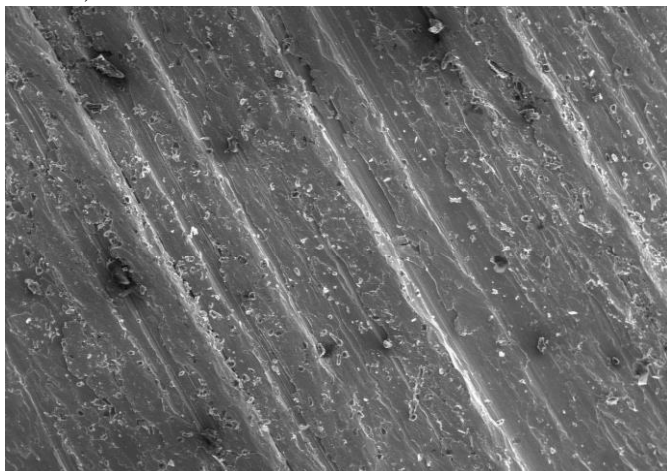


VTT_D-9964 20.0kV 27.8mm x250 SE 200um

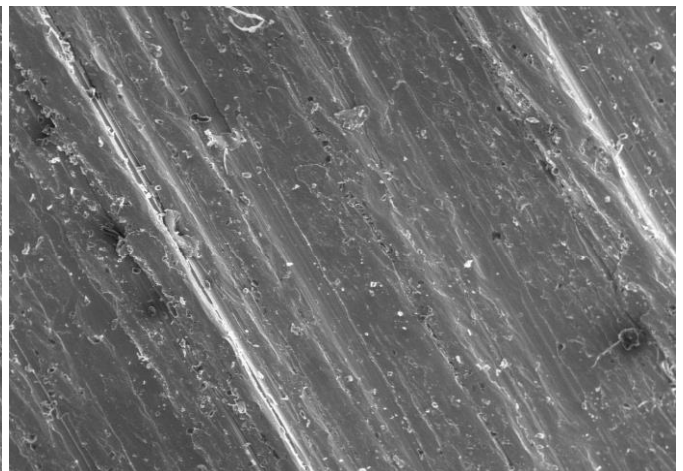


VTT_D-9965 20.0kV 27.7mm x250 SE 200um

d) Pelkkä hiomanauha no 2. 250 X.

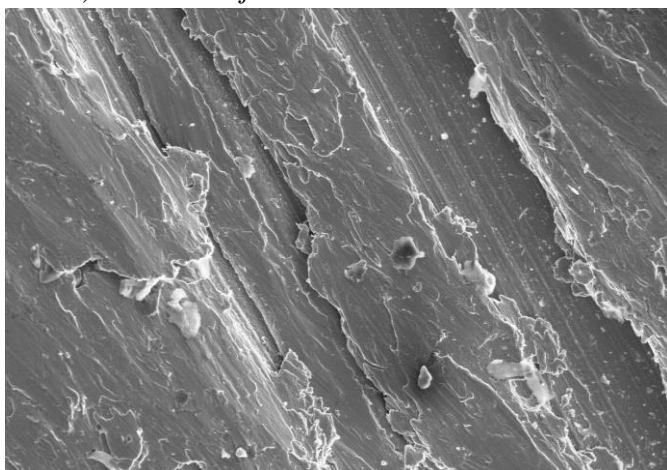


VTT_D-9966 20.0kV 12.5mm x50 SE 1.00mm

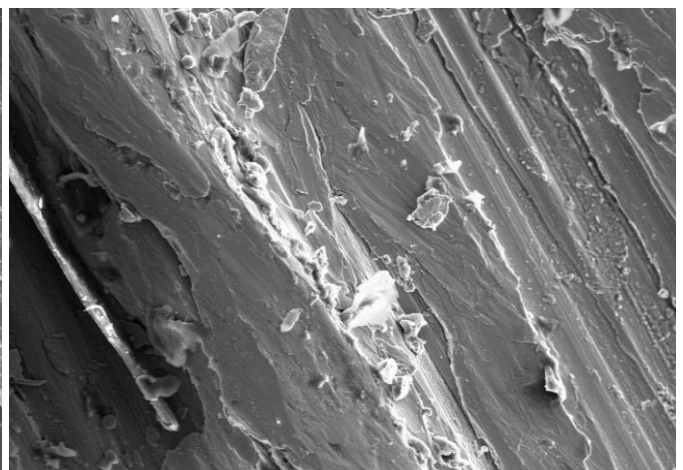


VTT_D-9967 20.0kV 12.5mm x50 SE 1.00mm

e) Pelkkä harjaus no 3. 50 X.

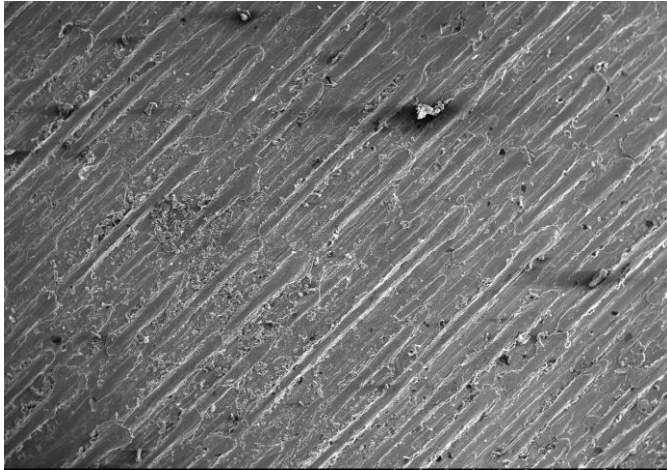


VTT_D-9969 20.0kV 12.2mm x250 SE 200um

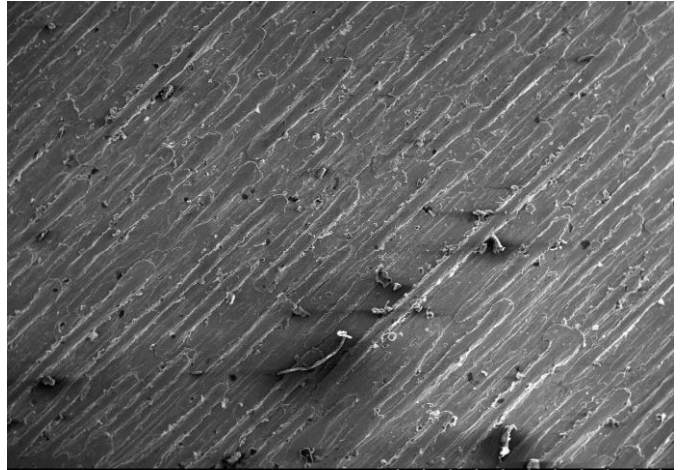


VTT_D-9971 20.0kV 12.3mm x250 SE 200um

f) Pelkkä harjaus no 3. 250 X.

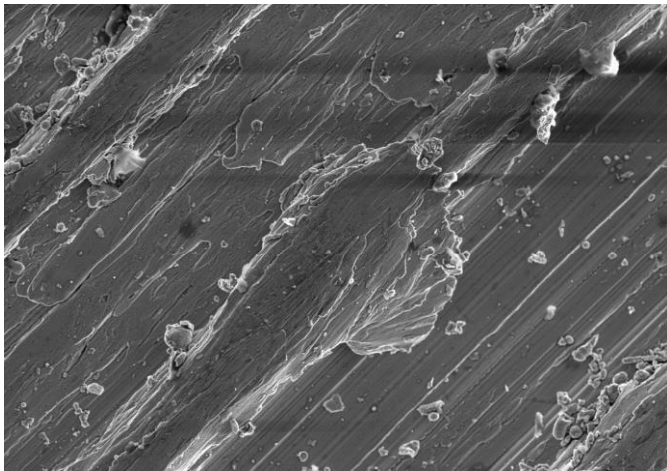


VTT_D-0005 20.0kV 9.8mm x50 SE 1.00mm

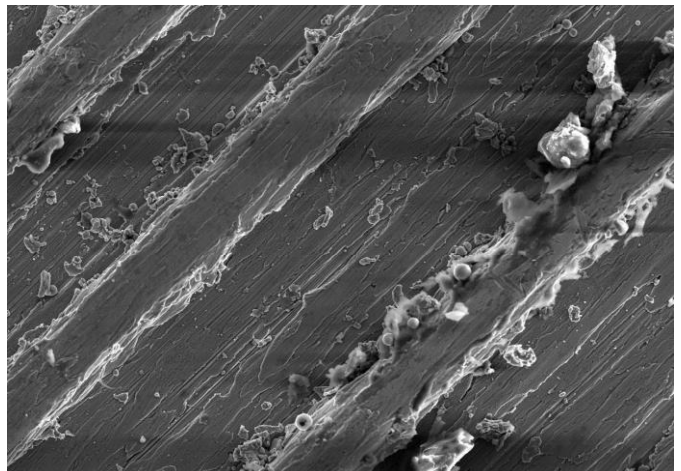


VTT_D-0007 20.0kV 9.7mm x50 SE 1.00mm

g) Hiomanauha + harjaus no 4. 50 X.

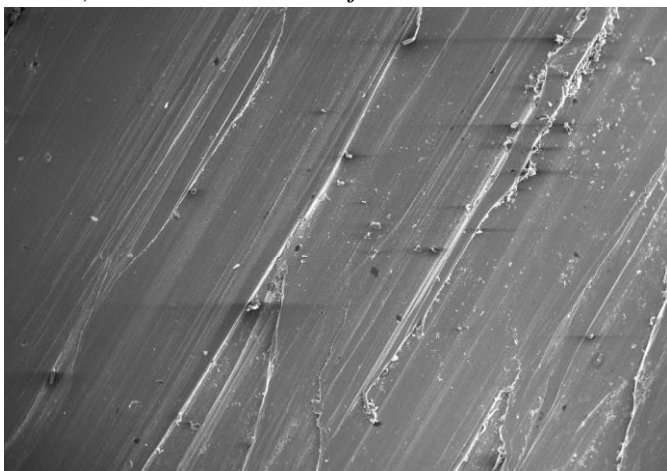


VTT_D-0008 20.0kV 9.7mm x250 SE 200um

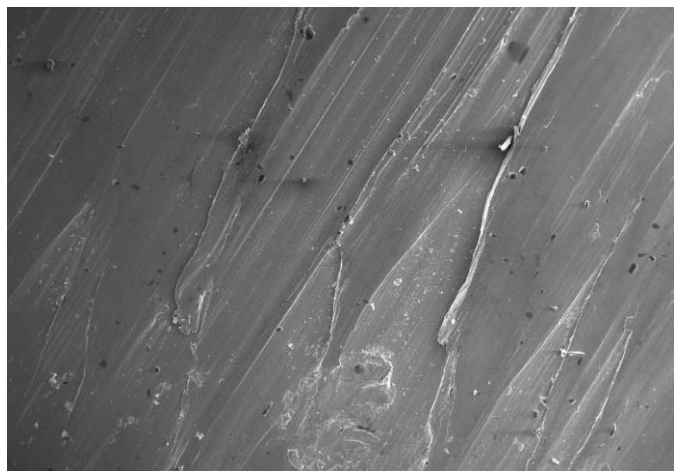


VTT_D-0009 20.0kV 9.8mm x250 SE 200um

h) Hiomanauha + harjaus no 4. 250 X.

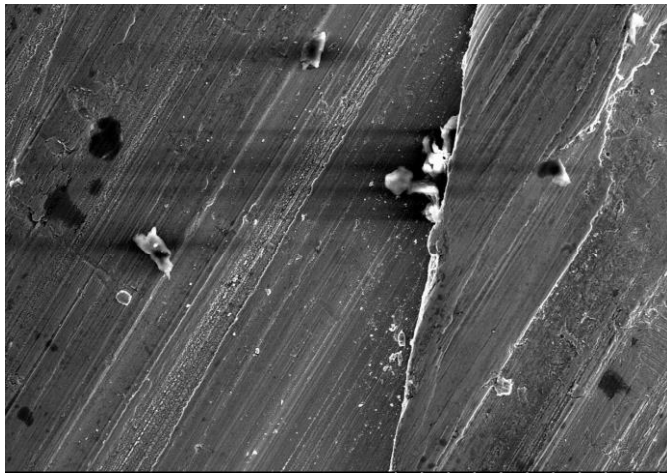


VTT_D-0011 20.0kV 8.8mm x50 SE 1.00mm



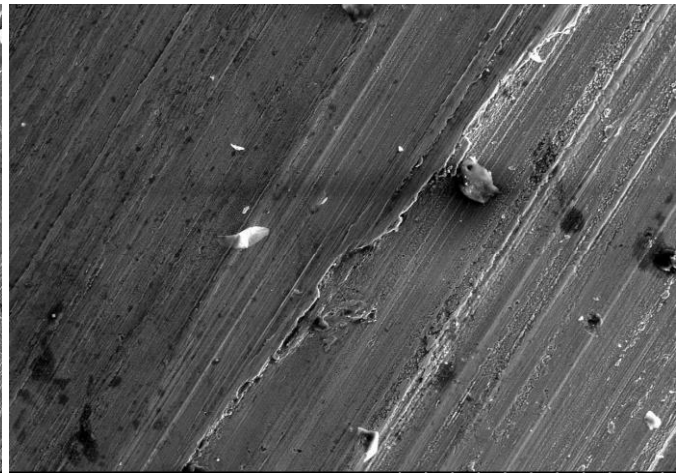
VTT_D-0012 20.0kV 10.2mm x50 SE 1.00mm

i) Vanha terä. 50 X.



VTT_D-0013 20.0kV 10.3mm x250 SE

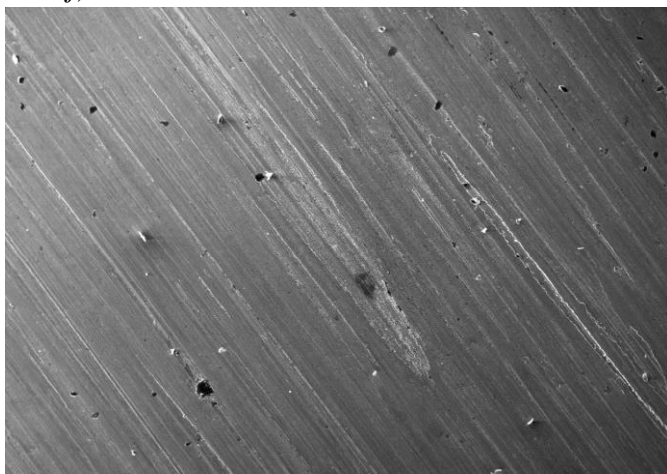
200um



VTT_D-0014 20.0kV 10.7mm x250 SE

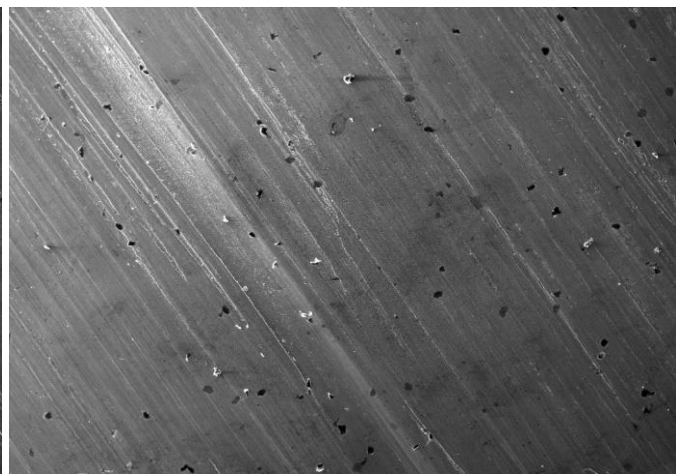
200um

j) Vanha terä. 250 X.



VTT_D-0018 20.0kV 15.1mm x50 SE

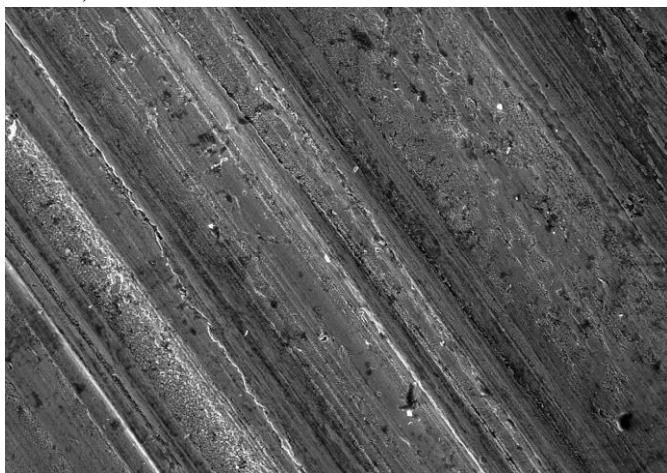
1.00mm



VTT_D-0017 20.0kV 15.1mm x50 SE

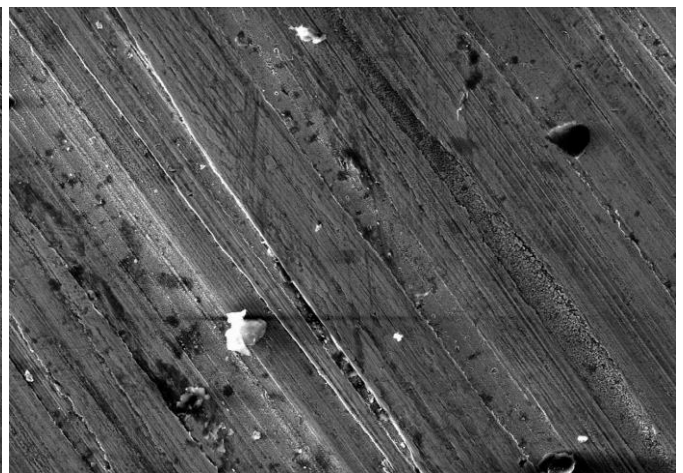
1.00mm

k) Uusi terä. 50 X.



VTT_D-0020 20.0kV 15.0mm x250 SE

200um



VTT_D-0019 20.0kV 15.0mm x250 SE

200um

l) Uusi terä. 250 X.

Kuva 2. SEM-kuvat näytteiden sahauspinnoista.

EDS-analyysit

SEMin EDS-analysaattorilla sekä tunnistettiin sahauspinnoilla olevia epäpuhtauspartikkeleita, että pyrittiin

analysoimaan lähinnä rautapitoisen epäpuhtauden määrän vaihtelua eri tavoin käsitellyillä pinnoilla.

Taulukossa 1 on esitetty näytteiden pinnoilta noin 4 mm² alueelta otettujen kahden EDS-analyysin tulosten keskiarvot.

Näytteiden vanha terä ja uusi terä pinnalla on selvästi vähemmän hiiltä kuin muiden näytteiden pinnoilla. Näytteen hiomanauha + harjaus no 4 pinnalla ei ole happea, mutta muiden näytteiden pinnalla sitä on.

Näytteen uusi terä pinnalla on hieman enemmän hiiltä sekä rautaa. Myös hiiltä huomioimatta näytteen uusi terä pinnalla on hieman enemmän rautaa. Näytteiden no 3 ja no 4 muita suuremmat Mn-pitoisuudet johtuvat ilmeisesti kromin ja mangaanin piikkien päällekkäisyydestä EDS-analyyseissä.

Taulukko 1. EDS-analyysien tulokset näytteiden vanha terä ja uusi terä.

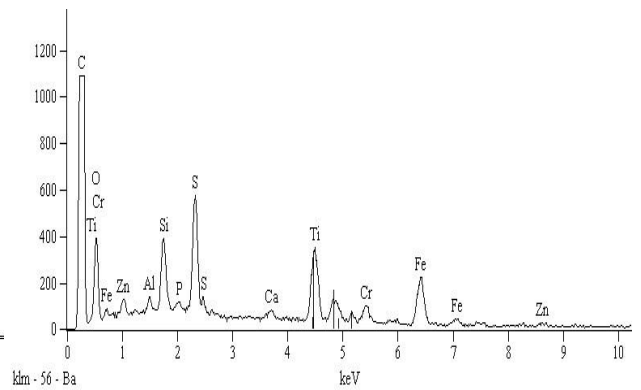
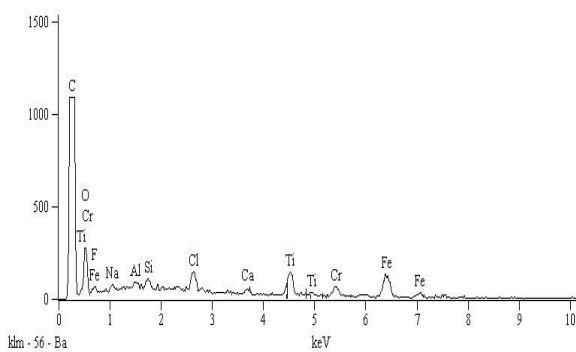
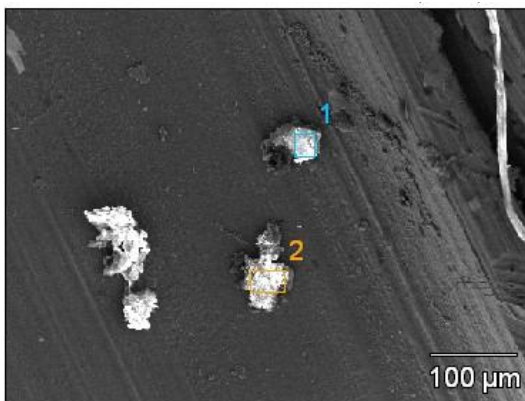
	Vain sahaus ilman käsitelyä no 1	Pelkkä hiomanauha no 2	Pelkkä harjaus no 3	Hiomanauha + harjaus no 4	Vanha terä	Uusi terä
C	22,6	29,4	26,3	32,1	13,6	17,5
O	5,05	3,31	1,82	0	3,52	4,65
Al	0,06	0,11	0,09	0,07	0	0
Si	0,41	0,49	0,37	0,40	0,52	0,42
S	0	0,15	0	0	0	0
Ca	0	0	0,05	0		
Cr	14,0	12,9	11,3	10,6	15,9	13,8
Mn	0,58	0,75	6,69	6,29	1,53	1,25
Fe	51,8	48,1	50,4	47,9	58,5	56,4
Ni	6,47	4,85	2,72	2,48	6,26	5,71
Cu	0	0	0	0,16	0,23	0

Analyysien rauta/kromi-suhteilla voidaan arvioida pinnoilla olevan teräksestä tms. ei ruostumattomasta teräksestä peräisin olevan raudan määrää. Näytteissä no 3 (pelkkä harjaus) ja no 4 (hiomanauha + harjaus) sekä Uusi terä rautapitoisuudet ovat korkeampi kuin muissa näytteissä.

Taulukko 2. Rauta/kromi-suhteet.

Näyte	Fe/Cr
1	3,7
2	3,7
3	4,5
4	4,5
Vanha terä	3,7
Uusi terä	4,1

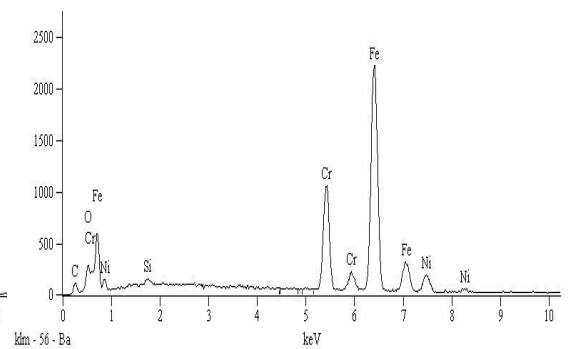
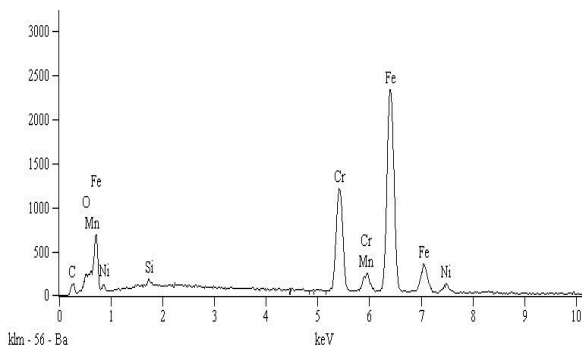
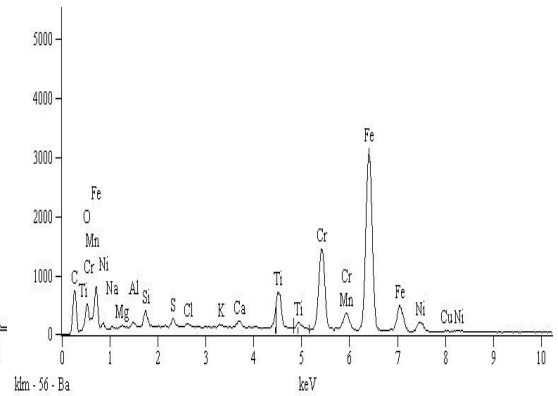
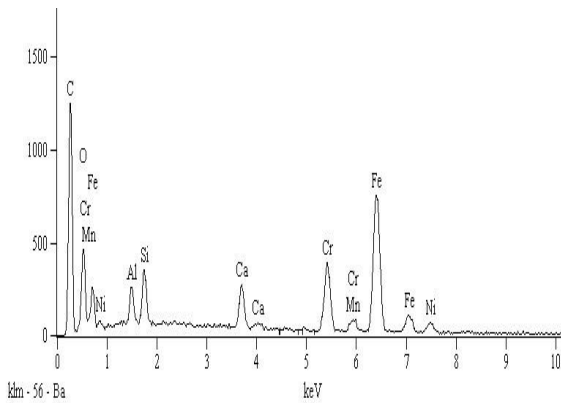
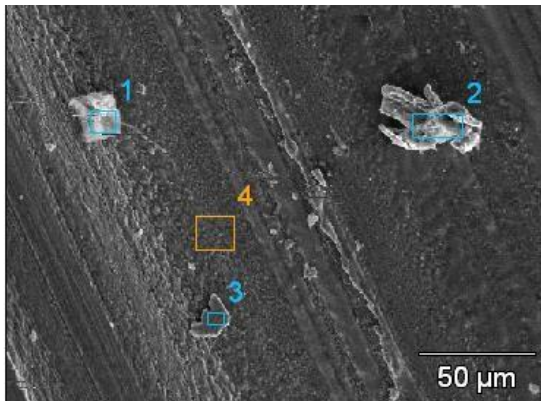
Kuvassa 3 nähdään näytteen sahaus ilman käsittelyä no 1 pinnalla olevien epäpuhtauspartikkeleiden SEM-analyysien tulokset. Partikkeleiden 1 ja 2 hiilipitoisuus on suuri. Hiilen lisäksi partikkelit sisältävät ainakin happea, titaania, sekä pienempiä määriä kalsiumia, alumiinia ja piitä. Rauta ja kromi ovat todennäköisesti peräisin perusmetallista.



	C	O	Na	Al	Si	P	S	Cl	Ca	Ti	Cr	Fe
Part. 1	88.67	5.64	0.21	0.11	0.17			0.54	0.18	1.38	0.69	2.41
Part. 2	78.68	9.04		0.16	0.93	0.15	2.09		0.25	3.70	0.61	3.70

Kuva 3. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte Vain sahaus ilman käsittelyä no 1.

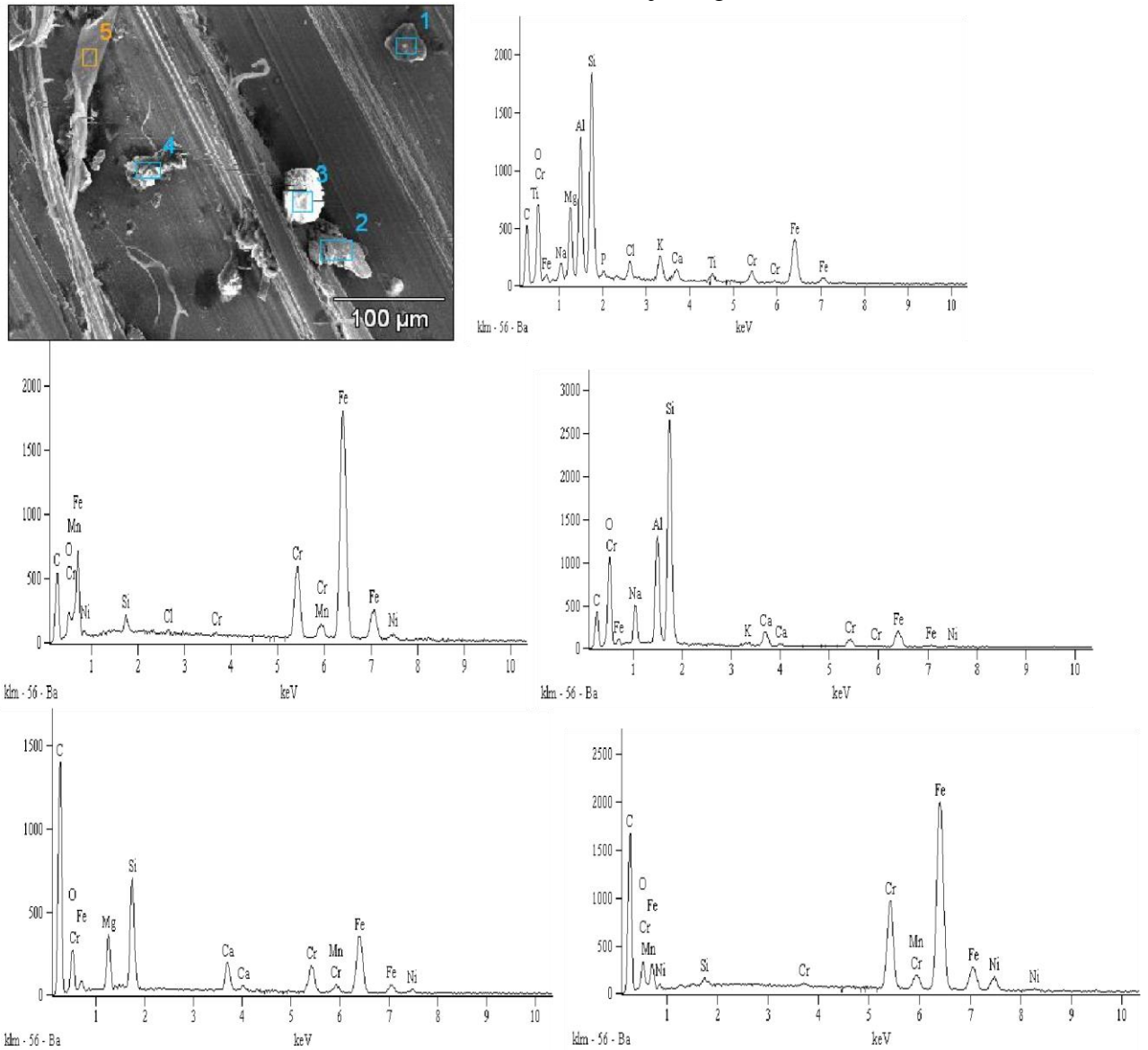
Kuvassa 4 nähdään myös näytteen Vain sahaus ilman käsittely no 1 pinnalla olevien partikkelien analyysitulokset. Partikkeli 1 koostuu pääosin hiilestä ja hapesta. Partikkelit 2 - 3 sisältävät myös runsaasti hiiltä, hieman vähemmän happea. Metallit saattavat olla peräisin perusmetallista. Alue 4 on periaatteessa puhdas metalli, mutta pinnalla on EDS-analyysin perusteella runsaasti hiiltä. On huomattavaa, että EDS-analyysille on tyypillistä hiilen esiintyminen näytteen pinnalla.



	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
1	57.66	12.68			0.90	1.21				1.85		5.46	0.42	17.62	2.21	
2	29.55	5.63		0.20	0.27	0.71	0.42	0.25	0.21	0.54	4.22	12.03	1.62	40.17	3.28	0.41
			0.46													
3	11.61	2.53				0.41						19.60	1.38	61.27	3.20	
4	10.67	2.11				0.48						17.58		62.30	6.85	

Kuva 4. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte Vain sahaus ilman käsittelyä no 1.

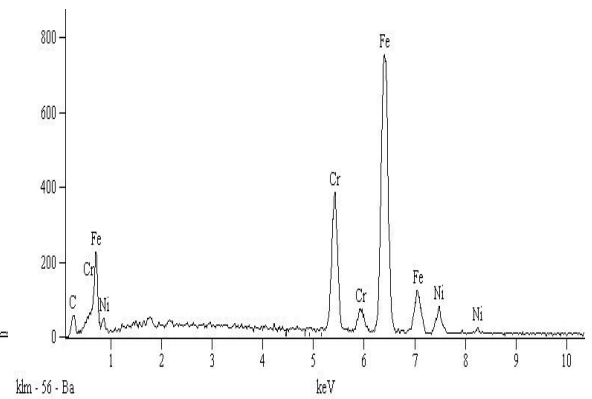
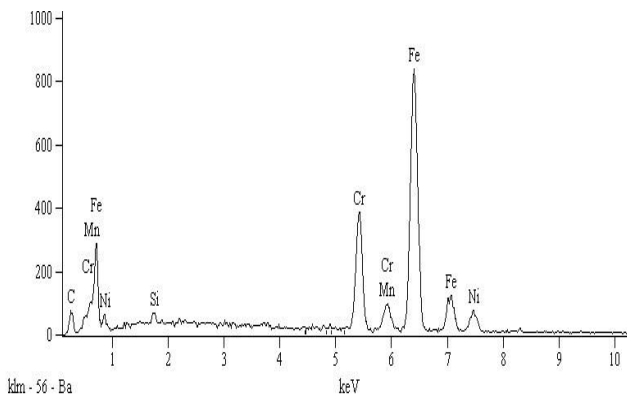
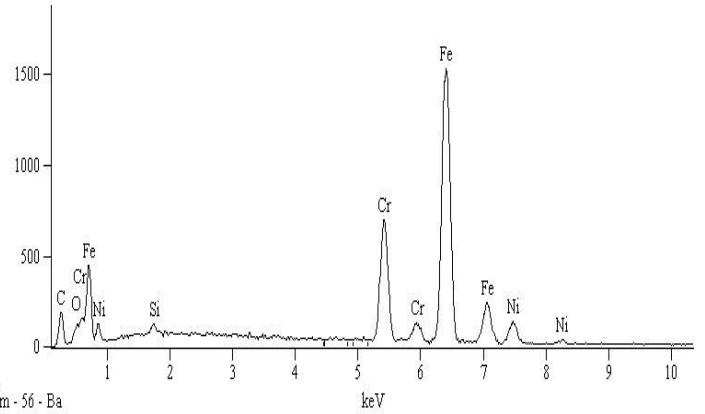
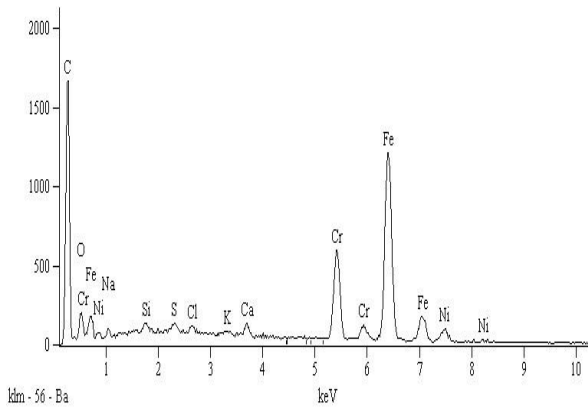
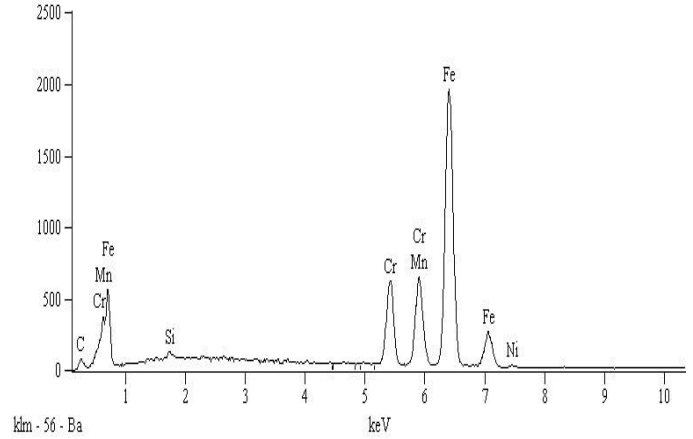
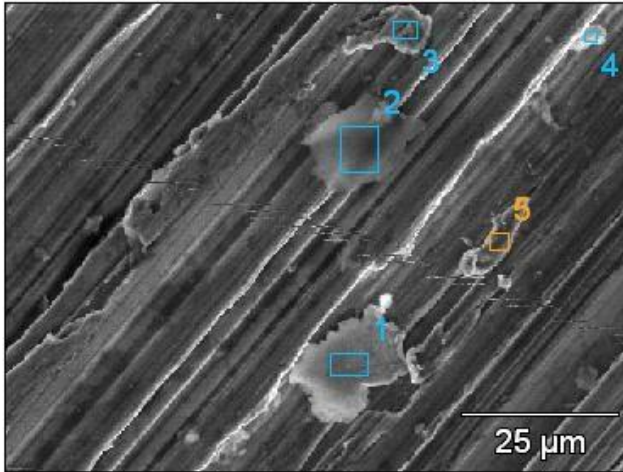
Kuvan 5 näytteen ”vain sahaus ilman käsittelyä” no 1 pinnalla on partikkeleita, joiden piipitoisuus on hiilen ohella korkea. Tämän lisäksi osa partikkeleista sisältää suhteellisen paljon mm. alumiinia, kalsiumia ja magnesiumia.



	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni
1	45.86	19.83	0.94	2.86	5.59	8.56	0.43	0.92	1.64	0.83	0.81	1.69		10.06	
2	37.30	4.43				0.63		0.14				8.66	1.17	46.26	1.41
3	40.96	28.31	3.74		5.80	12.28			0.23	1.60		1.59		5.05	0.42
4	70.68	8.86		1.72		3.20				1.51		2.96	0.69	9.34	1.03
5	52.81	4.46				0.25						8.42	0.59	30.33	3.14

Kuva 5. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte Vain sahaus ilman käsittelyä no 1.

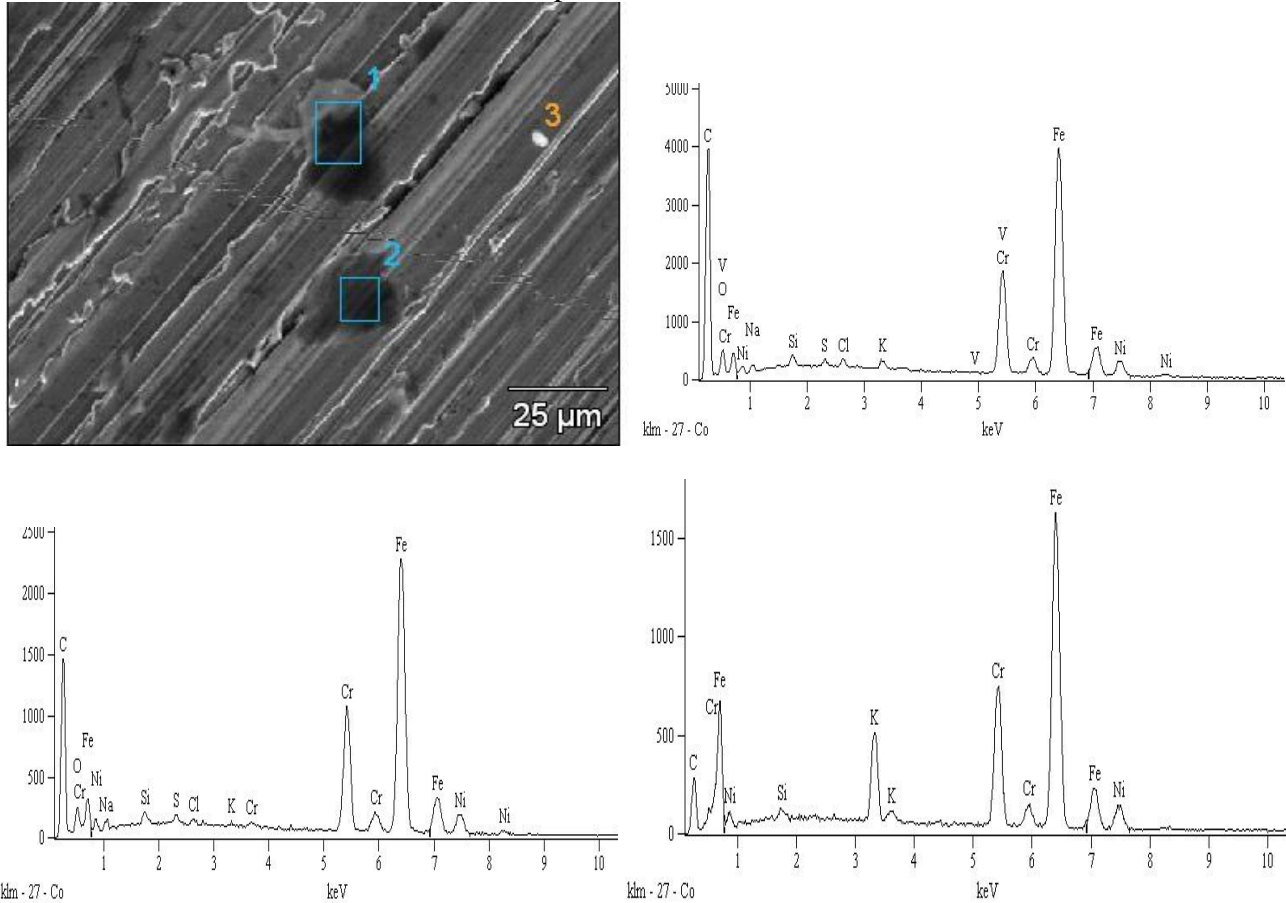
Kuvassa 6 nähdään näytteen Pelkkä hiomanauha no 2 pin-
nan epäpuhtauksien analyysitulokset. Partikkelin 3 hiilipitoi-
suus on suuri, mutta muut partikkelit vaikuttaisivat olevan
perusmateriaalia. Hiilipitoinen partikkeli sisältää myös pie-
niä määriä mm. hapetta, kalsiumia, natriumia, magnesiumia.



	<i>C</i>	<i>O</i>	<i>Na</i>	<i>Si</i>	<i>S</i>	<i>Cl</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Cr</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Ni</i>
<i>1</i>	9.27			0.40					11.61	15.41	62.58	0.73
<i>2</i>	63.00	2.50	0.46	0.19	0.35	0.24	0.13	0.46	7.00		23.25	2.43
<i>3</i>	22.31	0.00		0.52					14.95		56.13	6.09
<i>4</i>	17.16			0.63					15.11	2.83	58.17	6.11
<i>t5</i>	15.33								16.88		61.02	6.78

Kuva 6. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte Pelkkä hiomanauha no 2.

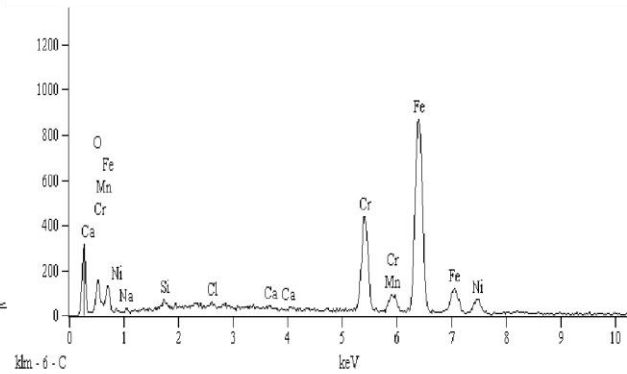
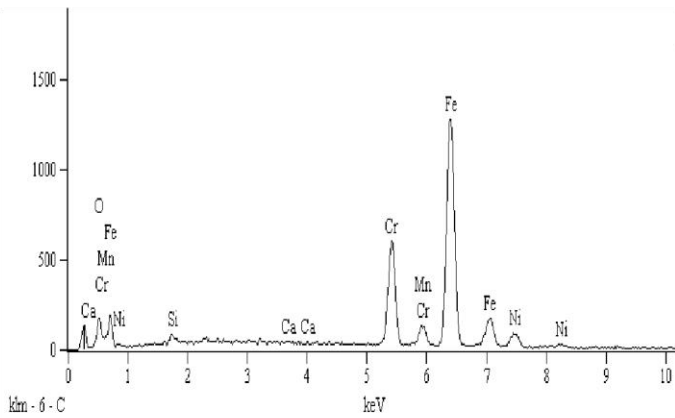
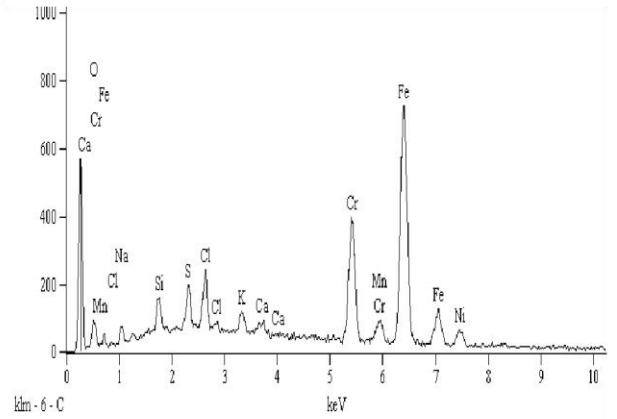
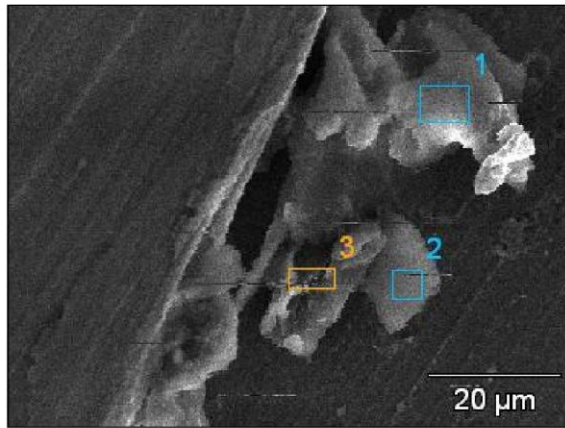
Kuvan 7, näyte Pelkkä hiomapaperi no 2, partikkelit 1 ja 2 ovat samankaltaisia ja sisältävät hiilen ohella happea, sekä pienempi määriä muita alkuaineita (O, Na, Si, S, Cl, K). Partikkeli 3 sisältää puolestaan kaliumia.



	C	O	Na	Si	S	Cl	K	V	Cr	Fe	Ni
1	58.90	2.80	0.39	0.24	0.17	0.21	0.32	0.07	7.57	26.71	2.62
2	51.05	2.32	0.54	0.29	0.17	0.15	0.12		9.04	32.69	3.62
3	26.59			0.34			4.48		13.89	49.10	5.60

Kuva 7. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte Pelkkä hiomanauha no 2.

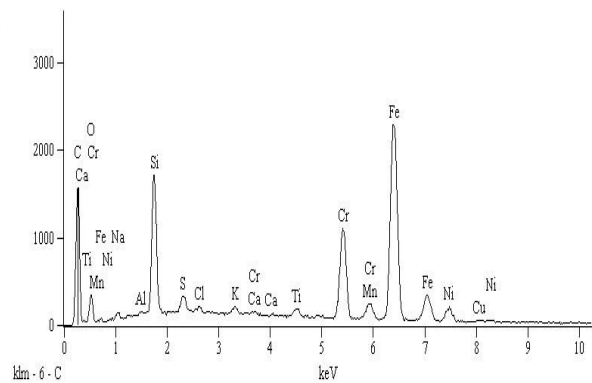
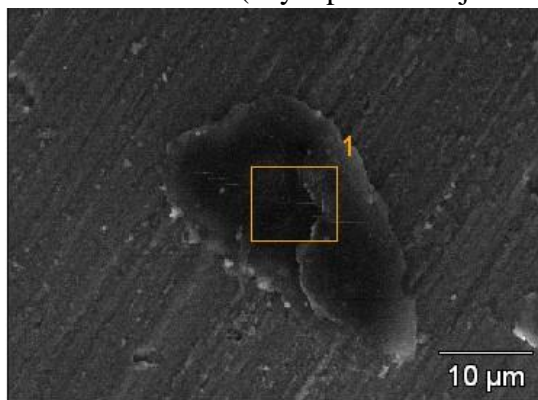
Kuvan 8 (näyte pelkkä harja no 3) analyysitulokset on laskettu ilman hiiltä. Partikkelit ovat todennäköisesti perusmetallista, mutta ainakin partikkelin 1 pinnalla on epäpuhtauksia.



	O	Na	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
1	0.00	5.30	2.51	2.83	3.81	1.58	1.46	18.58	1.36	57.54	5.03
2	2.62		0.85				0.10	18.84	1.93	68.77	6.89
3	0.00	0.85	1.01		0.43		0.12	19.11	2.60	68.18	7.71

Kuva 8. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte pelkkä harja no 3.

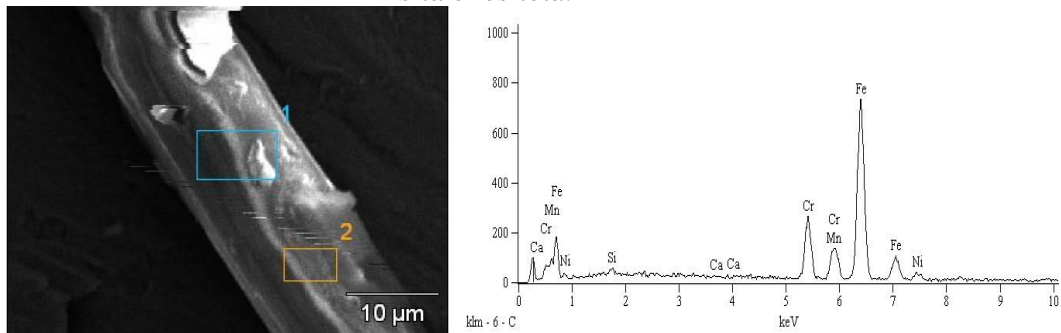
Kuvan 9 (näyte pelkkä harja no 3) partikkeli voi olla piikarbidia.



Kuva 9. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte pelkkä harja no 3.

C	O	Na	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
56.91	4.91	0.62	0.06	3.48	0.55	0.19	0.26	0.13	0.55	6.60	0.71	22.56	1.96	0.53

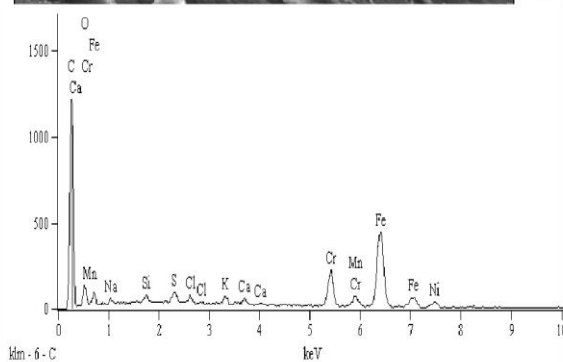
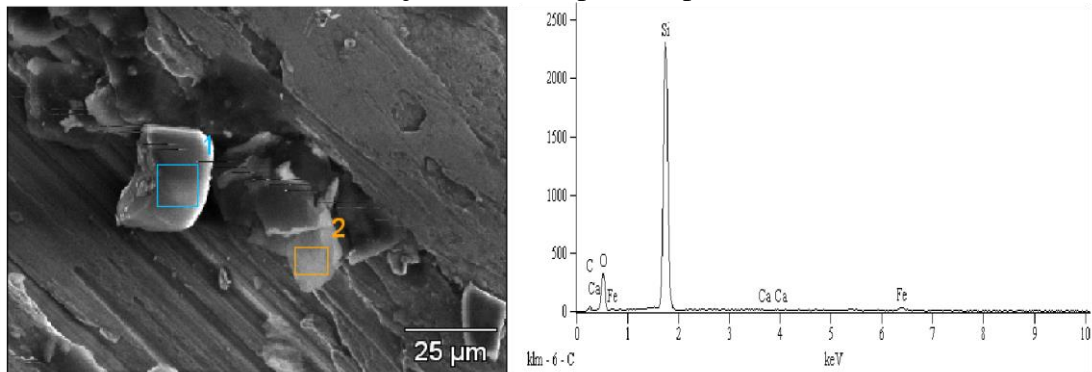
Näytteen pelkkä harja no 3 pinnalta löytyi myös ilmeisesti harjasta peräisin olevia teräskuituja (kuva 10). Alueen 2 analyysi ei huonon johtokyvyn takia ole luotettava, jonka takia sitä ei esitetä.



	Si	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
1	0.64	0.18	14.31	10.48	69.37	5.02

Kuva 10. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte pelkkä harja no 3. Lanka pinnalla.

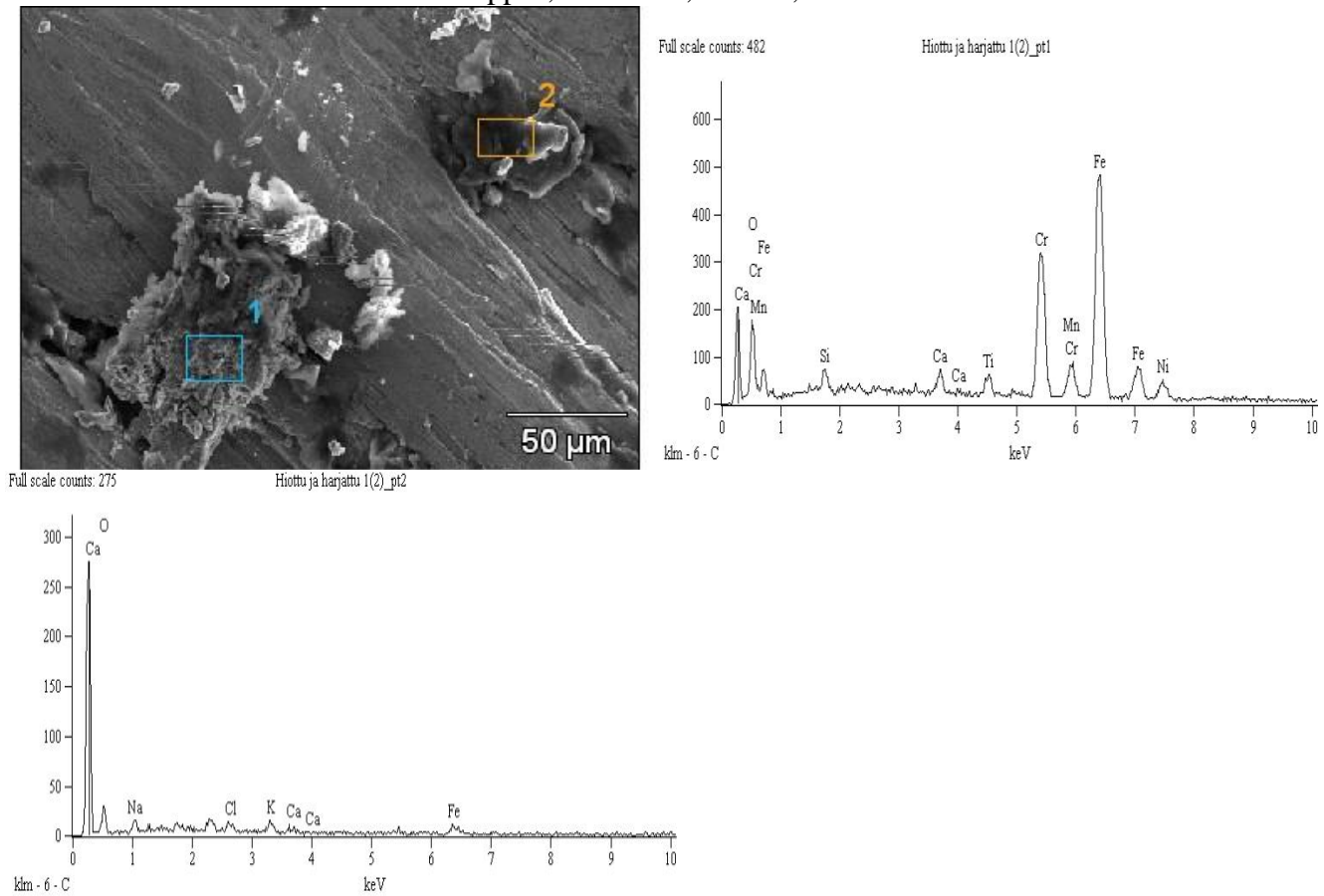
Näytteen Pelkkä harja no 3 pinnalta löydettiin myös partikkeli, joka koostuu pääosin piistä (kuva 11).



	C	O	Na	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
1	25.24	30.37		42.13				0.00			2.26	
2	70.97	3.61	0.41	0.26	0.55	0.40	0.51	0.36	4.06	1.47	15.97	1.41

Kuva 11. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte Hiottu ja harjattu no 4. Näytteen Hiottu ja harjattu no 4 pinnalla on kuvassa 12 kaksi partikkelia, joista partikkeli 1 koostuu pääosin raudasta ja

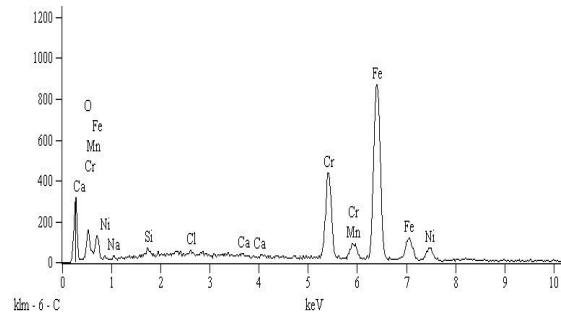
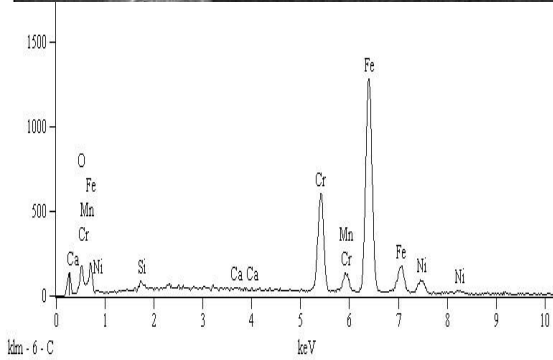
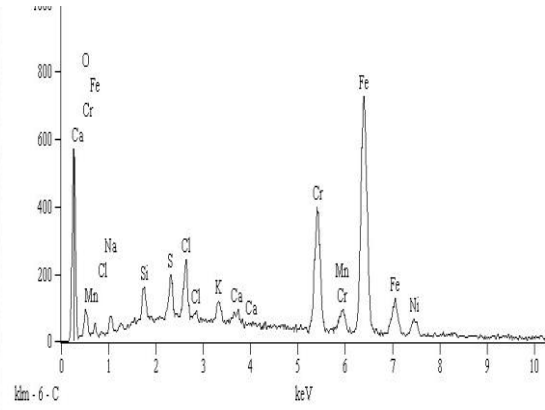
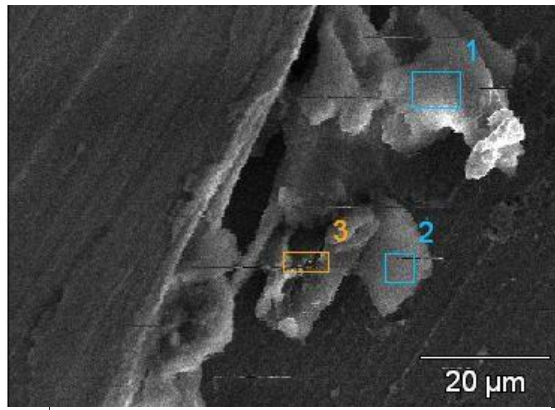
kromista, nikkelistä ja mangaanista. Partikkeli 2 sisältää runsaasti happea, natriumia, klooria, kaliumia sekä kalsiumia.



	O	Na	Si	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni
1	1.61		1.44			1.69	2.13	24.41	4.24	57.42	7.05
2	46.28	16.60		6.10	7.66	3.15				20.22	

Kuva 12. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Näyte Hiottu ja harjattu no 4.

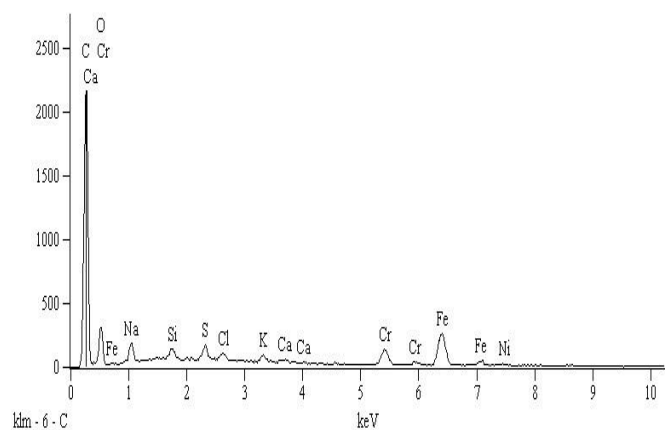
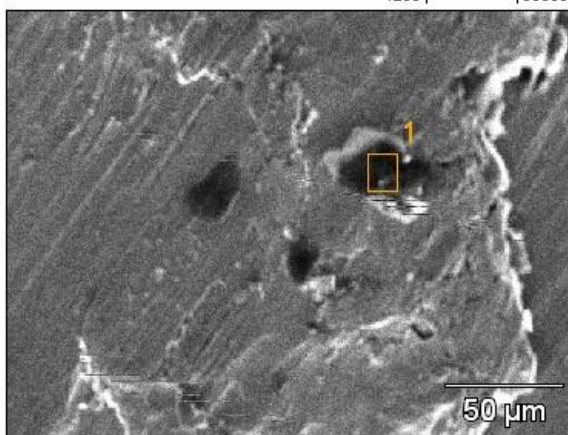
Näytteen vanha terä pinnalla on kuvan 13 alueella vain ruostumattomasta teräksen partikkeleista.



	O	Na	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
I	0.00	5.30	2.51	2.83	3.81	1.58	1.46	18.58	1.36	57.54	5.03
2	2.62		0.85				0.10	18.84	1.93	68.77	6.89
3	0.00	0.85	1.01		0.43		0.12	19.11	2.60	68.18	7.71

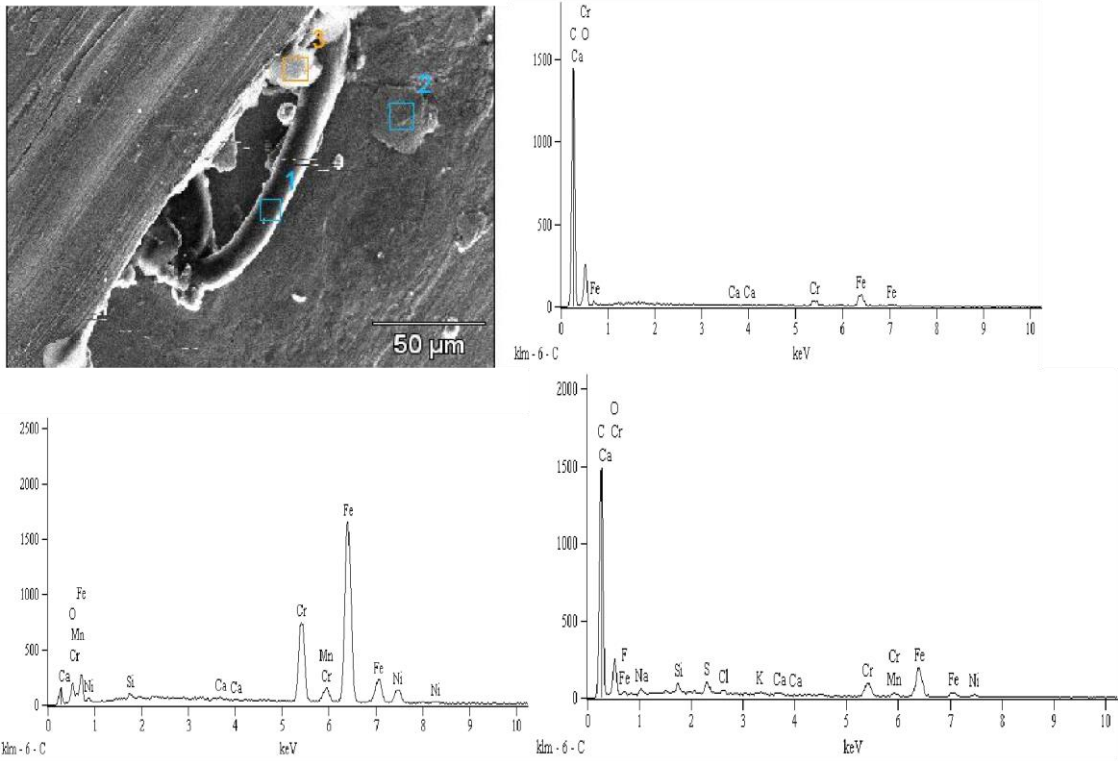
Kuva 13. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Vanha terä.

Näytteen Vanha terä pinnalla on myös pääosin hiiltä sisältäviä partikkeleita (kuvat 14 ja 15).



	C	O	Na	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Fe	Ni
I	79.66	10.58	1.34	0.28	0.56	0.28	0.31	0.21	1.58	4.79	0.41

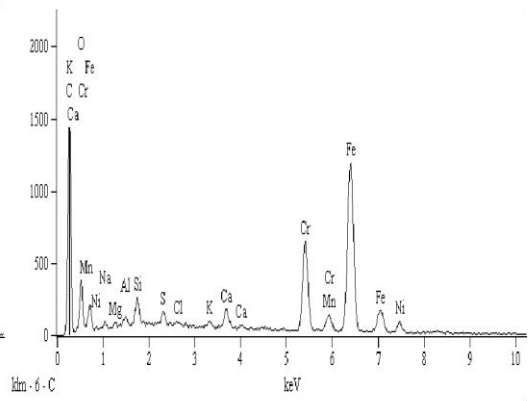
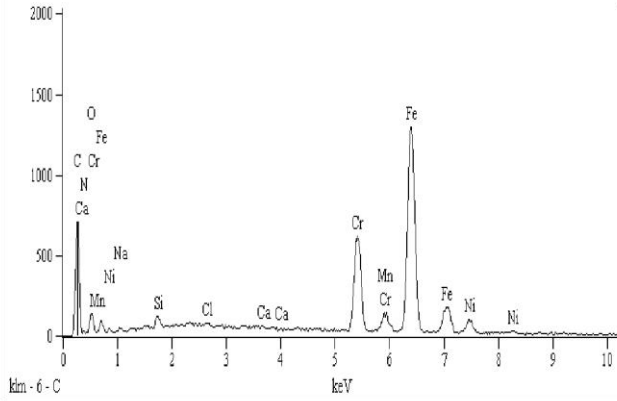
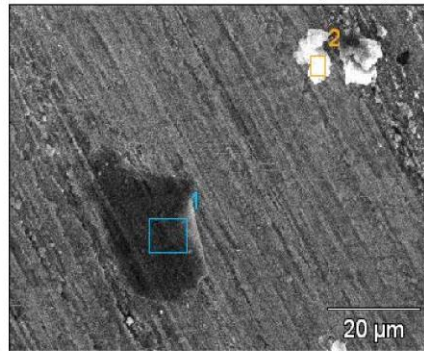
Kuva 14. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Vanha terä.



	C	O	F	Na	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
1	79.69	17.31							0.03	0.85		2.13	
2		1.74			0.70				0.13	18.64	1.79	68.92	8.09
3	78.21	12.75	0.00	0.46	0.24	0.46	0.22	0.13	0.17	1.65	0.21	4.84	0.67

Kuva 15. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Vanha terä.

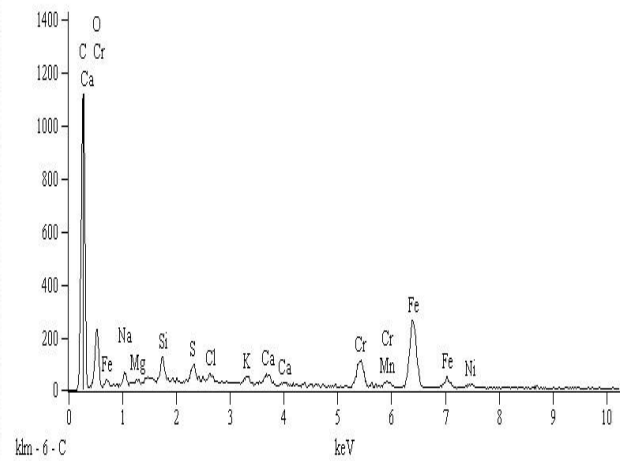
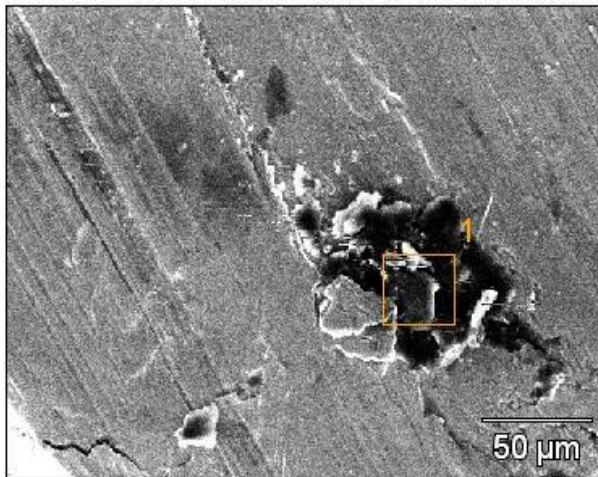
Näytteen Uusi terä no 4 pinnalla kuvassa 16 nähdään partikkelit, joiden koostumukset analysoitiin. Partikkelin 1 analyysissä ei hiiltä ole huomioitu, mutta mitä ilmeisimmin molemmat partikkelit sisältävät runsaasti hiiltä. Partikkeli 1 on selkeästi erittäin ohut, kalvomainen. Hiilen lisäksi molemmat partikkelit sisältävät pieniä määriä useita epäpuhtauksia.



	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
1	puuttuu	0.00	1.47			1.10		0.37		0.00	19.63	1.99	68.81	6.63
2	60.04	9.05	0.52	0.14	0.24	0.59	0.39	0.12	0.23	0.73	6.18	0.72	19.88	1.17

Kuva 16. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Uusi terä.

Kuvan 17 pinnan epäpuhtaus koostuu pääosin hiilestä.



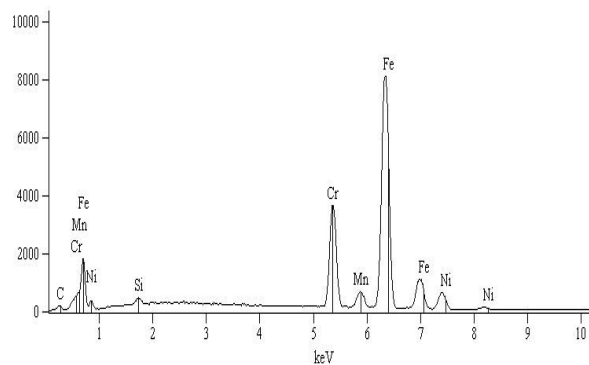
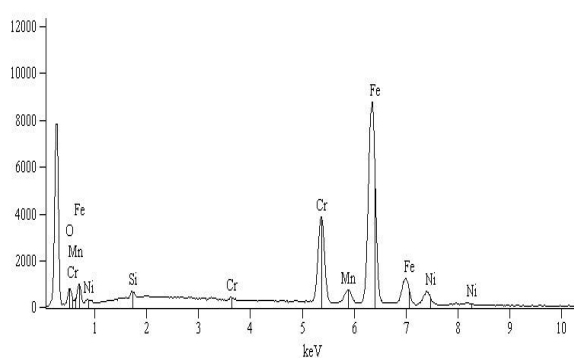
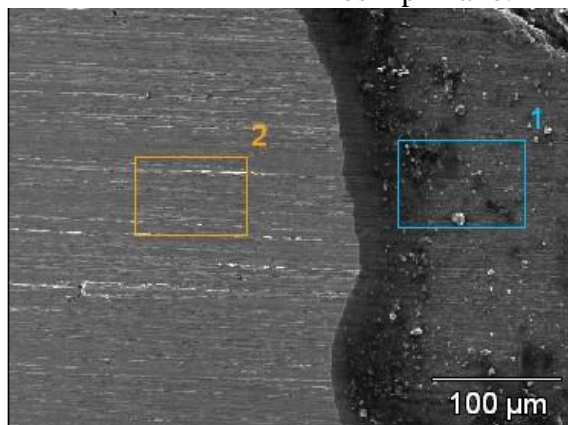
	C	O	Na	Mg	Si	S	Cl	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni
1	72.59	12.82	0.70	0.11	0.42	0.49	0.25	0.31	0.51	2.34	0.21	8.41	0.86

Kuva 17. Pinnan epäpuhtauspartikkelien SEM-analyysit. Uusi terä.

Vinohionta

Näytteen Vain sahaus no1 sahauspintaa hiottiin vinosti siten, että osa sahauspinnasta jäin koskemattomaksi ja osaa hiottiin vinosti. Kuvassa 19 nähdään näytteen sahauspintaa. Kuvan vasen reuna on hiottu pois. Sekä hiotulta alueelta, noin 150 µm hiottun ja hiomattoman alueen rajalta, että hiomattomalta alueelta otettiin EDS-analyysejä. Hiottulla alueella hiili- ja happipitoisuus on alhainen verrattuna hiomattomaan alueeseen. Hiottulla alueella ei havaita sahauksesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Kuvan alueelta 2 on hiomalla poistetun kerroksen paksuutta ei voitu mitata sen ohuuden takia. Hiottu kerros lienee enintään joitakin kymmeniä mikrometrejä.

On ilmeistä, että sahauksessa ei vieraspartikkeleita tunkeudu sahattavaan teräkseen vaan epäpuhtaudet jäävät ainakin pääosin pinnalle.



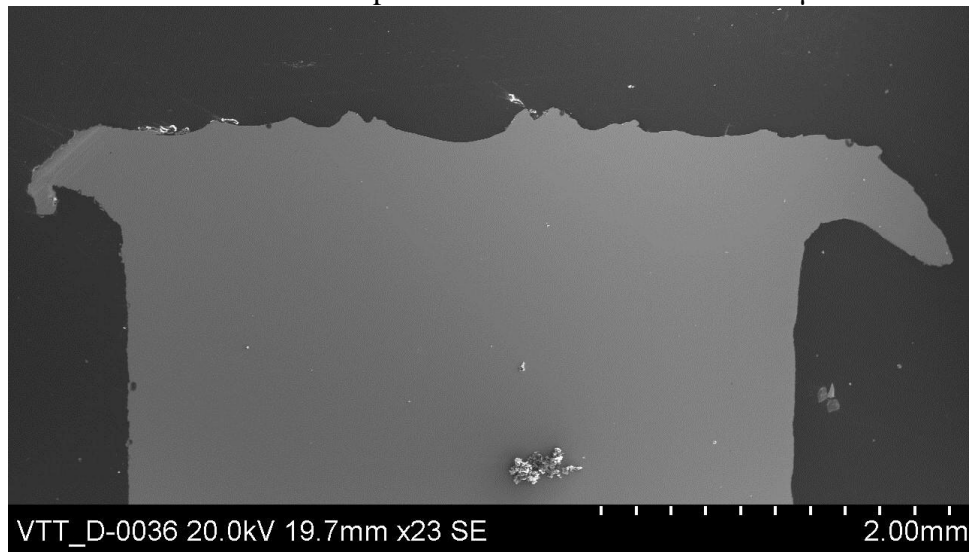
Kuva 19. Pinnan vinohionta. Näyte vain sahaus no 1.

Poikkileikkausnäytteet

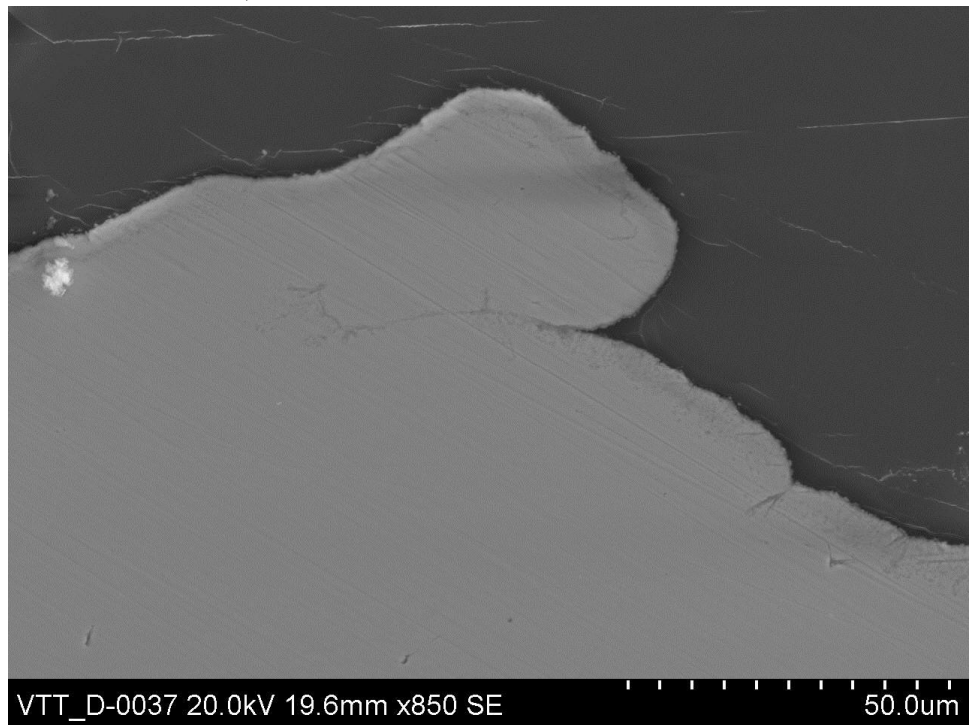
Kaikista näytteistä sahattiin pienemmät palat, jotka valettiin epoksimuoviin. Näin saadut poikkileikkausnäytteet hiottiin ja näytteitä tarkasteltiin SEMillä.

Kuvien 20 - 26 perusteella sahauksessa, hionnoassa tai harkauksessa ei epäpuhtauksia tunkeudu perusmateriaalin sisään

muutoin kuin pinnan muokkautumisen takia. Pinta muokkautuu kuvien perusteella enintään noin 20 - 30 μm .

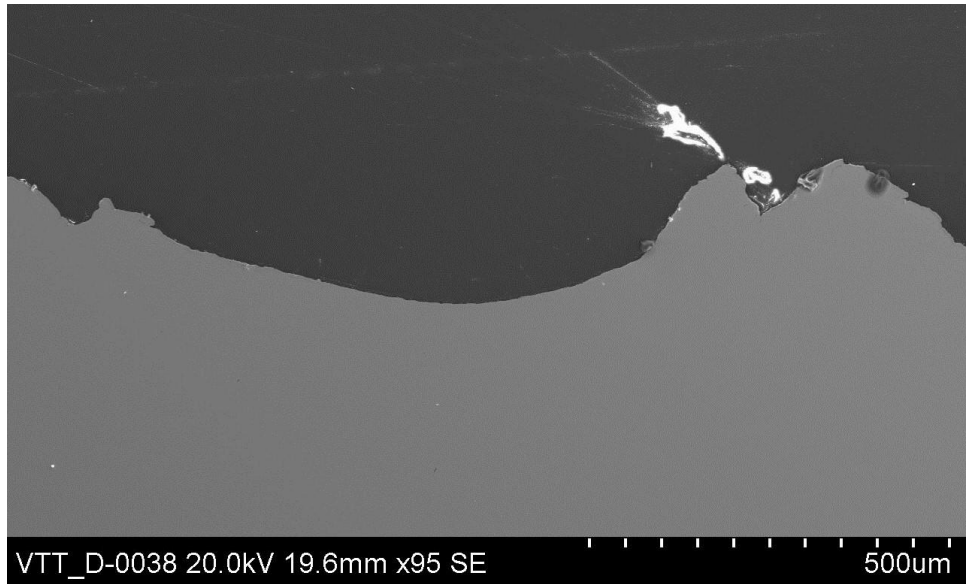


a)

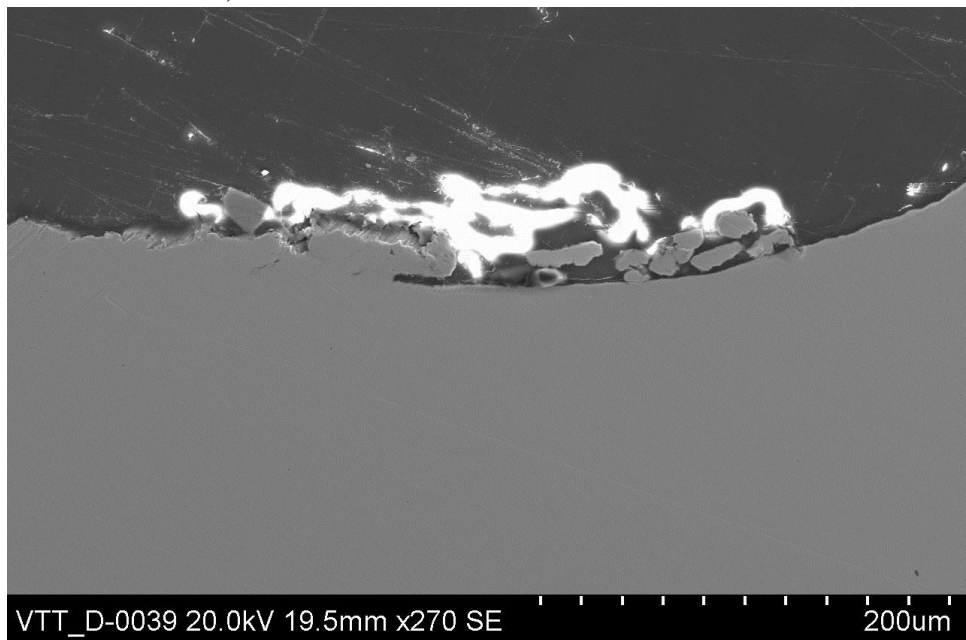


b)

Kuva 20. SEM-kuva vanhan terän poikkileikkauksesta.

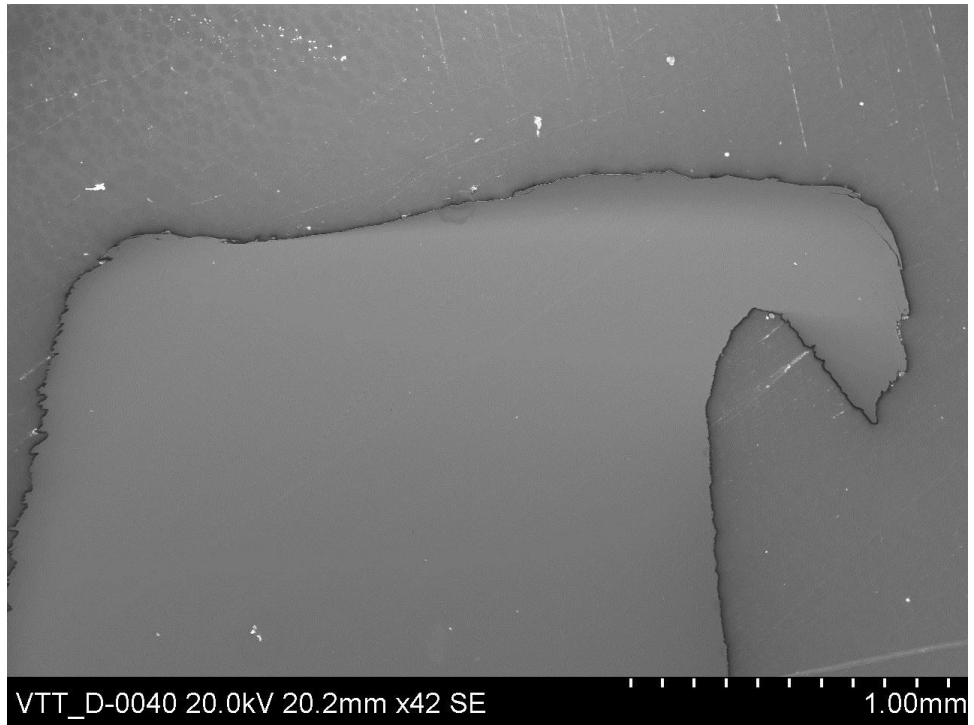


a)

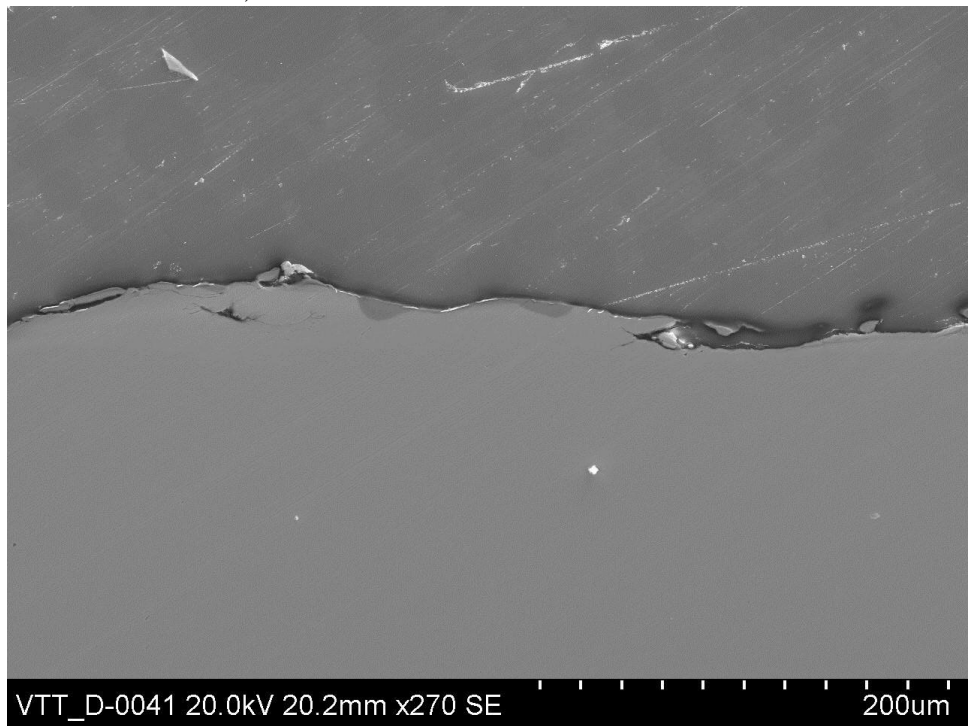


b)

Kuva 21. SEM-kuva vanhan terän poikkileikkauksesta.

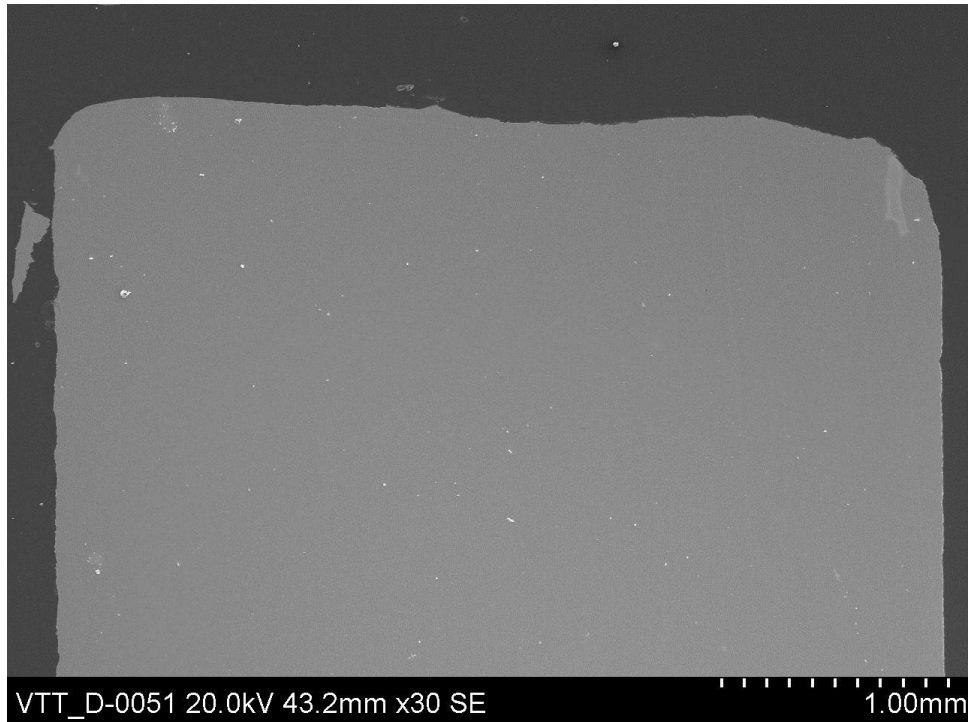


a)



b)

Kuva 22. SEM-kuva uuden terän poikkileikkauksesta.

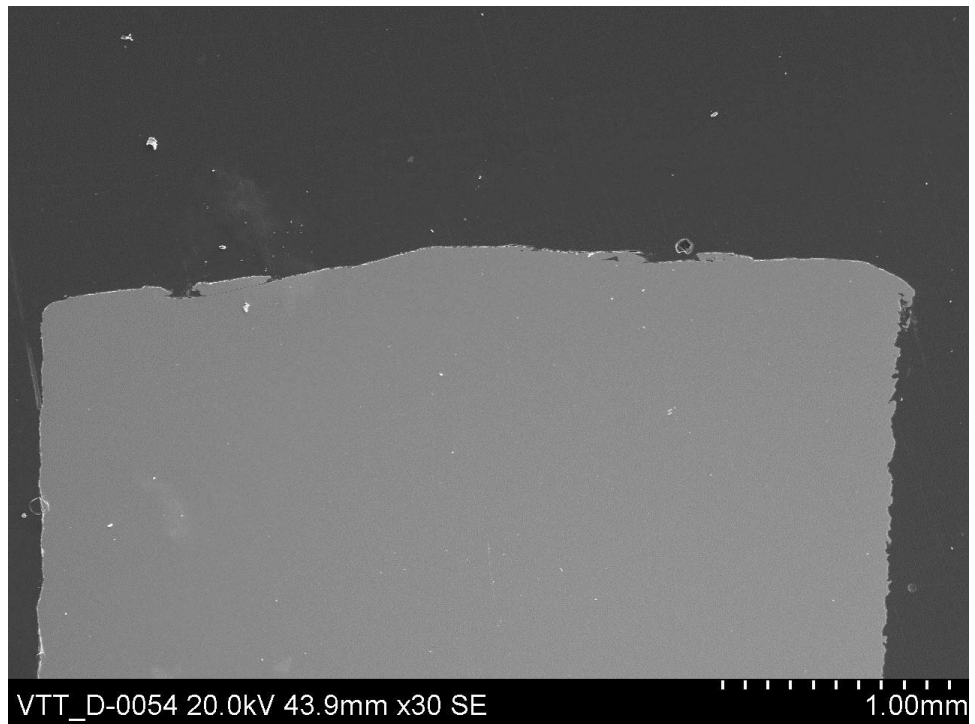


a)

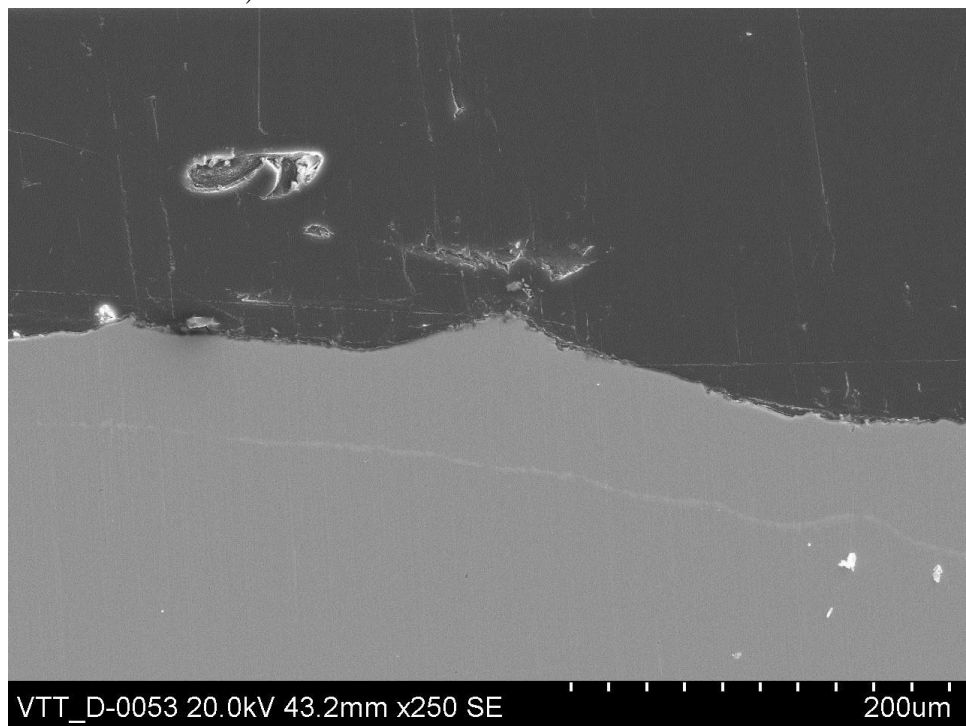


b)

Kuva 23. SEM-kuva poikkileikkauksesta, näyte vain sahaus ilman käsittelyä no 1.

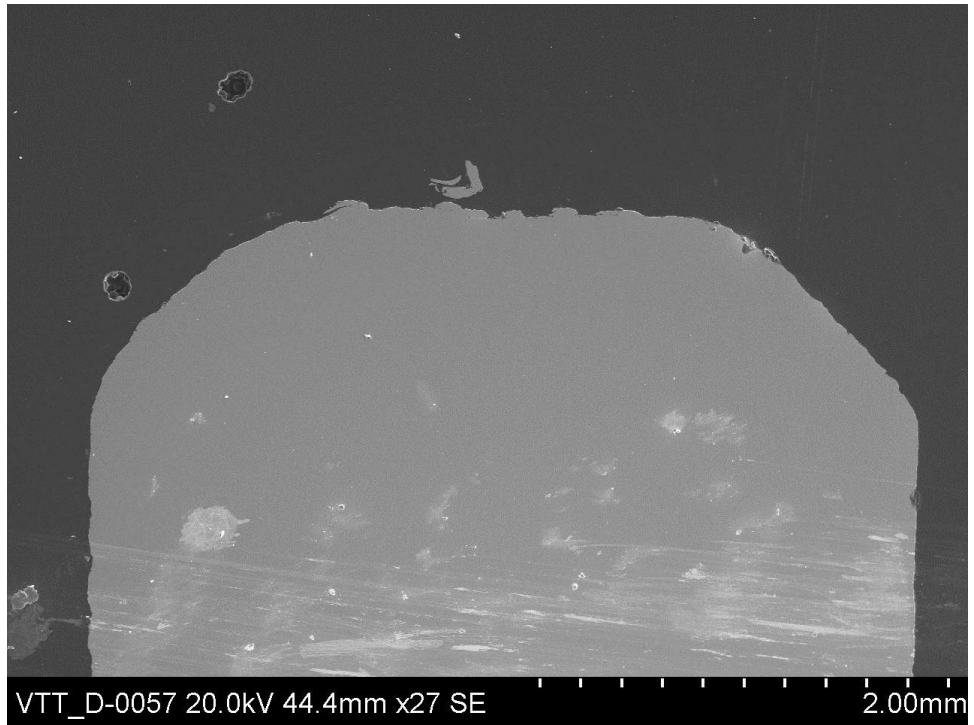


a)

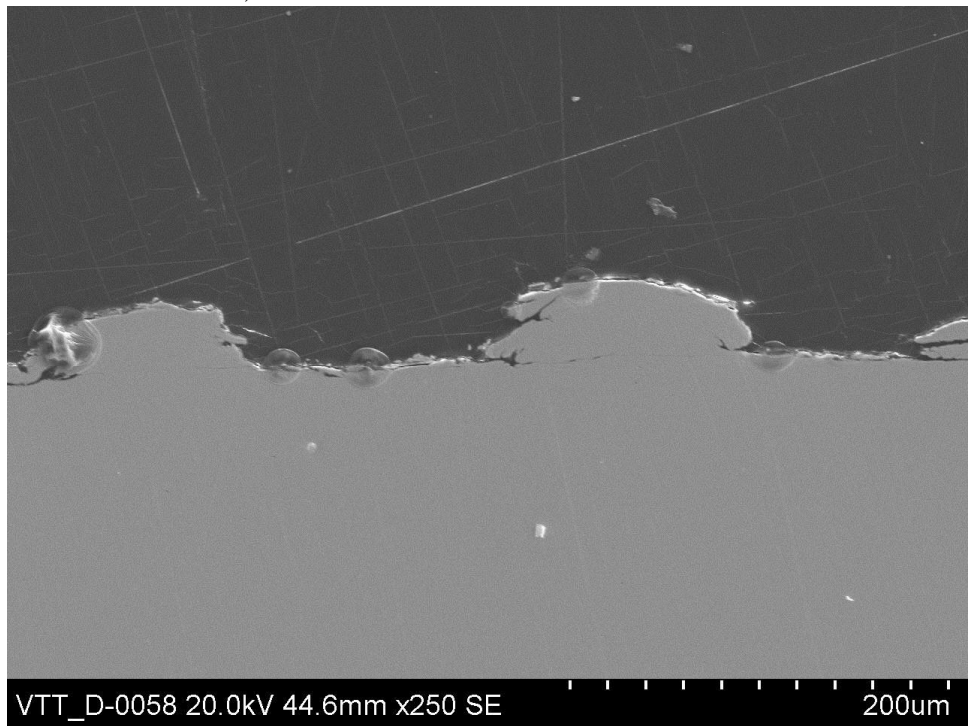


b)

Kuva 24. SEM-kuva poikkileikkauksesta, pelkkä hiomanauha no 2.

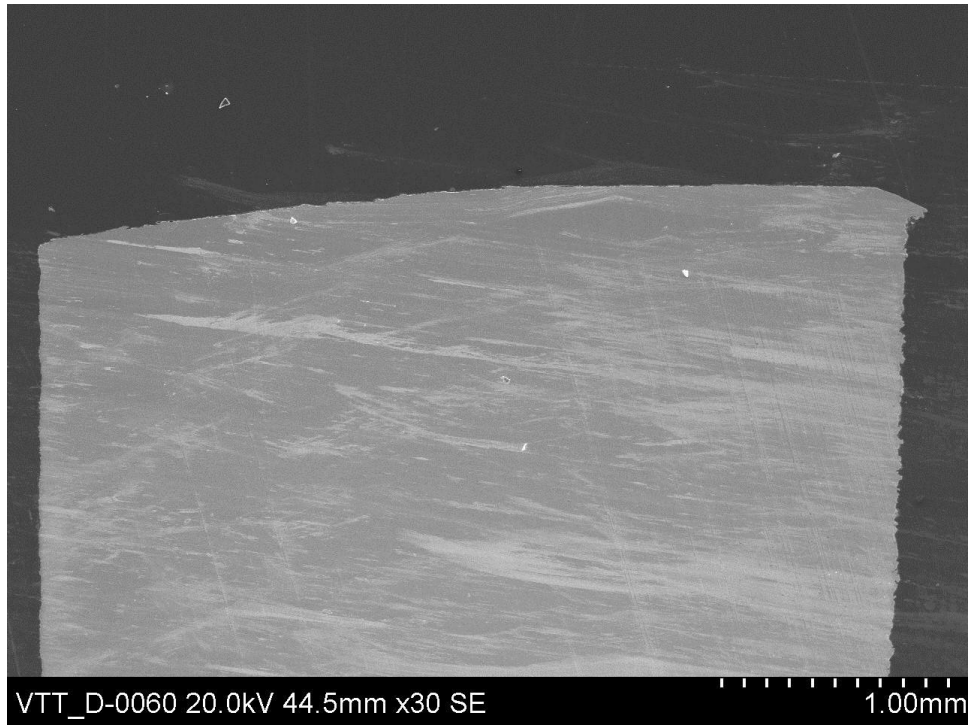


a)

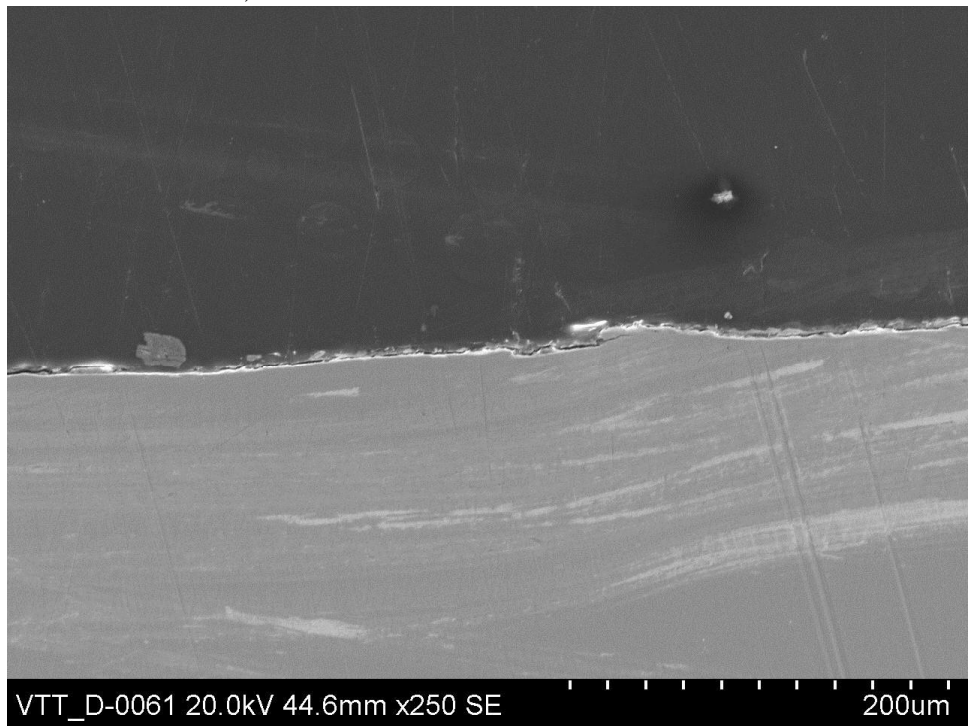


b)

Kuva 25. SEM-kuva poikkileikkauksesta, näyte vain harja no 3.



a)



b)

Kuva 26. SEM-kuva poikkileikkauksesta, näyte hiottu harjattu no 4.

Johtopäätökset

Näytteissä no 3 (pelkkä harjaus) ja no 4 (hiomanauha + harjaus) sekä Uusi terä rautapitoisuudet ovat korkeampi kuin muissa näytteissä.

Sahauspintaan jäävät epäpuhtaudet eivät tämän selvituksen perusteella tunkeudu sahattavan putken perusmateriaaliin muutoin kuin sahauspinnan muokkautumisen takia.

Sahauspintaan jääneiden epäpuhtauksien poistamisen määrää sahauspinnan pintaprofiili. Pintaa on työstettävä esim hionnalla siten, että myös pintaprofiilin syvimpiä alueita saadaan työstettyä hieman.

Espoo, 12.2.2018


Tapio Klasila
Tuotepäällikkö


Antero Pehkonen
Erityisasiantuntija

JAKELU

Asiakas
Arkisto

Alkuperäinen
Alkuperäinen

