

Tiia Pakarinen

Vesihanan sulkuventtiilin keraamisten osien tutkiminen mikroskooppisesti vuotojen selvittämiseksi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinööriyö

23.5.2016

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Tiia Pakarinen Vesihanat sulkuventtiilin keraamisten osien tutkiminen mikroskooppisesti vuotojen selvittämiseksi</p> <p>22 sivua 23.5.2016</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Insinööri (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>Kone- ja tuotantotekniikka</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>Tuotantotekniikka</p>
<p>Ohjaaja</p>	<p>Lehtori Juha Kotamies</p>
<p>Työn tarkoituksena oli selvittää miksi yrityksen toimittamat vesihanat alkavat vuotamaan. Työ aloitettiin katsomalla mitä hanan sisältä löytyy ja tutkimalla mikroskoopilla sekä pyyhkäiselektronimikroskoopilla (SEM) kappaleen pintoja sekä materiaalia.</p> <p>Työssä käsiteltiin eri keraamien ominaisuuksia ja keskityttiin alumiinioksidiin, josta hanan vettä säännöstelevät osat oli tehty. Koitettiin selvittää mikä heikkous alumiinioksidilla on tällaisissa olosuhteissa.</p> <p>Tutkimuksissa tutkittiin sekä käytettyä vuotavaa hanaa, että käyttämätöntä hanaa SEMillä ja huomattiin, että rakenteellisia eroja kappaleilla ei juurikaan ollut, joten kyseessä on valmistusvirhe.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>Keraamit, alumiinioksidi, pyyhkäiselektronimikroskooppi</p>

Author Title	Tiia Pakarinen Leaking Taps
Number of Pages Date	22 pages 23 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Production Technology
Instructor	Juha Kotamies, Senior Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to examine the causes why some of the taps delivered by the company were leaking after a certain period of time.</p> <p>Firstly, the used taps were opened and examined with the microscope and using scanning electron microscopy, SEM. It gave important information about the material. It was found out that the material was aluminium oxide. Secondly, topic-related literature was studied. Thirdly, the unused taps were examined in the same way.</p> <p>As a result, it was discovered that the problem is caused by the production process. The ceramic parts inside the taps were porous, which makes the taps fragile to corrosion. Aluminium oxide, however, does not have any standards and therefore, it may be difficult to acquire material of good quality.</p>	
Keywords	Ceramic, Aluminium oxide, SEM

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vesihanan rakenne ja toiminta	2
3	Keraamit	4
3.1	Ominaisuudet	4
3.1.1	Tiheys	4
3.1.2	Sulamislämpötila	4
3.1.3	Lämmönjohtavuus	5
3.1.4	Mekaaniset ominaisuudet	5
3.1.5	Sähköiset ja magneettiset ominaisuudet	5
3.2	Keraamityypit	6
3.2.1	Zirkoniumoksidi (ZrO_2)	6
3.2.2	Piikarbidit (SiC)	6
3.2.3	Piinitridit (Si_3N_4)	6
3.2.4	Alumiinioksidit (Al_2O_3)	6
3.3	Keraamien valmistus	7
3.4	Alumiinioksidin sintraus	9
3.4.1	Puristuspaine	10
3.4.2	Sintrausaika ja -lämpötila	10
3.4.3	Jauheen puhtaus	10
4	Suoritetut tutkimukset	11
4.1	Optinen mikroskooppi	11
4.2	Pyyhkäisyelektronimikroskooppi (SEM)	11
4.2.1	Elektronitykki	11
4.2.2	Lämpöemissiotykki	11
4.2.3	Filamentin saturaatio	12
4.2.4	Tyhjiöjärjestelmä	12
4.2.5	Elektromagneettiset linssit	12
5	Käytettyistä hanoista saadut tulokset	14
6	Korroosioeroosio	17

7	Käyttämättömän hanan tulokset	18
8	Yhteenveto	21
	Lähteet	22

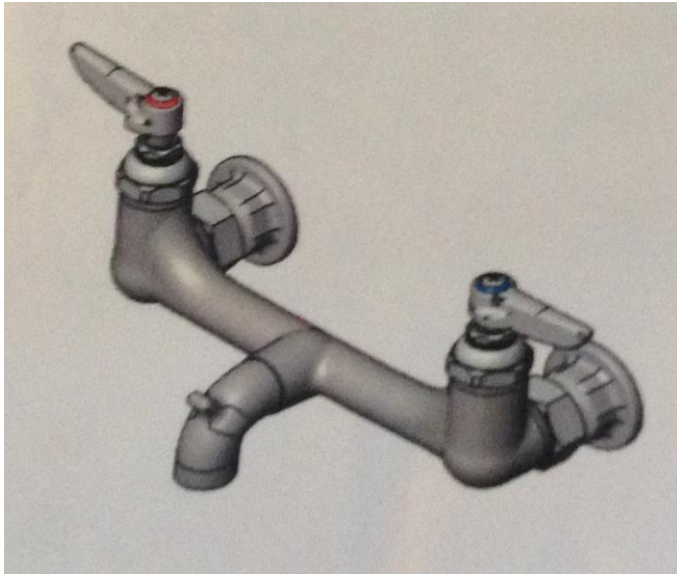
1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia, miksi yrityksen toimittamat vesihanat alkavat vuotamaan jonkin ajan kuluessa. Osa vesihanoista alkaa vuotamaan, mutta osa saattaa toimia virheettömästi. Tällaiset jatkuvat viat saattavat laskea yrityksen luotettavuutta.

Työssä perehdytään keramiikkaan materiaalina ja siihen, millaisia etuja sillä on verrattuna muihin materiaaleihin. Keramiikoista vielä tarkemmin tarkastellaan alumiinioksidia, josta yrityksen hanojen sulkukappaleet on valmistettu.

2 Vesihanau rakenne ja toiminta

Kuvassa 2 on kuva sulkuventtiilistä, joka on purettu sekoittajasta (kuva 1). Osalla siis säädetään veden tuloa hanasta kuvassa näkyvällä kahvalla.



Kuva 1 Sekoittaja



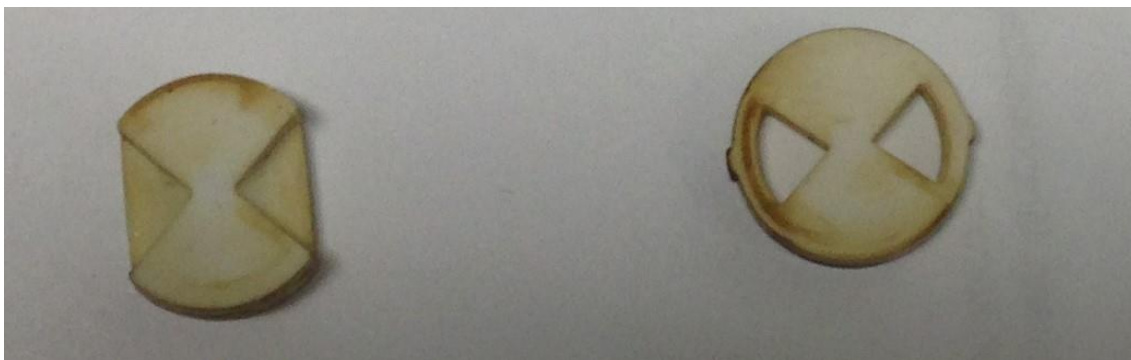
Kuva 2 Sulkuventtiili

Venttiilistä ruuvattiin alin ruskean värinen osa pois ja sisältä paljastuivat kuvan 3 osat.



Kuva 3 Purettu hana

Venttiilin sisällä on kaksi keraamista osaa (kuva 4), jotka liukuvat limittäin ja säännöstelevät veden virtausta. Kahvaa kääntämällä saadaan Kuvan 4 osat niin, että kolmiot ovat päällekkäin ja vesi pääsee virtaamaan



Kuva 4 Sisältä löytyneet keraamiset osat

3 Keraamit

Keraamit ovat epäorgaanisia ja epämetallisia aineita. Ne ovat ihmisen vanhimpia konstruktiomateriaaleja. Niitä valmistetaan korkeissa lämpötiloissa ja valmistusaineina ovat usein metallioksidit, nitridit ja karbidit. Niillä on paljon hyviä ominaisuuksia, kuten hyvä lämmönkestävyys, hyvä mekaanisen rasituksen kestävyys, kovuus, alhainen tiheys ja korroosionkesto. Siksi niitä käytetään usein ruokailuvälineiden, rakennustekniikan ja saneittitilojen materiaaleina. Myös timantit kuuluvat keraameihin

Koneenrakennuksessa keraamit ovat yleistyneet viime vuosikymmeninä korvaten metalleja. Niitä käytetään varsinkin vaativissa olosuhteissa, kuten korkeissa lämpötiloissa.

Keraamin ongelma on hauraus. Osaa mitoittaessa täytyy ottaa huomioon materiaalin säröt.

Keraamiset materiaalit voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- perinteinen keramiikka (savitavara, posliini)
- lasit
- sementti ja betoni
- lasikeraamit
- kivet ja mineraalit
- erikoiskeraamit

[1, s. 21.]

3.1 Ominaisuudet

3.1.1 Tiheys

Keraamien tiheys on jotakin metallien ja polymeerimateriaalien väliltä. Booriyhdisteet ovat keveitä keraameja. Refractory yhdisteet, esimerkiksi volframi, ovat taas raskaita. [1, s. 22.]

3.1.2 Sulamislämpötila

Sulamislämpötilalla määritetään aineen maksimikäyttölämpötila. Metalleihin verrattuna keraamilla on korkea sulamispiste. Oksidikeraamit ovat myös kemiallisesti stabiileja. Muilla keraameilla tapahtuu hapettumista. [1, s. 22.]

3.1.3 Lämmönjohtavuus

Keraamit johtavat huonommin lämpöä ja sähköä kuin metallit. Nämä erot johtuvat materiaalia koossapitävistä sidoksista. Metalleilla on runsaasti vapaita elektroneja, keraameilla puolestaan sekä kovalenttisiä että ionisidoksia, joihin elektronit ovat sitoutuneet. Keraamien lämmönjohtavuus tapahtuu yleensä säteilemällä. Yksikomponenttiset keraamit johtavat parhaiten lämpöä. [1, s. 22.]

3.1.4 Mekaaniset ominaisuudet

Kimmomoduuli ja myötölujuus kuvaavat materiaalin kykyä vastustaa muodonmuutosta. Keraameilla kimmomoduuli laskee korkeissa lämpötiloissa, mutta pysyy metallien luokassa. Keraamit pysyvät lujina korkeisiin lämpötiloihin asti, joten ne sopivat metalleja paremmin korkeisiin lämpötiloihin.

Keraameilla ei esiinny pysyvää plastista muodonmuutosta, vaan ne murtuvat jännityksen kasvaessa liian suureksi.

Kulumiskestävyyden kannalta tämä on tärkeää. Keraamit ovat kovempia kuin metallit ja muovit. Kovuutta hyödynnetään pinnoitteina että monolitteinä. Kovuus muuttuu vasta 1 000 °C. Sintraamalla keraamit saavat lopullisen kovuuden. [1, s. 23.]

3.1.5 Sähköiset ja magneettiset ominaisuudet

Usein keraamit ovat eristeitä, mutta niillä voi olla sähköisiä ominaisuuksia. Ne voivat olla johteita, eristeitä ja puolijohteita. Sähköisiä ominaisuuksia voidaan muuttaa koostumuksen, lisäaineiden ja rakenteen avulla olosuhteisiin sopivaksi. Keraamit ovat ainoa eristemateriaali, joka kestää korkeita lämpötiloja ja korrodisoivia olosuhteita. [1, s. 24.]

3.2 Keraamityypit

3.2.1 Zirkoniumoksidi (ZrO_2)

Zirkodiumoksidi on zirkodium- ja oksidi-ionien muodostama epäorgaaninen ioniyhdiste. Sillä on neljä eri kidemuotoa: monokliininen, tetragonaalinen, ortorombinen ja kuutiollinen fluoriittirakenne. Yleisin muoto on monokliininen. Materiaalin sulamispiste on korkea $2\,710\text{ °C}$ ja lämpötilankestoa voidaan vielä parantaa yttrium-, magnesium- tai kalsiumoksidilla. Kuuma väkevä rikkihappo ja vetyfluoridi ovat ainoat aineet, joihin yhdiste liukenee. Korkeassa lämpötilassa zirkodiumoksidi voi reagoida muiden metallioksidien kanssa muodostaen zirkonaatteja. Yhdistettä käytetään tulta kestävässä materiaaleissa. Lisäksi sitä käytetään mm. valkoisena väriaineena, hammaslääketieteessä ja lasin taittoerrointa parantavana yhdisteenä. [2]

3.2.2 Piikarbidit (SiC)

Piikarbidit on piin ja hiilen muodostama keraaminen yhdiste. Sillä on yli 200 eri kiderakennetta. Ja sen ominaisuudet riippuvat kiderakenteesta. Yhdiste sopii tehoelektronikan komponenttien valmistukseen ja on lupaava puolijohdemateriaali. Materiaalin valmistuksessa on vain suuria ongelmia. Sitä on vaikea valmistaa isoissa erissä niin, että se olisi virheetöntä. [3]

3.2.3 Piinitridit (Si_3N_4)

Piinitridi kestää hyvin termisiä rasituksia korkeissa lämpötiloissa. Usein sitä käytetäänkin dieselmoottorin osiin. Lämpötilavaihteluissa termiset jännitykset jäävät pieniksi, koska lämpölaajenemiskerroin on pieni. [4]

3.2.4 Alumiinioksidit (Al_2O_3)

Alumiinioksidi on valkoista kiinteää ainetta huoneenlämmössä. Sillä on korkea sulamislämpötila ($2\,072\text{ °C}$), eikä se liukene veteen tai happoon. Emäksisiin aineisiin se liukenee aluminaatti-ioneina. Alumiinioksidi on käytetyin konstruktiokeraami, ja sen sovellutusalueet ovat laajat. Sillä on hyvä kemiallinen ja sähköinen eristyskyky, sekä se kestää korkeissa lämpötiloissa ilman, että lujuus kärsii. Konstruktiokerameilla ei ole standardeja

eli materiaalin ominaisuudet riippuvat valmistajasta. Taulukossa 1 on esitelty alumiinioksidin hyvät ja huonot puolet.

Taulukko 1

Alumiinioksidit Al_2O_3	
Plussat	Miinukset
edullisuus kemiallinen kestävyys kulumiskestävyys sähköinen eristävyys korkea kimmomoduli	huono lämpöshokin kestävyys

Keraamit, joiden alumiinioksidipitoisuus on yli 80 %, saavat nimityksen alumiinioksidi. Valmistusmenetelmä ja lähtöaineiden puhtaus vaikuttavat olennaisesti alumiinioksidin ominaisuuksiin.

Jotta alumiinioksidia voitaisiin sintrata, täytyy siihen lisätä esimerkiksi piioksidia (SiO_2). Sintraaminen ilman tätä olisi todella kallista ja vaikeaa. Näin saadaan silikaattityyppinen raerajafaasi, joka helpottaa tiivistymistä ja siten sintraaminen on helpompaa ja edullisempaa. Materiaalin puhtaus vaikuttaa tuotteen tiheyteen eli huokoisuuteen. Silikaatit heikentävät alumiinioksidin ominaisuuksia, kuten kovuutta ja kimmomodulia. [5]

3.3 Keraamien valmistus

Keraameja valmistetaan useilla tavoilla, mutta seuraavat vaiheet yhdistävät tapoja:

Jauheen valmistukseen kuuluu annostelu, sekoitus, jauhatus ja esipolttu. Kuitenkin käsittelyprosessiin vaikuttavat lähtöaineet sekä lopputuote. Luonnonraaka-aineet ja synteettiset lähtöaineet käsitellään eri tavoin. [7]. Jauheen ominaisuudet vaikuttavat ratkaisevasti valmiin keraamin mikrorakenteisiin ja mekaanisiin ominaisuuksiin. Halutut ominaisuudet ovat pieni partikkelikoko, kapea partikkelikokojakauma ja moniaksaalinen rae-muoto, ja materiaalin tulisi olla agglomeroitumaton sekä puhdas. Epäpuhdas materiaali vaikuttaa negatiivisesti materiaalin ominaisuuksiin. [6, s. 5.]

1. Kylmämuovaus

Jauhe muotoillaan ennen polttoa, jotta uunissa tapahtuvan kutistumisen jälkeenkin saadaan halutun lainen tuote. Erilaisia kylmämuovausmenetelmiä ovat muottipuristus, lietevalu, plastinen muovaus, ekstruusio ja ruiskuvalu. [7, s. 213 – 217.]

2. Kuivaus

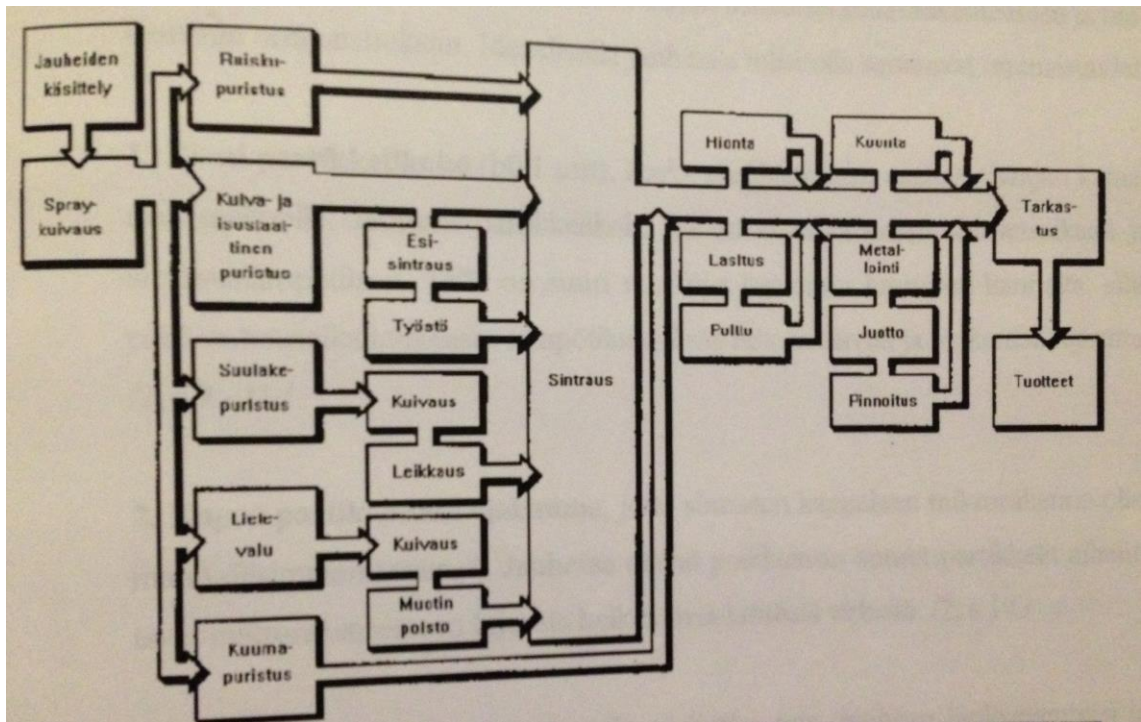
Muotoillut aihiot kuivataan.

3. Poltto

Jauhe tarvitsee 500 °C:n lämmön keraamiksi muuttumiseen. Silloin vesi ei kykene liuottamaan materiaalia plastiseen muotoon. Osa materiaaleista tarvitsee kuitenkin korkeamman lämmön. Esimerkiksi sintrauskuumennuksessa on jopa 1 000 – 2 000 °C. Tuotteiden kutistuminen on jopa 30 %. [7, s. 213 – 217.]

4. Viimeistely

Materiaali on niin kovaa, että viimeistelyn voi hoitaa vain hionnalla.



Kuva 5 Konstruktiokeramioiden tärkeimmät valmistusvaiheet [7, s. 213 – 217.]

Kuvassa 5 on esitetty onnistuneeseen tuotteeseen tarvittavat vaiheet. Tarkka valvonta on tuotteen onnistumisen edellytys.

3.4 Alumiinioksidin sintraus

Sintrauksessa kappale saavuttaa lopullisen kovuuden. Kappale kuumennetaan pääai-neen sulamispisteen alapuolelle. Jauhepartikkelit sintrautuvat toisiinsa diffuusion avulla, jolloin tiheys, lujuus ja sitkeys kasvavat. Sintraukseen vaikuttavat sintrauslämpötila, aika, ympäröivä kaasu, puristeen alkutiheys ja jauheen aktiivisuus sintrautumiseen.

Sintrauksessa saatetaan tarvita apuaineita, jos materialin omiin ominaisuuksiin ei kuulu tiivistyminen korkeassa lämpötilassa. Ulkoisen paineen käyttö vähentää apuaineen tarvetta. Myös lämpötiloja voidaan alentaa mikä vähentää haitallista rakeenkasvua. Tällai-sia menetelmiä ovat kuumapuristus ja isostaattinen kuumapuristus. Kappaleessa tapah-tuu sintrauksessa muodonmuutoksia, joten riittävät mittatoleranssit ovat tarpeen. [6, s. 12 – 15.]

3.4.1 Puristusaine

Kappaleen tiheyteen vaikuttaa se, miten lähellä jauhepartikkelit olivat toisiaan ennen sintrausta, ja siihen puolestaan vaikuttaa puristusaine. [6, s. 13 – 14.]

3.4.2 Sintrausaika ja -lämpötila

Sintrausajan kanssa tulee olla hyvin tarkka ja ajan määrittämisessä pitää ottaa huomioon kappaleen mitat. Sintrausajan tulee olla juuri oikea. Jos sintrataan liian kauan ominaisuudet heikkenevät. Yliaika edistää rakeenkasvua mikä heikentää mekaanista lujuutta. Sintraus lopetetaan heti halutun tiheyden saavuttamisen jälkeen.

Lämpötila on yleensä 1 600 - 1 800 °C, ja se riippuu pintaenergiasta, raekokojakaumasta, ja jauheen sisältämistä lisäaineista. Korkea lämpötila parantaa diffuusiota, jolloin päästään lähemmäs teoreettista tiheyttä. [6, s. 15.]

3.4.3 Jauheen puhtaus

Jauheen puhtaus vaikuttaa keraamien ominaisuuksiin, kuten lujuuteen sekä virumis- ja hapettumiskestävyteen. Jos epäpuhtaudet pääsevät konsentroitumaan raerajoille, saattaa lasifaasin pehmenemislämpötila alentua, mikä taas heikentää virumiskestävyttä. Jos epäpuhtaudet ovat sulkeumina, niin vaikutukset ovat vähäisiä. Tällöin epäpuhtaudet voivat aiheuttaa materiaaliin jännityshuippuja, mikä vähentää vetolujuutta. Sulkeuman lujuusvaikutus riippuu sen koosta verrattuna keraamin raekokoon sekä rakeiden välisistä ominaisuuksien eroista. Sulkeumat vaikuttavatkin enemmän kappaleen sähköisiin, magneettisiin ja optisiin ominaisuuksiin. [6, s. 15 – 16.]

4 Suoritetut tutkimukset

4.1 Optinen mikroskooppi

Sulkuventtiilin sisältä löytyneet keraamiset osat päätettiin kuvata ensiksi optisella mikroskoopilla, jotta nähtäisiin, onko osissa jotain merkittäviä ongelmia. Oletettiin, että keraamisissa osissa on vikaa, koska osien hankaus voisi aiheuttaa kulumaa keraamin pintaan.

Optisella mikroskoopilla ei saatu tarpeeksi tarkkaa kuvaa, mutta saatiin peruste ryhtyä tarkempiin tutkimuksiin, jotka pystyttiin tekemään pyyhkäisyelektronimikroskoopilla eli SEMillä. Sillä saisi myös selville, mistä materiaalista hanan osat on valmistettu.

4.2 Pyyhkäisyelektronimikroskooppi (SEM)

Pyyhkäisyelektronimikroskoopilla tutkitaan näytteen pintaa tarkemmin kuin perinteisellä valomikroskoopilla. Se ampuu elektronitykillä elektronisuihkun pitkin elektronipylvästä, sekä linseistä, jotka kohdistavat elektronisuihkun näytteen pinnalle. Lisäksi laitteessa on kammio näytteelle, jonka tulee olla tyhjiössä. [10]

4.2.1 Elektronitykki

Elektronitykki synnyttää elektronisuihkun, joka korvaa valomikroskoopin valonlähteen. Kuvan laatu riippuu paljolti käytetystä elektronitykistä. Yksinkertaisimmat tykit käyttävät volframilankaa elektronien tuottamiseen. [10]

4.2.2 Lämpöemissiotykki

Lämpöemissiotykki koostuu filamentista, Wehnelt-sylinteristä ja anodista. Yksinkertaisin tapa elektronisuihkun luomiseen on käyttää filamenttina volframilankaa. Kun filamenttia lämmitetään, se vapauttaa elektroneja joka suuntaan. Wehnelt-sylinteri sijaitsee filamentin päällä ja estää elektronien vapautumisen muualta kuin filamentin kärjestä, siitä ne kiihdytetään anodin läpi elektronipylvääseen. [8]

4.2.3 Filamentin saturaatio

Elektronitykin käytössä on oleellista ymmärtää filamentin saturaatio. Mitä suurempi on filamenttivirta, sitä suurempi kirkkaus. Filamenttivirran saavuttaessa tietyn pisteen kuva ei enää kirkastu enempää, mitä kutsutaan saturaatioksi. Saturaation saavuttamisen jälkeen filamenttivirran nostaminen ei enää lisää elektronien säteilyä vaan lyhentää elektronilähteen ikää. [10]

4.2.4 Tyhjiöjärjestelmä

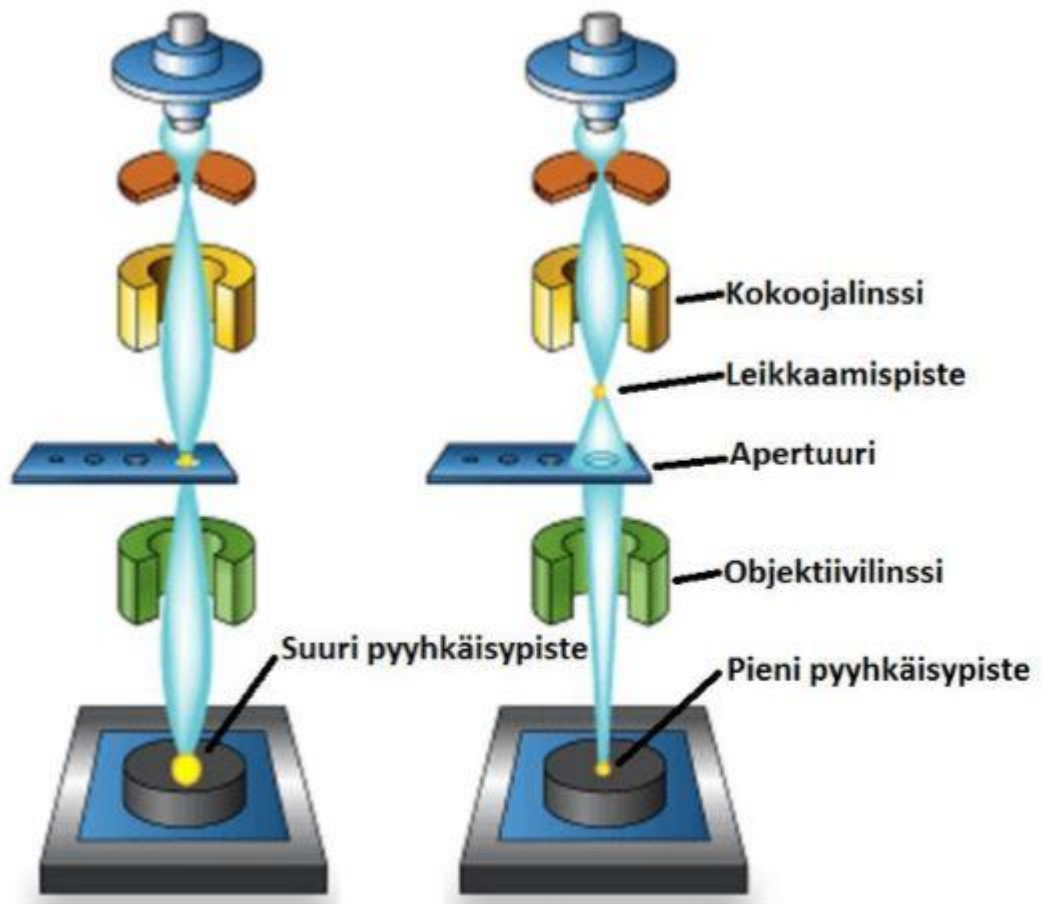
Tyhjiö minimoi elektronisuihkun hajoaminen ennen kuin se saavuttaa näytteen. Tämä on tärkeää, sillä muuten kuvan laatu huononee. Tyhjiö saadaan aikaan yleensä kahden pumpun avulla, jotka poistavat ilmaa kammiosta. Yleiset pumpputyypit ovat diffuusiopumppu sekä turbomolekyylipumppu. [8]

4.2.5 Elektromagneettiset linssit

Elektronivirta kulkee elektromagneettisen johdon läpi. Virta muodostaa tilaan magneettisen kentän, jolloin elektronisäde kulkee spiraalin muodossa.

Linssin tarkoitus on muuttaa säteiden suuntaa toivotusti. Linssit on valmistettu ferromagneettisista materiaaleista, sillä yleensä käytetyt lasi ja muovi estävät elektronien liikkeen. Näin saadaan polttopiste, jota voidaan muuttaa säätämällä sähkövirtaa käämeissä. [10]

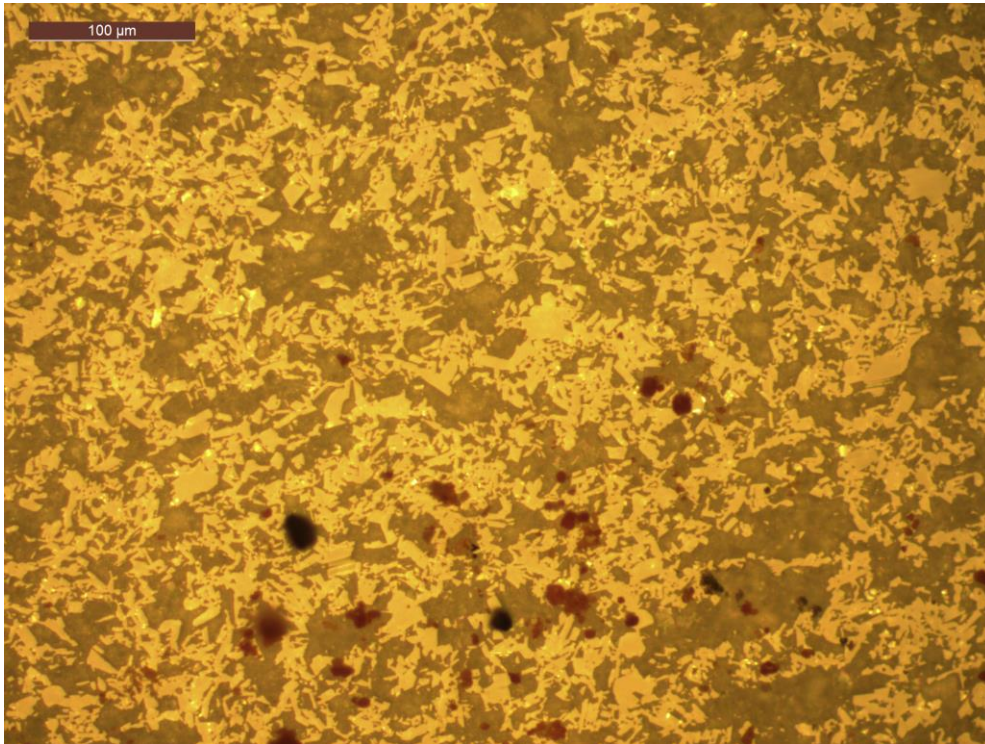
Laitteessa on kaksi linssiä. Kokoojalinssi on ylimpänä ja objektiivilinssi alempana. Kummallakin on eri työt. Kokoojalinssi supistaa elektronisuihkun leikkauspisteeksi linssin alle, minkä jälkeen se jälleen leviää ennen kohdistusta objektiivilinssin avulla näytteen pinnalle. Kuva 6 havainnollistaa tapahtumaa. [8]



Kuva 6 Sähkömagneettisten linssien toiminta [8]

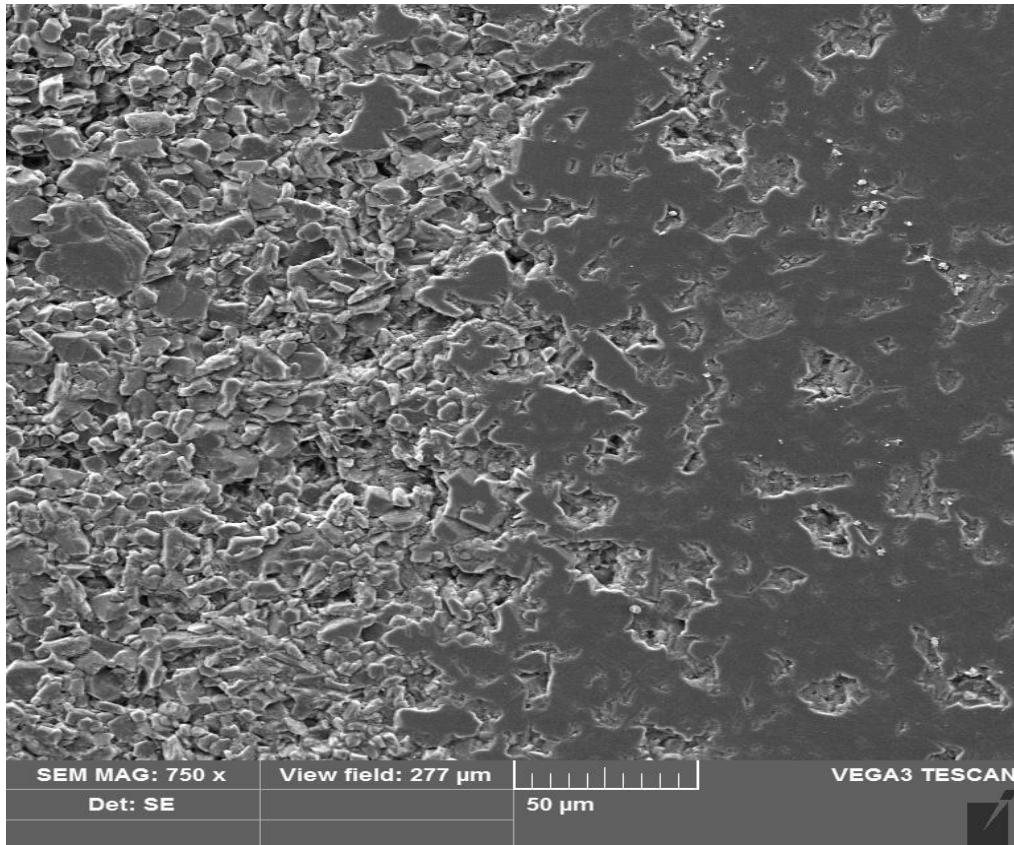
5 Käytettyistä hanoista saadut tulokset

Käytetyt hanat kuvattiin ensin tavallisella valomikroskoopilla. Kappaleita tutkiessa huomattiin, että osissa näkyy kulumisjälkiä. Niistä näkee, kuinka levyt olivat hanganneet toisiaan. Kuvissa näkyi myös mustia pisteitä, joiden oletettiin olevan reikiä (kuva 7).



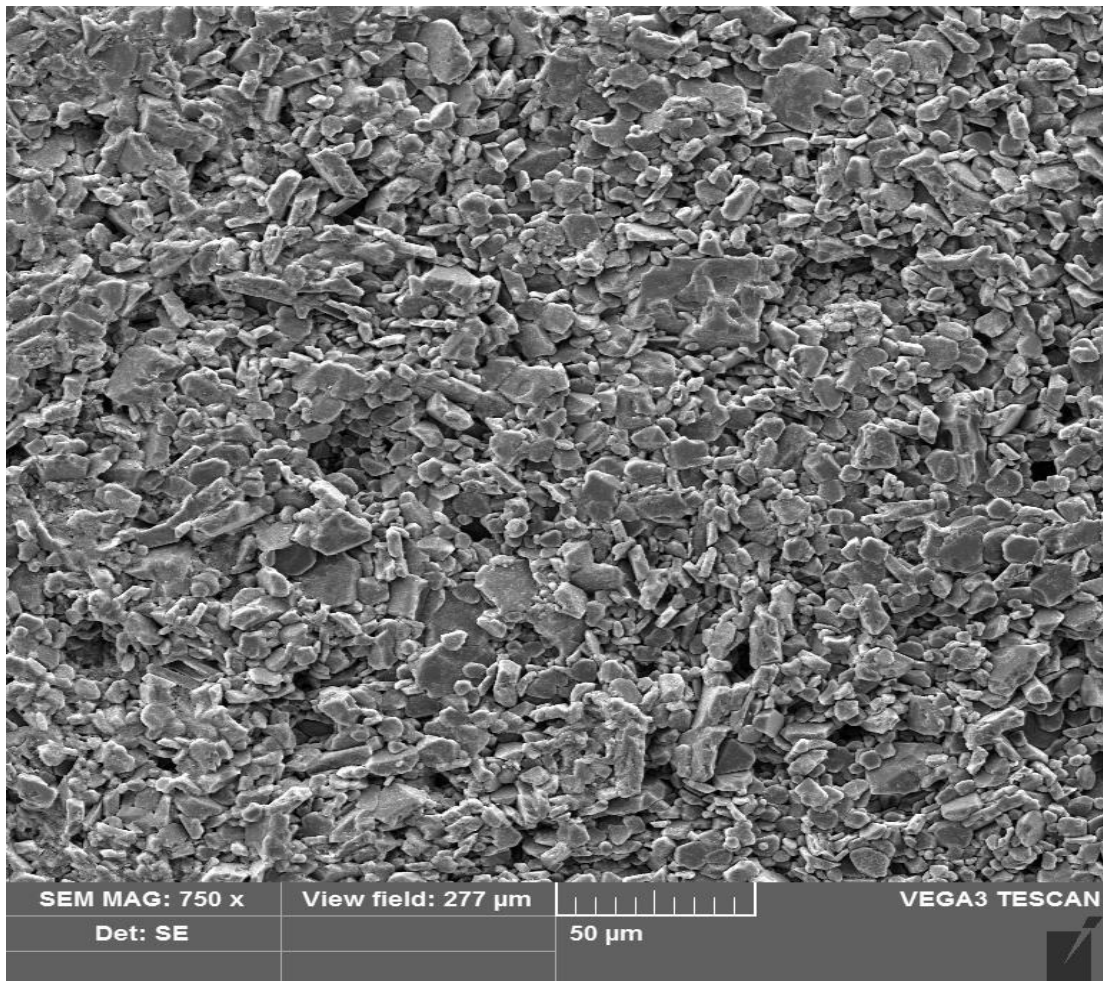
Kuva 7 Valomikroskoopilla kuvattuna materiaalin pintaa

Kuvassa 8 on SEMillä kuvattuna erään hanan keraamisen pinnan rajapinta. Kohta, missä levyt ovat hanganneet toisiaan säännöstellen veden kulkua, on paljon kuluneempi, kuin osa, mistä vesi ei kulje. Sielläkin tosin näkyi reikiä.



Kuva 8 Hanan rajapinta

Kuvassa 9 on hyvin huonokuntoisen näköistä levyn pintaa. Pinnalta on kadonnut paljon materiaalia, ja se näyttää melko huokoiselta.



Kuva 9 Tarkennus levyn pinnasta

6 Korroosioeroosio

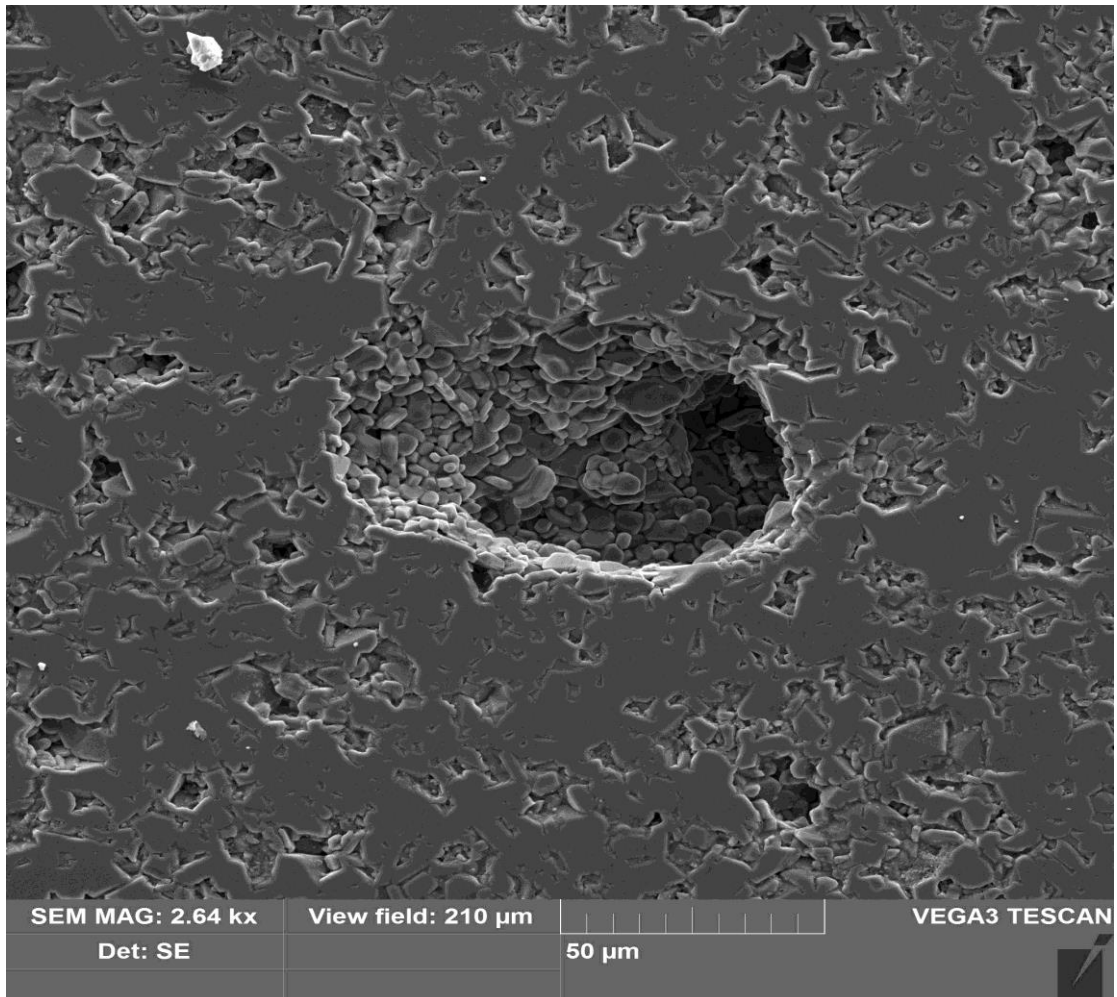
Alumiinioksidin hajoamisen syyksi epäiltiin ensiksi jotain syöpymistä, kuten korroosiota. Materiaalista löytyi rautaa, joka reagoi veden kanssa, joten se voisi aiheuttaa syöpymistä alumiinioksidissakin.

Putkessa virtaavan veden virtausnopeuden kasvaessa riittävän suureksi se kykenee irrottamaan materiaalin pinnalta suojaavia korroosiotuotekerroksia. Sitä tapahtuu virtauksen epäjatkuvuuskohtissa, jotka aiheuttavat pyörteitä ja kriittisen nopeuden ylityksen. Kriittinen virtausnopeus riippuu materiaalin ominaisuuksista.

Veden irrottamat partikkelit lisäävät kulutusta. Pienemmässä virtausnopeudessa ne voivat rikkoa korroosiosuojakerroksen pienemmässä virtausnopeudessa. Suurella nopeudella tapahtuu mekaanista kulumista jolloin korroosion kestävyydellä ei enää ole merkitystä. [9, s. 17 - 19.]

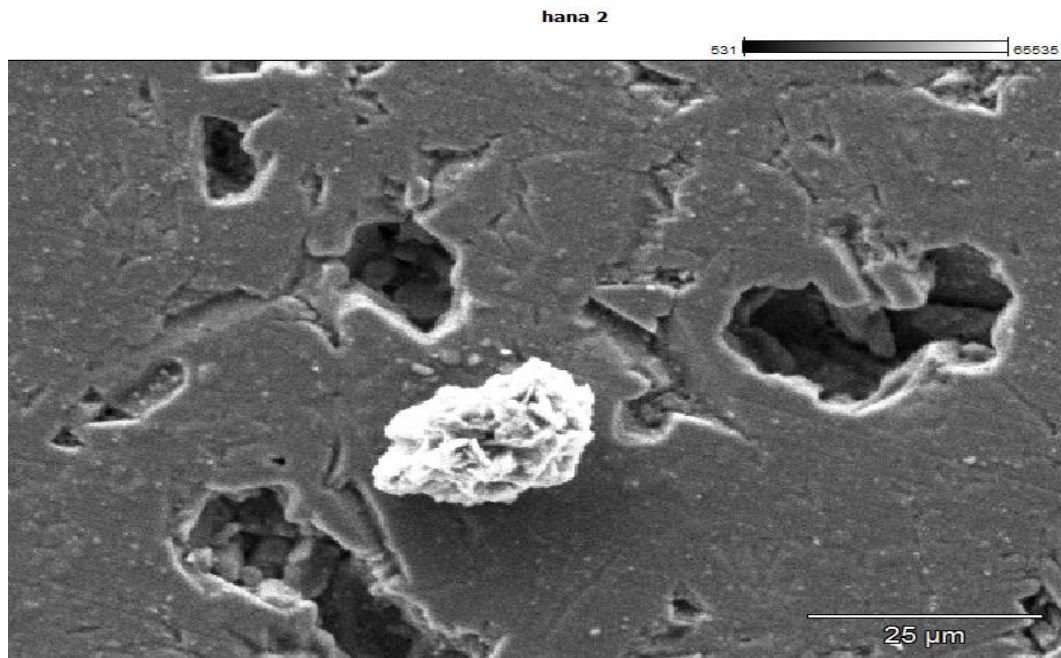
7 Käyttämättömän hanan tulokset

Lopuksi tutkittiin vielä käyttämättömien hanojen rakennetta, ja se suoritettiin vain SEMillä. Kuvassa 10 huomataan, ettei se näytä käyttämättömänä paljoakaan paremmalta kuin käytetty hana. Kuvassa näkyy iso kolo, johon vesi pääsee tunkeutumaan.



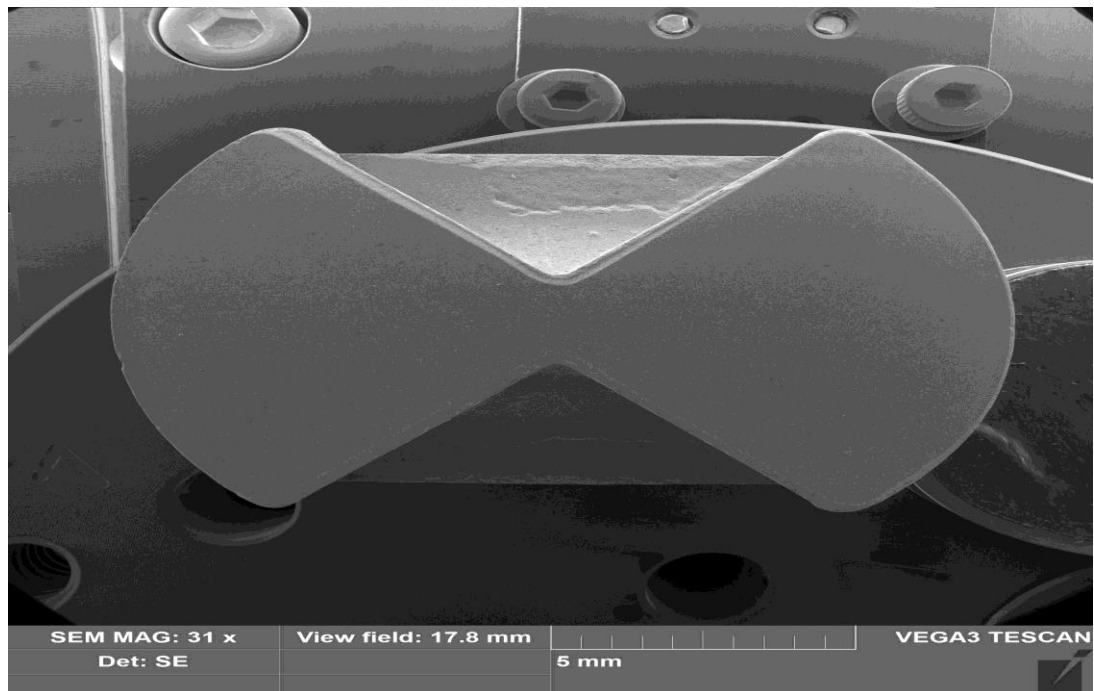
Kuva 10 Reikä käyttämättömässä hanassa

Kuvassa 11 taas näkyy, että kappaleessa on jotakin muutakin kuin alumiinioksidia. Ylimääräinen aines osoittautui raudaksi, jonka ei kuuluisi olla materiaalissa.

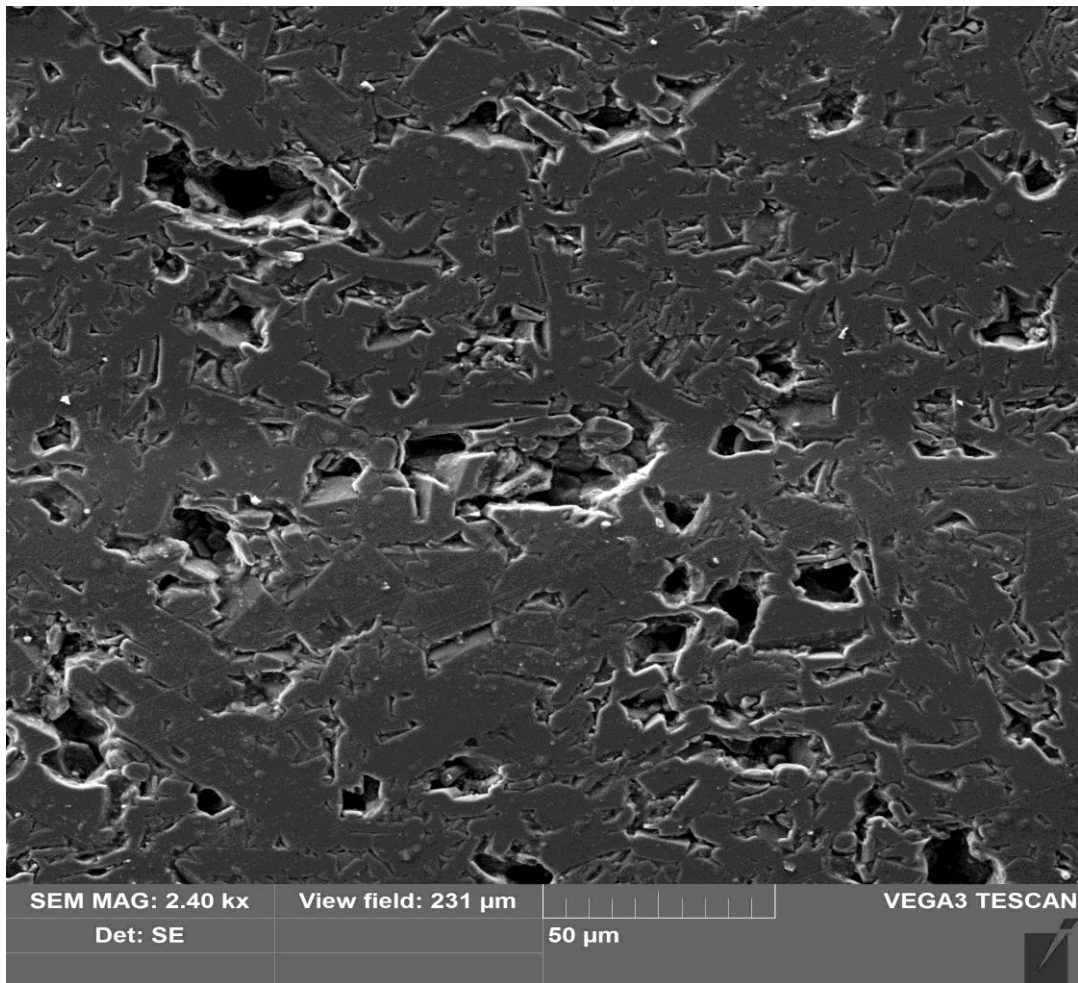


Kuva 11 Rautaa levyssä

Kuvassa 12 on kuvattu toinen levyistä kokonaan. Kolmion kärjissä näkyy murenemista.



Kuva 12 Koko levy



Kuva 13 Tarkennus pinnasta

Alumiinioksidin huokoisuus johtuu todennäköisesti valmistusvirheestä. Alumiinioksidin tuli olla puhdasta ja kuvatuissa kappaleissa löytyi rautaa, joka heikentää materiaalin ominaisuuksia. Keraameille on tyypillistä suuri ominaisuuksien hajonta, joten varmuuslukujen olisi hyvä olla tarpeeksi isot. Kappaleet tulisi myös koestaa käyttöoloissa.

8 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli selvittää, miksi vesihanojen alumiinioksidiosat päästävät veden virtaamaan läpi. Tutkimuksissa huomattiin puutteita valmistuksen osalta. Keraamiset osat olivat jo käyttämättöminä todella huonokuntoisen näköisiä.

Tutkimuksen haasteina olivat vähäinen tutkimus tämän tyyppisistä ongelmista alumiinioksidilla. Alumiinioksidin sanotaan olevan ylivertainen materiaali. Materiaalilta puuttuvat standardit, jotka määrittelisivät sille jotkin laatuvaatimukset. Kun kappaleita katsotaan paljain silmin ilman teknisiä apuvälineitä ne näyttävät tasaisilta ja hyväkuntoisilta, ja ongelmat paljastuvat vasta kun ottaa kuvia SEMillä.

Lähteet

- 1 Torri, Antti. 2014. Keraamiset komposiitit ja korroosionesto. Kymenlaakso: Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu.
- 2 Wikipedia. 2016. Verkkodokumentti. www.wikipedia.org/wiki/Zirkoniumdioksidi Luettu 14.4.2016.
- 3 Råback, P. 2016. Verkkodokumentti. www.staff.csc.fi/~raback/sic/sic_fin.html. Luettu 20.4.2016
- 4 Tampereen teknillinen yliopisto Materiaaliopin laitos. 2005. Verkkodokumentti. www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_3_7.php. Luettu 18.4.2016.
- 5 Tampereen teknillinen yliopisto Materiaaliopin laitos. 2005. Verkkodokumentti. www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_3_3.php. Luettu 1.4.2016.
- 6 Oksa, M. 1995. Alumiinioksidin sintraus. Helsinki: Helsingin teknillinen oppilaitos.
- 7 Koivisto, Kaarlo ym. 2010. Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: Edita
- 8 Yli-Hukkala, K. 2014. Pyyhkäisyelektronimikroskoopin käyttö materiaaliympäristössä. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
- 9 Sainio N. 2012. Korroosio ja sähköinen korroosion esto. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.
- 10 MyScope. 2011. Verkkodokumentti. www.ammrf.org.au/myscope/sem/practice/. Luettu 3.5.2016.