

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 820064 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS  
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG  
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE  
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 820064

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -  
International patent classification  
**C23C**

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **08.01.1982**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **08.01.1982**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **14.07.1982**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **12.06.2019**

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

13.01.1981 US 224762 09.11.1981 US 319678

(71) Hakija - Sökande - Applicant

**1 • Metafuse Limited**, 20 Meteor Drive, Rexdale, Ontario Canada, TOWN UNKNOWN, KANADA, (CA)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

**1 • Joseph, Ady**, TOWN UNKNOWN, KANADA, (CA)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

**Keijo Heinonen Oy**, Fredrikinkatu 61 A, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

**Menetelmä ja laitteisto sähköisesti johtavien matriisien käsittelemiseksi ja menetelmällä valmistetut tuottuotteet.**

**Förfarande och anordning för behandling av elektriskt ledande matriser och medelst förfarandet framframställda produkter.**

MENETELMÄ JA LAITTEISTO SÄHKÖISESTI JOHTAVIEN MATRIISIEN  
KÄSITTELEMISEKSI JA MENETELMÄLLÄ VALMISTETUT TUOTTEET

- 5 Esillä olevan keksinnön kohteena ovat sulatusmenetelmät, laitteet sellaisten menetelmien toteuttamiseksi ja sellaisilla menetelmillä aikaansaadut tuotteet.

- Tulee ymmärtää, että tässä hakemuksessa termiä "sulatus"  
10 käytetään tarkoittamaan menetelmää, jossa erilaisia aineita liitetään toisiinsa kemiallisesti tai fysikaalisesti.

- On ollut yleistä käsitellä perusaineita tai matriiseja eri tavoin tarkoituksena parantaa matriisien ominaisuuksia tiet-  
15 tyyn käyttötarkoitukseen. Joskus nämä käsittelyt ovat kohdistuneet matriisiin kokonaisuutena ja toisissa menetelmissä on parannettu vain pinnan ominaisuuksia.

- Kuitenkin näissä menetelmissä on ollut rajoituksia. Työkappale tai matriisi voi olla sen muotoinen, ettei siihen voida  
20 käyttää tiettyjä ominaisuuksia parantavaa menetelmää; menetelmä voi olla tuhoisa työkappaleessa jo olleille halutuille ominaisuuksille tai työkappaleessa, vaikkakin se olisi saanut tiettyjä parannettuja ominaisuuksia, voi ilmetä toisia  
25 huonontuneita ominaisuuksia.

Yleisesti, käytetty menetelmä riippuu käsiteltävästä työkappaleesta tai matriisista ja halutuista ominaisuuksista.

- 30 Yksityiskohtaisemmin, pinnoitusmenetelmät, lämpökäsittely, anodisointi, valokaariruisutus, tyhjöhöyrystys, kemiallinen pinnoitus, sputterointi ja ionipinnoitus ovat kaikki yleisesti käytettyjä menetelmiä.

- 35 Ei-rautametalleja voidaan karkaista vanhentamalla, lämpökäsittelemällä tai anodisoida.

Nämä menetelmät eivät kuitenkaan tarjoa riittävää suojaa kuivaa hankaavaa kulutusta vastaan.

5 Ruiskupinnoitusmenetelmät eivät ole parantaneet rautametallien korroosionkestävyyttä tai fysikaalisia ominaisuuksia.

10 Ei-rautametallien kulutuskestävyyttä on parannettu sähkökemiallisella tai sähkömekaanisella kovakromauksella, mutta nämä menetelmät ovat kalliita ja aikaa vieviä.

15 Muilla menetelmillä, kuten valokaariruiskutus, tyhjöhöyrystys ja sputterointi, on puutteena se, että aikaansaatu pinnoite on tavallisesti ohut, pintojen välinen sidoslujuus on vähäinen tai menetelmillä voidaan käsitellä vain pieniä pinta-aloja.

20 Haittana niiden käytössä on se, että niissä käytetään kaasutekniikkaa tai korkeita jännitteitä, jotka ovat vaikeita käytännössä ja rajoittavat niiden monipuolisuutta.

25 Mukavuussyistä viitataan tässä selityksessä termillä "ensimmäinen sähköä johtava alkuaine" matriisiin, jonka kanssa sulatus on määrä toteuttaa; ja termillä "alkuaine" viitataan sellaiseen aineeseen tai sen seokseen; termillä "toinen sähköä johtava alkuaine tai sen seos" viitataan aineeseen, joka on määrä sulattaa kiinni matriisiin.

30 Tulee myös ymmärtää, että termi "sulatus" käytettynä tässä selityksessä tarkoittaa toisen alkuaineen atomien tai molekyylien tunkeutumista ensimmäisen alkuaineen tai sen seoksen kiinteään matriisiin.

35 Täten esillä olevan keksinnön päämääränä on ainakin osittain voittaa nämä haitat antamalla käyttöön uusi menetelmä ja laitteisto monien erilaisten sähköä johtavien alkuaineiden

sulattamiseksi joko rautametallia tai ei-rautametallia oleviin matriiseihin.

5 Edelleen tämän keksinnön päämääränä on antaa käyttöön uusi laitteisto ja menetelmä, jossa käytetään pinnoitustekniikkaa ympäristön lämpötiloissa, jotka saavat aikaan suuren sidoslujuuden ilman, että työkappaleen tai matriisin ominaisuuksia häiritään tai niitä menetetään.

10 Edelleen tämän keksinnön päämääränä on antaa käyttöön menetelmä, joka ei vaadi käsittelyä kaasu-ilma -työvaiheissa ja johon ei sisälly turvallisuusriskejä ja joka ei aiheuta muodonmuutoksia lämmön vuoksi.

15 Päämääränä on lisäksi antaa käyttöön menetelmä, joka vaatii vähäisen energiapanoksen ja joka silti käyttää tehokkaasti pinnoitemateriaalia.

Keksinnön päämääränä on vielä antaa käyttöön laitteisto,  
20 joka on halpa sekä siirrettävä ja kevyt.

Vielä eräänä keksinnön päämääränä on antaa käyttöön menetelmä, joka synnyttää vahvan pintojen välisen liitoksen ja jota käyttämään ei vaadita koulutettua henkilökuntaa.

25 Esillä olevan keksinnön päämääränä on lisäksi antaa käyttöön sähköä johtavien alkuaineiden liuokset, joita voidaan käyttää saamaan aikaan näiden alkuaineiden sulatus toisten sähköä johtavien alkuaineiden tai näiden seosten kiinteisiin  
30 matriiseihin.

Tämän keksinnön päämääränä on myös antaa käyttöön uudet ja parannetut tuotteet, joilla on parannetut fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti on saatu aikaan menetelmä, laitteisto ja liuokset metallin tai sen seoksen pinnan ominaisuuksien muuttamiseksi ympäristön lämpötiloissa kiinnittämällä fysikaalisesti toinen sähköä johtava alkuaine

5 pintaan, jonka ominaisuuksia on määrä muuttaa, ja johtamalla ennalta määrätyn taajuuden omaava katkottu sähköinen signaali molempiin aineisiin näiden ollessa fysikaalisessa kosketuksessa.

10 On saatu aikaan laitteisto, joka käsittää värähtelevän piirin, jonka tarkoituksena on tuottaa puolialtosignaali ulostuloon, ja välineet toisen sulatettavan alkuaineen ja ensimmäisen alkuaineen, johon toinen on määrä sulattaa, kytkemiseksi ulostulon väliin.

15

On myös saatu aikaan menetelmässä ja laitteiston yhteydessä käytettävät liuokset. Nämä liuokset käsittävät sähköä johtavan kemikaalin liuoksena, jossa sulatettava kemikaali on dissosioituvassa muodossa ja jonka määrä voi vaihdella rajoissa 0,10 - 10 painoprosenttia ja jonka pH on rajoissa 0,4 - 14. Liuoksen ominaisvastus vaihtelee edullisesti rajoissa 5-500 ohmi cm, edullisemmin rajoissa 10-80 ohmi cm.

20

Sovellettaessa menetelmää rautametallia tai ei-rautametallia

25 oleviin matriiseihin saadaan aikaan uusia tuotteita, joissa toinen sähköä johtava alkuaine on sulatettu ensimmäiseen sähköä johtavaan alkuaineeseen syvyyteen yli 0,5  $\mu\text{m}$  ja on pinnoitettu toista sähköä johtavaa alkuainetta olevalla pintakerroksella, jonka paksuus ylittää 0,5  $\mu\text{m}$ .

30

Nämä ja muut esillä olevan keksinnön päämäärät ja ominaispiirteet käyvät paremmin ilmi seuraavasta selityksestä ja piirustuksesta, jossa menetelmän, laitteiston ja menetelmällä saatujen tuotteiden tietyt yksityiskohtaiset suoritus-

35 muodot valaisevat keksintöä ja joissa:

Kuvio 1 esittää yleisperspektiivikuvana keksinnön mukaisen laitteiston yhtä suoritusmuotoa, jota käytetään esillä olevan keksinnön mukaisessa menetelmässä;

- 5 Kuvio 2 esittää yleisperspektiivikuvana keksinnön mukaisen laitteiston toista suoritusmuotoa, jota käytetään esillä olevan keksinnön mukaisessa menetelmässä;

- 10 Kuvio 3 esittää kaaviomuodossa esillä olevassa keksinnössä käytettävää sähköistä piiriä;

- Kuvio 4 esittää oskillaattorin piirikaaviota, jota käytetään esillä olevan keksinnön erään suoritusmuodon mukaisessa laitteessa;

15

Kuvio 5 on 500-kertaisen suurennuksen omaava mikrovalokuva, joka esittää poikkileikkauksena esillä olevan keksinnön mukaisesti titaanikarbidilla käsiteltyä terästä;

- 20 Kuvio 6 on 110-kertaisen suurennuksen omaava mikrovalokuva, joka esittää titaanin tunkeutumista kuvion 5 käsiteltyyn kappaleeseen;

- 25 Kuvio 7 kuvaa mikroanalysaattorin pyyhkäisyä 450-kertaa suurennettuna, jossa on mitattu titaanin  $K\alpha$ -säteily kuvioissa 5 ja 6 poikkileikkauksena esitetyn näytteen pintakerroksen poikki;

- 30 Kuvio 8 on 1100-kertaisen suurennuksen omaava mikrovalokuva kuvion 5 näytteestä sen jälkeen, kun se on pinnoitettu nikkelillä ja kiillotettu, ja se esittää pinnoitteen paksuutta;

- 35 Kuviot 9-16 ovat mikroanalysaattorin viivapyyhkäisyjä vastaavista kohdista 1-8, jotka on esitetty kuviossa 5;

Kuvio 17 on mikroanalysaattorin pyyhkäisy kuvioon 8 merkitystä Ti-rikkaasta vyöhykkeestä;

Kuvio 18 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät teräsmatriisia, jonka kanssa molybdeenin on sulatettu käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää molybdeenielektrodin ollessa kiinteä; vasemman puolen suurennus on 655-kertainen ja oikea puoli on 1965-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

Kuvio 18 A on yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät edelleen teräsmatriisia, jonka kanssa molybdeenin on sulatettu käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää molybdeenielektrodin ollessa kiinteä; vasemman puolen suurennus on 1310-kertainen ja oikea puoli on 3930-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

Kuvio 19 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 18 näytteen poikki ja se esittää molybdeenin sulamista yhteen teräksen kanssa;

Kuvio 19 A on kaaviokuva elektronimikroskoopin pyyhkäisystä kuvion 18 A näytteen poikki ja se esittää molybdeenin sulamista yhteen teräksen kanssa;

Kuvio 20 on 1310-kertaisen suurennoksen omaava pyyhkäisyelektronimikroskooppivalokuva teräsmatriisista, jonka kanssa volframi on sulatettu käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää volframielektrodin ollessa kiinteä;

Kuvio 21 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 20 näytteen poikki ja se esittää volframin sulamista yhteen teräksen kanssa;

Kuvio 22 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät kuparimatriisia, jonka kanssa molybdeeni on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää molybdeenin ollessa liuoksena. Vasemman puolen suurennus on 1250-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

Kuvio 23 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 22 näytteen poikki ja se esittää molybdeenin sulamista yhteen kuparin kanssa;

Kuvio 24 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät teräsmatriisia, jonka kanssa molybdeeni on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää molybdeenin ollessa liuoksena. Vasemman puolen suurennus on 1250-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

20

Kuvio 25 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 24 näytteen poikki ja se esittää molybdeenin sulamista yhteen teräksen kanssa;

Kuvio 26 on yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät kuparimatriisia, jonka kanssa volframi on sulatettu yhteen käyttäen keksinnön mukaista menetelmää ja volframin liuosta. Vasemman puolen suurennos on 1250-kertainen ja oikea puoli on kahdeksan kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

30

Kuvio 27 on edelleen pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu mikrovalokuva kuvion 26 näytteestä suurennuksen ollessa 10 000-kertainen kuvioon 26 merkitystä osa-alueesta;

35

Kuvio 28 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvioden 26 ja 27 näytteen poikki;

- 5 Kuvio 29 on yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät teräsmatriisia, jonka kanssa volframi on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää volframien ollessa liuoksena. Vasemman puolen suuren-  
10 nettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

- Kuvio 30 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 29 näytteen poikki ja  
15 se esittää volframien sulamista yhteen teräksen kanssa;

- Kuvio 31 on yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät kuparimatriisia, jonka kanssa indium on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää indiumin ollessa liuoksena. Vasemman puolen suurennus  
20 on 1250-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

- Kuvio 32 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 31 näytteen poikki;  
25

- Kuvio 33 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät teräsmatriisia, jonka kanssa indium on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää indiumin  
30 ollessa liuoksena. Vasemman puolen suurennus on 625-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

- 35 Kuvio 34 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 33 näytteen poikki;

Kuvio 35 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu yhdistelmämicrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät kuparimatriisia, jonka kanssa nikkeli on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää nikkelin ollessa liuoksena. Vasemman puolen suurennus on 1250-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

Kuvio 36 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 35 näytteen poikki;

Kuvio 37 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu yhdistelmämicrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät teräsmatriisia, jonka kanssa nikkeli on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää nikkelin ollessa liuoksena. Vasemman puolen suurennus on 1310-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

Kuvio 38 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 37 näytteen poikki;

Kuvio 39 on yhdistelmämicrovalokuva kuparimatriisista, jonka kanssa kulta on sulatettu yhteen. Vasemman puolen suurennus on 1310-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan.

Kuvio 40 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 39 näytteen poikki ja se esittää kullan sulamista kuparimatriisiin;

Kuvio 41 on yhdistelmämicrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät teräsmatriisia, jonka kanssa kulta on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää kullan ollessa liuoksena. Vasemman puolen

suurennus on 1310-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemman puoleiseen kuvion osaan;

- 5 Kuvio 42 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalyysoittorin pyyhkäisystä kuvion 41 näytteen poikki ja se esittää kullin sulamista teräsmatriisiin;

- 10 Kuvio 43 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu 10 000-kertaisen suurennuksen omaava mikrovalokuva kuparimatriisista, jonka kanssa kromi on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää kromin ollessa ensimmäisenä liuoksena;

- 15 Kuvio 44 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalyysoittorin pyyhkäisystä kuvion 43 näytteen poikki ja se esittää kromin sulamista yhteen kuparin kanssa;

- 20 Kuvio 45 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu 10 000-kertaisen suurennuksen omaava mikrovalokuva teräsmatriisista, jonka kanssa kromi on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää kromin ollessa yllä mainittuna ensimmäisenä liuoksena;

- 25 Kuvio 46 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalyysoittorin pyyhkäisystä kuvion 45 näytteen poikki ja se esittää kromin sulamista yhteen teräksen kanssa;

- 30 Kuvio 47 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu yhdistelmämicrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät kuparimatriisia, jonka kanssa kromi on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää kromin ollessa toisena liuoksena. Vasemman puolen suurennus on 625 -kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu alueesta,  
35 joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

Kuvio 47 A on edelleen suurennettu pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu mikrovalokuva kuvion 47 suurennetusta alueesta suurennuksen ollessa 10 000-kertainen;

- 5 Kuvio 48 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 47 näytteen poikki ja se esittää kromin sulamista yhteen kuparin kanssa;

- 10 Kuvio 49 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu yhdistelmämicrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät teräsmatriisia, jonka kanssa kromi on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää kromin ollessa toisena liuoksena. Vasemman puolen suurennus on  
15 ta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

- Kuvio 49 A on edelleen suurennettu pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu mikrovalokuva kuvion 49 suurennetusta alueesta suurennuksen ollessa 10 000-kertainen;  
20

Kuvio 50 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 48 näytteen poikki ja se esittää kromin sulamista yhteen teräksen kanssa;

- 25 Kuvio 51 on yhdistelmämicrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät kuparimatriisia, jonka kanssa kadmium on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää kadmiumin ollessa ensimmäisenä liuoksena; vasemman puolen suurennus on 1310-kertainen ja oikea puoli on  
30 5-kertaa suurennettu merkitystä alueesta;

- Kuvio 52 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 51 näytteen poikki ja se esittää kadmiumin sulamista yhteen kuparin kanssa;  
35

Kuvio 53 on 11 500-kertaisen suurennuksen omaava mikrovalokuva teräsmatriisista, jonka kanssa kadmium on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää kadmiumin ollessa toisena liuoksena;

5

Kuvio 54 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 53 näytteen poikki ja se esittää kadmiumin sulamista yhteen teräksen kanssa;

- 10 Kuvio 55 on yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät kuparimatriisia, jonka kanssa tina on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää tinan ollessa ensimmäisenä liuoksena; vasemman puolen suurennus on 655-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu merkitystä alueesta;

15

Kuvio 56 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 55 näytteen poikki ja se esittää tinan sulamista yhteen kuparin kanssa;

20

- Kuvio 57 on yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät kuparimatriisia, jonka kanssa tina on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää tinan ollessa toisena liuoksena; vasemman puolen suurennus on 326-kertainen ja oikea puoli on 8-kertaa suurennettu merkitystä alueesta;

25

- Kuvio 58 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 57 näytteen poikki ja se esittää tinan sulamista yhteen kuparin kanssa;

30

- Kuvio 59 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu yhdistelmämikrovalokuva, jossa oikea ja vasen puoli esittävät teräsmatriisia, jonka kanssa tina on sulatettu yhteen käyttäen keksinnön mukaista menetelmää ja tinan liuosta. Vasemman puolen suurennos on 1310-kertainen ja oikea puoli on

35

kahdeksan kertaa suurennettu alueesta, joka on merkitty vasemmanpuoleiseen kuvion osaan;

5 Kuvio 60 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 59 näytteen poikki ja se esittää tinan sulamista yhteen teräksen kanssa;

10 Kuvio 61 on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu 5200-kertaisen suurennuksen omaava mikrovalokuva kuparimatriisista, jonka kanssa koboltti on sulatettu yhteen käyttäen esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää koboltin ollessa ensimmäisenä liuoksena;

15 Kuvio 62 on kaaviokuva pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisystä kuvion 61 näytteen poikki ja se esittää koboltin sulamista yhteen kuparin kanssa;

20 Kuvio 63 ja 63 A ovat mikrovalokuvia kuparimatriisista, jonka kanssa hopea on sulatettu yhteen käyttäen keksinnön mukaista menetelmää hopean ollessa ensimmäisenä liuoksena;

25 Kuvio 63 on yhdistelmäkuva, jonka vasemman puolen suurennus on 625-kertainen oikean puolen ollessa 8-kertaa suurennettu merkitystä alueesta;

Kuvio 63 A on pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu kuvion 63 suurennetusta alueesta edelleen suurennettu mikrovalokuva suurennuksen ollessa 10 000-kertainen;

30 Kuvio 64 on pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy kuvion 63 näytteen poikki ja se esittää hopean sulamista yhteen kuparin kanssa;

35 Kuvio 65 on 10 000-kertaisen suurennuksen omaava pyyhkäisyelektronimikroskoopilla otettu mikrovalokuva kuparimatriisista, jonka kanssa hopea on sulatettu yhteen käyttäen

esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää hopean ollessa toisena liuoksena;

5 Kuvio 66 on mikroanalysaattorin pyyhkäisy kuvion 65 näytteen poikki ja se esittää hopean sulamista yhteen kuparin kanssa.

10 Niissä kuvioissa, kuvioista 19-66, jotka ovat kaaviokuvia, on pystyakseli logaritminen, kun taas vaaka-akseli on lineaarinen. Ja näissä kaaviokuvissa pintakerros on valittu pisteeseen, jossa matriisin ja sen kanssa yhteen sulatetun alkuaineen pitoisuudet (paino-%) ovat molemmat 50 % kuten on ilmaistu projektioilla.

15 Viitaten nyt piirustuksen kuvioihin 1 ja 2 nämä kuviot esittävät yleisperspektiivikuvana keksinnön mukaista laitteistoa, jota käytetään toteuttamaan keksittyä menetelmää.

20 Kuviossa 1, joka on esimerkkinä kiinteästä kiinteään -menetelmästä, numero 10 viittaa tehon lähteeseen ja numero 11 oskillaattoriin.

25 Yksi oskillaattorin ulostuloista on kytketty elektrodiin 13 pitimen 12 kautta. Pidin 12 on varustettu pyörivällä istukalla ja siinä on liipaisinkytkin, joka säätelee elektrodin 13 pyörimisnopeutta. Pyörimisnopeus on muuteltavissa 5000:sta 10 000:een kierrosta minuutissa.

30 Elektrodi 13 koostuu materiaalista, joka on määrä sulattaa yhteen matriisin kanssa. Matriisi tai perusaine, johon menetelmä kohdistuu ja jota käsitellään, on merkitty numerolla 14. Matriisi on myös kytketty toiseen oskillaattorin ulostuloista liittimen 15 ja johdon 16 avulla.

35 Näillä kytkennöillä on elektrodi positiivisesti varattu ja matriisi negatiivisesti varattu, kun signaali syötetään.

Kuviossa 2 on vastaavat osat numeroitu vastaavasti. Tässä suoritusmuodossa käytettyä menetelmää voidaan kuitenkin luonnehtia nesteestä kiinteään -menetelmäksi. Tässä laitteistossa sulatettava materiaali on liuosmuodossa ja tätä pidetään säiliössä 17. Säiliö 17 on yhdistetty putkella 18 elektrodin 19. Elektrodi 19 on levy, joka on varustettu eristetyllä kädensijalla 20, jonka kautta on kytketty yksi oskillaattorin 11 ulostuloista. Tämä ulostulo on kytketty elektrodin 19 pääkanavaan 21. Kanavassa 21 on joukko sivukanavia 22, jotka avautuvat elektrodin 19 alapinnalle. Virtaus säiliöstä 17 tapahtuu painovoiman avulla tai pumpulla ja sitä voidaan säädellä venttiilillä, kuten 23, kädensijassa 20. Säätelyn parantamiseksi, liuoksen jakautumiseksi tasaisemmin ja jotta estettäisiin vieraiden aineiden mukaan joutumista, on elektrodin 19 pinta edullisesti päällystetty läpäisevällä membraanilla kuten puuvillalla tai nailonilla.

On havaittu, että sulamisen toteuttamiseksi on tarpeen käyttää tehoa  $50\ 000\ \text{W}/\text{cm}^2$  tai vaihtoehtoisesti virtaa suuruusluokaltaan  $10\ 000\ \text{A}/\text{cm}^2$ .

Käytännön näkökohdista johtuen ei  $10\ 000\ \text{A}/\text{cm}^2$  voida käyttää jatkuvasti tuottamatta vaurioita käsiteltävälle matriisille.

On kuitenkin havaittu käyttökelpoiseksi syöttää elektrodin pulssimaista signaalia kestoaltaan  $2,5\ \mu\text{s}$  -  $28,6\ \text{ns}$ , jonka suuruus on luokkaa  $3\text{A}$ , ja tämä saa aikaan sen, että sulaminen tapahtuu pinta-alalla noin  $0,3\ \text{mm}^2$ .

Sulamisen toteuttamiseksi pinnalla kuviossa 1 esitetyllä laitteistolla elektrodi 13, matriisi 14 ja oskillaattorin ulostulo on kytketty esitetyllä tavalla.

Käyttäjä sivelee pyörivää elektrodia 13 kosketuksessa matriisin yläpinnan kanssa matriisin pinnalla ennalta määrättyllä

nopeudella päällystääkseen matriisin elektrodimateriaalilla ja sulattaakseen tämän yhteen sen kanssa.

5 On myös havaittu, että vaihtelevan signaalin jatkuva syöttäminen kehittää huomattavasti lämpöä perusaineessa tai matriisissa ja, jotta päästäisiin tästä lämmön kehittymisestä ja vältettäisiin hitsautumista, on esillä olevassa laitteistossa synnytettävä signaali puolialtosignaali, joka sallii lämmön johtumisen.

10

Kuten alan ammattimiehelle on ilmeistä, kummallakin materiaalilla, sekä matriisilla että päällystysmateriaalilla, on tietyt vastusominaisuudet. Täten jokainen muutos joko yhdessä tai molemmissa näistä materiaaleista aiheuttaa muutoksen  
15 piirin ominaisvastuksessa.

Kuviossa 3  $R_1$  = elektrodin vastus  
 $R_2$  = matriisin vastus ja  
 $R_3$  = piirin 10 ja 11 vastus

20

Vaihtelut  $R_1$ :ssä ja  $R_2$ :ssa johtavat vaihteluihin synnitetyn signaalin taajuudessa ja tämän signaalin amplitudissa.

Kuten aikaisemmin on mainittu, uskotaan signaalin amplitudin  
25 3A olevan edullisimman. Jos amplitudi on suurempi, voi tapahtua matriisissa hiilenkato tai palaminen ja tätä pienemmillä amplitudeilla muodostuu pinnalle hydroksideja.

Kuvio 4 esittää kaavionmuodossa oskillaattoripiiriä, jota  
30 käytetään esillä olevan keksinnön mukaisessa laitteistossa.

Tässä piirissä on tehon lähde 30 kytketty sisäänmenonapoihin, joiden väliin on kytketty kondensaattori 31. Kondensaattorin 31 toinen puoli on kytketty LC-piirin kautta, joka  
35 piiri käsittää rinnan kytketyt säädeltävän induktanssikelan 33 ja kondensaattorin 34.

LC-piiri 32 on kytketty kideoskillaattoripiirin toiseen päähän, joka piiri käsittää kiteen 35, kelan 36, NPN-transistorin 37 ja RC-piirin, joka koostuu säätövastuksesta 38 ja kondensaattorista 39.

5

Tämä oskillaattoripiiri on kytketty ulostuloon 50 toiselta puolen kondensaattorin 40 ja toiselta puolen diodin 41 kautta tuottamaan puolialtosignaalin ulostulonapojen 50 väliin.

10

Laitteistossa todellisuudessa käytetyillä useilla komponenteilla oli seuraavat ominaisuudet:

|    |    |   |        |              |
|----|----|---|--------|--------------|
|    | 31 | = | 1,2    | faradia      |
| 15 | 32 | = | 0,3    | pikofaradia  |
|    | 33 | = | 0-25   | millihenriä  |
|    | 34 | = | 400-30 | kHz          |
|    | 36 | = | 20     | millihenriä  |
|    | 37 | = | NPN    |              |
| 20 | 38 | = | 3,5    | mikrofaradia |
|    | 39 | = | 0-500  | ohmia        |
|    | 40 | = | 400    | mikrofaradia |
|    | 41 | = | diodi  |              |

25

Jotta signaalin amplitudi pidettäisiin 3 ampeerissa, vaihdellaan vastustuksen 38 arvoa  $R_1$ ; taajuuden muuttamiseksi muutetaan induktanssia 33.

30 Jos  $C$  = kuvion 3 piirin kapasitanssi ja  $R_1$ ,  $R_2$  ja  $R_3$  ovat aiemmin mainitut resistanssit, pidetään totena, että sulattavan signaalin  $F_0$  optimitaajuus voidaan määrätä kaavalla:

35

$$F_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

KAAVA 1

jossa  $L = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$

5

ja  $C =$  piirin kapasitanssi

$L$  ja  $C$  voidaan määrätä millä tahansa tunnetulla tavalla.

- 10  $F_0$  riippuu käsiteltävästä materiaalista ja pinnoistusmateriaalista, mutta se vaihtelee vain rajoissa 400 Hz - 35 MHz. Uskotaan, että taajuus määrää menetelmän nopeuden.

Ennalta määrätyn pinta-alan sulattamiseksi alue mitataan.

- 15 Koska jokainen purkaus sulattaa noin  $0,3 \text{ mm}^2$  suuruisen alueen, voidaan kuljetusnopeus määrätä seuraavalla kaavalla:

$$\text{Kuljetusnopeus} = \frac{F_1 \times 0,3 \times 60/\text{mm}/\text{min}}{A} \quad \text{KAAVA II}$$

20

$$F_1 = \frac{F_0}{2} \quad \text{ja}$$

$A =$  päällystettävä alue  $\text{mm}^2$

25

$F_1 =$  purkauksien määrä sekunnissa.

Kuten aiemmin on mainittu resistanssit  $R_1$  ja  $R_2$  voidaan mitata millä tahansa tunnetulla menetelmällä.

30

- On kuitenkin havaittu, että resistanssin mittausta nestefaa-  
sissa voi olla epävakaa. Tässä tilanteessa resistanssi mita-  
taan vakio menetelmällä. Kaksi  $1 \text{ cm}$ :n päässä toisistaan ole-  
vaa ja  $1 \text{ cm}^2$ :n suuruisia elektrodeja sijoitetaan nestekyl-  
pyyn ja resistanssi mitattiin 20 sekunnin odotusajan jälkeen.

Sen jälkeen, kun säädettävät parametrit on määrätty ja laitteisto, matriisi ja sondi on kytketty kuvioissa 1 ja 3 esitetyllä tavalla, sivellään sondia 13 matriisin pinnan yli kosketuksessa tämän kanssa ennalta määrättyllä nopeudella.

5

Pyörimisnopeuden uskotaan myös vaikuttavan sulamisen laatuun, jolloin pyörimisnopeudella 5 000 kierrosta/min saavutetaan epätasainen 200-300  $\mu\text{m}$ :n pinnankarheus ja pyörimisnopeudella 10 000 kierrosta/min saadaan pääasiallisesti 15  $\mu\text{m}$ :n pinnankarheus.

10

Kuvion 2 laitteisto toimii samalla tavoin kuin kuvion 1 laitteisto ja menetelmä on olennaisesti sama paitsi, että kiinteän elektrodin tilalla käytetään nestettä.

15

Menetelmä käy paremmin selville seuraavista yksityiskohtaisista sovellutusesimerkeistä.

Jokaisessa näistä esimerkeistä elektrodi oli siten kytketty, kuten käy ilmi selityksestä, että jännitteellisenä elektrodi on positiivisesti varattu ja matriisi negatiivisesti varattu.

20

Kiinteästä kiinteään -menetelmää kuvataan esimerkeillä I, II, IIA, III ja IV.

25

#### ESIMERKKI I

Atlas A151 01 työkaluteräs oli kytketty kuvion 1 laitteistoon matriisinä 14 ja elektrodi 13 oli titaani-karbidia Kennametal K 165.

30

Käsittelyn tunnusmerkit ja olosuhteet olivat seuraavat:

|    |                       |              |
|----|-----------------------|--------------|
| 35 | Matriisin resistanssi | 0,002 ohmia. |
|    | Sondin resistanssi    | 0,026 ohmia  |

|   |                      |                                     |
|---|----------------------|-------------------------------------|
|   | Piirin resistanssi   | 0,01 ohmia                          |
|   | Taajuus ( $F_1$ )    | 12 kHz kapasitanssilla 4,62 $\mu F$ |
|   | Jännite              | 3 V                                 |
|   | Päällystysnopeus     | 50 cm/min                           |
| 5 | Käsittelysyvyys      | $\approx 40 \mu m$                  |
|   | Pintakerroksen kasvu | $\approx 0,5 \mu m$                 |

Titaanikarbidikäsittelyn tulokset työkaluteräksellä Atlas Al51 01 on esitetty mikrovalokuviissa ja spektrometrin  
 10 pyyhkäisyissä kuvioissa 5-17.

Kiillotettu titaanikarbidilla käsitelty teräs tutkittiin pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorilla ja tulokset ilmenevät kuviossa 5. Röntgenspektrit otettiin  
 15 jokaisesta kuvioon 5 merkitystä numeroidusta kohdasta ja ne on esitetty kaaviokuviissa, kuviot 9-16, jotka vastaavat kohtia 1-8, vastaavasti.

Kuviot 9, 10 ja 11 antavat perusmetallin spektrin.  
 20

Kuviot 12-16 esittävät pienen titaanipiikin esiintymistä, jonka korkeus ei muutu merkittävästi, kun vyöhyke ylitettiin.

25 Kuten nähdään kuvioista 6, vyöhykkeen likimääräinen leveys, jossa titaania havaittiin, on noin 50  $\mu m$ , vaikkakin tämä mitta vaihteli pitkin näytteen pituutta.

Pintakerroksen tutkiminen käyttämällä mikroanalysaattoria antoi kuviossa 7 näkyvän Ti  $K\alpha$ -säteilyn, joka osoittaa  
 30 titaanitason olevan jokseenkin vakion mitattuun syvyyteen noin 40  $\mu m$  pinnasta.

Näyte pinnoitettiin tämän jälkeen nikkelikerroksella ja kiil-  
 35 lotettiin uudelleen. Kuten kuviossa 5 on esitetty, tuloksena saatu pyyhkäisyelektronimikroskooppikuva osoittaa noin

puolen mikronin pinnoitekerrosta. Kuvio 17 on röntgensäde-spektri tästä kerroksesta.

- 5 Sitten suoritettiin kovuustutkimus pinnoitetulla teräsnäytteellä ja tulokset ilmenevät taulukossa I.

#### TAULUKKO I

- 10 Knoop -kovuuskoe

Kuorma 100 g

| <u>Etäisyys kappaleen reunasta</u> |       | <u>Knoop-kovuusnumero</u> |      |
|------------------------------------|-------|---------------------------|------|
| (mm)                               |       | (1)                       | (2)  |
| 15                                 | 0,013 | 578                       | 516  |
|                                    | 0,025 | 650                       | 723  |
|                                    | 0,038 | 536                       | 770  |
|                                    | 0,051 | 655                       | 872  |
|                                    | 0,064 | 790                       | 1006 |
| 20                                 | 0,076 | 863                       | 1006 |
|                                    | 0,10  | 955                       | 453  |
|                                    | 0,13  | 536                       | -    |
|                                    | 0,25  | 243                       | 148  |

- 25 Niinkuin on ilmeistä, teräksen kovuusominaisuuksia parannettiin huomattavasti.

#### ESIMERKKI II

- 30 1018 teräs oli kytketty kuvion 1 laitteistoon matriisina 14 ja elektrodi 13 oli molybdeenä, tyyppiä Mo 1. Teräskappale oli 13 mm leveä, 6 mm paksu ja 38 mm pitkä, molybdeeni 25 mm pitkä ja läpimitaltaan 4 mm. Käytetty taajuus oli 43,31 kHz ja elektrodin pyörimisnopeus oli noin 12 000 kierrosta/min.

Teräksen pinta oli hienohiottu raekoolla 600. Elektrodin kärkeä liikuteltiin käsin teräskappaleen yläpintaa pitkin toistensa suhteen vierekkäisiä suoria viivoja noudattaen. Toimenpide toistettiin 90° kulmassa, jotta peitettäisiin  
 5 koko pinta. Tarkasteltaessa optisella mikroskoopilla 40-ker-  
 taisella suurennuksella tuli ilmi pieniä helmiä sulanutta ja  
 uudelleen jähmettynyttä materiaalia.

Kuten nähdään kuviossa 18 molybdeenin sulaminen yhteen  
 10 teräksen kanssa on aivan ilmeinen.

Mikroanalysaattorin pyyhkäisy pintakerroksen poikki antoi tulokseksi, että molybdeenia on havaittavissa ainakin syvyy-  
 teen 15  $\mu\text{m}$  asti kuten on esitetty alla olevassa taulukossa  
 15 ja kuviossa 19.

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>p-% Mo</u> | <u>p-% Fe</u> |
|----|----------------------------------------|---------------|---------------|
|    | 1                                      | 6,9           | 93,1          |
| 20 | 2                                      | 7,6           | 92,4          |
|    | 3                                      | 7,0           | 93,0          |
|    | 4                                      | 7,5           | 92,5          |
|    | 10                                     | 6,6           | 93,4          |
|    | 15                                     | 6,0           | 94,0          |

25

Mikrokovuusmittakset suoritettiin näytteen poikki-  
 leikkauksesta ja ne antoivat seuraavat tulokset:

|    | <u>Knoop-kovuusnumero</u> | <u>Kuorma</u> | <u>Syvyys pinnasta</u> |
|----|---------------------------|---------------|------------------------|
| 30 | 493                       | 200 g         | 30 $\mu\text{m}$       |
|    | 198                       | 200 g         | 40 $\mu\text{m}$       |

Keskimääräinen käsitlelemättömän teräksen Knoop-kovuus oli 188. Saman teräksen kovuus kuumentamisen 900 °C:een ja vesi-  
 35 sammutuksen jälkeen oli 285 (Knoop-kovuusnumero) kuormalla  
 200 g.

ESIMERKKI II A

Matriisi ja elektrodi olivat samat sekä noudatettiin samaa menettelytapaa kuin esimerkissä II taajuuden ollessa

5 30,63 kHz ja pyörimisnopeuden sama.

Tutkittaessa optisella mikroskoopilla tuli esiin pieniä helmiä sulanutta ja uudelleen jähmettynyttä materiaalia.

10 Kuten nähdään kuviosta 18 A molybdeenin sulaminen yhteen teräksen kanssa on aivan ilmeinen.

Mikroanalysaattorin pyyhkäisy pintakerroksen poikki antoi tulokseksi, että molybdeeniä esiintyy ainakin syvyyteen

15 50  $\mu\text{m}$  asti kuten on esitetty kuviossa 19 A ja seuraavassa taulukossa:

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>p-% Mo</u> | <u>p-% Fe</u> |
|----|----------------------------------------|---------------|---------------|
| 20 | 10                                     | 8,8           | 91,2          |
|    | 20                                     | 11,2          | 88,8          |
|    | 30                                     | 3,6           | 96,4          |
|    | 40                                     | 3,6           | 96,4          |
|    | 50                                     | 2,5           | 97,5          |

25

Knoop-mikrokovuusmittaukset suoritettiin näytteen poikkileikkauksesta. Tulokset olivat seuraavat:

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Knoop-kovuus-<br/>numero</u> | <u>Kuorma<br/>g</u> |
|----|----------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 30 | 15                                     | 375                             | 200                 |
|    | 25                                     | 506                             | 200                 |
|    | 40                                     | 445                             | 200                 |
| 35 | 150                                    | 227                             | 200                 |
|    | 500                                    | 188                             | 200                 |

Esimerkkien II ja II A kovuusarvot, jotka ylittävät Knoop-kovuusnumeron 285, johtuvat molybdeenin mukanaolosta.

### ESIMERKKI III

5

Samantyyppinen teräs kuin esimerkeissä II ja II A oli kytetty kuvion 1 laitteistoon matriisina 14 ja elektrodina 13 oli volframikarbidi (Kennometal grade No. 68). Tämä elektrodi oli läpimitaltaan 5 mm ja 25 mm pitkä.

10

Käytetty taajuus oli 26,20 kHz ja elektrodin pyörimisnopeus oli noin 12.000 kierrosta/minuutti.

Noudatettiin samaa menettelyä kuin esimerkeissä II ja II A.

15

Kuten on esitetty kuviossa 20, volframi näyttää sulaneen yhteen teräsmatriisin kanssa. Elektronimikroskooppianalyysin tulokset näytteen poikki osoittavat volframin esiintyvän ainakin syvyyteen 80  $\mu\text{m}$  asti ja tämä näkyy kuviosta 21 ja seuraavasta taulukosta:

20

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>p-% W</u> | <u>p-% Fe</u> |
|----|----------------------------------------|--------------|---------------|
|    | 1                                      | 24,4         | 75,6          |
| 25 | 5                                      | 27,5         | 72,5          |
|    | 10                                     | 1,7          | 98,3          |
|    | 20                                     | 1,8          | 98,2          |
|    | 50                                     | 1,1          | 98,9          |
|    | 80                                     | 1,7          | 98,3          |

30

Knoop-mikrokovuusmittaukset suoritettiin näytteen poikkileikkauksesta. Tulokset olivat seuraavat:

35

|   | Syvyys $\mu\text{m}$ | Knoop-kovuus-<br><u>numero</u> | <u>Kuorma</u> |
|---|----------------------|--------------------------------|---------------|
|   | 28                   | 908                            | 200 g         |
| 5 | 45                   | 718                            | 200 g         |
|   | 75                   | 329                            | 200 g         |
|   | 120                  | 220                            | 200 g         |

Käsittelemättömän näytteen kovuus on noin 188 (Knoop-kovuus)  
 10 ja kuumentamisen 900 °C:een ja sammutuksen jälkeen se oli  
 285 (Knoop-kovuus).

On aivan ilmeistä edellä olevan perusteella, että teräsmat-  
 riisin käsitteleminen aivan selvästi lisää pinnan kovuutta  
 15 ja se on käyttökelpoinen sellaisissa sovellutuksissa, joissa  
 pinnan kovuus on tärkeä vaatimus.

Toisen johtavan alkuaineen sulattamisen suhteen ensimmäisen  
 johtavan alkuaineen kiinteään matriisiin käyttäen toista säh-  
 20 köä johtavaa kemikaalia liuoksena jokaisen liuoksen tapauk-  
 sessa menetelmä toteutettiin ympäristön lämpötilassa 20 °C  
 seuraavalla tavalla.

Matriisimetalli 14 kytkettiin piiriin kuten aikaisemmin on  
 25 kuvattu. Taajuus määrättiin aikaisemmin esitetyn kaavan  
 mukaisesti ja säiliössä 17 olevaa liuosta levitettiin elekt-  
 rodin liikkeen avulla ensimmäisen metallin yhdelle pinnalle  
 vaihtelevin ajanpituuksin, jotka määrättiin kaavalla II.  
 Jotta varmistettaisiin toisen metalliliuoksen tasainen jakau-  
 30 tuminen ensimmäisen metallin pinnalle, päällystettiin elekt-  
 rodi puuvillaharsolla tai nailonilla. On ilmeistä, että voi-  
 daan käyttää myös muita materiaaleja. Tämä järjestely myös  
 rajoitti liuoksen kontaminaatiota, kun käytettiin grafiitti-  
 elektrodeja. Niistä oli taipumus irrota grafiittipartikke-  
 35 leita liikkeen aikana.

Käsitellyt näytteet sahattiin sitten, jotta saataisiin poikkileikkausnäytteitä, pestiin kylmässä vedessä, puhdistettiin ultraäänellä, upotettiin muoviin ja hiottiin ja kiillotettiin tasaisen pinnan ja reunan aikaansaamiseksi. Muilla näyt-  
5 teillä, joissa oli pehmeämpiä metalleja ja joilla oli taipumus reunan pyöristymiseen hiottaessa, kaksi poikkileikkausta kiinnitettiin käsitellyt sivut vastakkain kiinni toisiinsa, upotettiin kuten edellä sekä hiottiin ja kiillotettiin.

- 10 Muoviin upotuksen jälkeen näyte syövytettiin käyttäen Nital'ia teräkselle, rautaperusaineelle ja ammoniumvetyperoksidia kuparille, ei-rautaperusaineelle.

Joidenkin päällystämisten kuluessa havaittiin, että joskus  
15 vaadittiin joko taajuuden tai päällystysnopeuden säätämistä. Nämä johtuivat liuoksen koostumuksen muutoksista tai vaihteluista matriisissa.

- Sulatettujen pintojen puolikvantitatiivinen analyysi suori-  
20 tettiin mikroanalysaattorilla käyttäen energian erottavaa röntgenspektroskopiaa (EDX) ja pyyhkäisyelektronimikroskooppia (SEM).

- Upotusmuovin pinta tehtiin johtavaksi höyrystämällä sille  
25 noin 20  $\mu\text{m}$ :n kerros hiiltä tyhjöhöyrystimessä. Tätä menetelyä käytettiin estämään sähkövarausten kerääntymistä muutoin johtamattomaan materiaaliin ja tästä johtuvaa pyyhkäisyelektronimikroskooppikuvan epästabilisuutta. Hiili, joka ei  
kehitä EDX:llä havaittavaa säteilyä, asetettiin etusijalle  
30 tavallisempaa metallipinnoitetta, jotta vältettäisiin sellaisen pinnoitteen aiheuttamaa häiriötä alkuaineanalyysissä.

- Pyyhkäisyelektronimikroskoopin toimintaolosuhteet oli valit-  
tu minimoimaan ulkoapäin tulevat signaalit ja jatkuva sätei-  
35 ly sekä antamaan samalla paras tilaerotuskyky.

Tyypilliset olosuhteet, joita käytettiin alkuaineanalyysiin EDX:llä, olivat seuraavat:

|    |                                                                                                        |                            |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|    | Kiihdytysjännite                                                                                       | 10 - 20 kV                 |
| 5  | Loppuaperttuuri                                                                                        | 200 - 300                  |
|    | Pisteen koko                                                                                           | 50 nm                      |
|    | Säteen virta                                                                                           | 100 - 300 pA               |
|    | Työskentelyetäisyys                                                                                    | 12 - 34 mm                 |
|    | Suurennustekijä                                                                                        | 5.000 - 10.000             |
| 10 | Näytteen kulma                                                                                         | kohtisuora sädetä vastaan  |
|    | Lähtökulma                                                                                             | 225°                       |
|    | Lukunopeus                                                                                             | 800 - 2000 lukemaa/sekunti |
|    | Elinaika                                                                                               | 60 - 180 s                 |
| 15 | Energian kalibrointi testattiin käyttäen Al K-emissiota 1,486 keV:lla ja Cu K-emissiota 8,040 keV:lla. |                            |

Normitonta puolikvantitatiivista analyysiä käytettiin aineiden pitoisuuksien määrittämiseen käyttäen varmennettuja referenssimateriaaleja (NBS 478, 78 % Cu - 27 % Zn ja NBS 479a, Ni 11 %, Cr 18 %, Fe) varmistamaan tulokset. Useampikertaiset referenssimateriaalien analyysit olivat erinomaisesti sopusoinnussa NBS:n varmennettujen arvojen kanssa. Saavutettiin keskimääräinen tarkkuus  $\pm 1$  %.

25

Analysoidun tilavuuden koko laskettiin seuraavasta yhtälöstä:

$$P R(x) = 0,064 (E_{0168} - E_{c168}),$$

30

jossa  $R(x)$  on massakantama (röntgensäteilyä synnyttävä tilavuus)

$P$  = analysoidun materiaalin tiheys

$E_0$  = kiihdytysjännite

35

$E_c$  = kriittinen eksitaatioenergia

Analysoidun tilavuuden halkaisija laskettiin tyypillisille analysoituille aineille ja tulokseksi saatiin seuraava:

|   |    |      |
|---|----|------|
|   | Ni | 0,46 |
| 5 | Cu | 0,39 |
|   | Fe | 0,55 |
|   | W  | 0,30 |

Diffuusiosyvyuden arvioimiseksi liikkumaton säde asetettiin pinnan poikki välein, jotka olivat suuremmat kuin yllämainittu massakantama, varmistaen näin analyysin tarkkuuden.

Aineiden pitoisuustulokset annettiin painoprosenteissa (p-%) jokaisesta mitatusta pisteestä sulatetun pinnan poikki.

15

Useissa esimerkeissä, joita tullaan kuvaamaan, toinen johtava alkuaine, s.o. alkuaine, jonka on määrä diffundoitua matriisiin, on mukana liuoksessa. Joissakin liuoksissa on myös pieniä määriä kolmatta metallia olevia metalli-ioneja. Näiden metalli-ionien mukanaoloa uskotaan tarvittavan kompleksimuodostaja-aineina helpottamaan yhteensulamista. Pieniä määriä orgaanisia katalyyttejä kuten arabikumia, eläinliimaa, pepsiiniä, dekstriiniä, lakritsia tai niiden ekvivalentteja voi myös olla mukana.

25

Kostutusaineita kuten natriumlauryylisulfaattia tai sen ekvivalenttia käytetään tavallisesti.

Milloin tarvitaan pH:ta muuttavia aineita, lisätään tavallisesti sellaisia kuten ammoniumhydroksidia tai rikkihappoa, jotta saavutettaisiin toiminta-pH.

Edelleen tietyt liuokset vaativat toisen sähköä johtavan alkuaineen kompleksimuodostaja-aineita, jotka estävät toisen alkuaineen saostumisen. Näistä aineista esimerkkinä

35

mainittakoon sitruunahappo, natriumpyrofosfaatti, ettylidia-miinitetraetikkahappo tai niiden ekvivalentit.

5 Sopivaa puskuriliuosta on myös tarvittaessa mukana tietyissä liuoksissa.

Ja tietyissä sovellutuksissa, joissa tuotteen ulkonäkö edellyttää tyylikkyyttä, voidaan käyttää pieniä määriä kirkastavia aineita kuten formaldehydiä, hiilidisulfidia, bentseeniä, sulfonihappoa tai niiden ekvivalentteja.

Näissä esimerkeissä, jollei muuta ole mainittu, teräsmatriisi oli ASA 1018 -tyyppiä ja kupari ASTM B-1333 Alloy 110 -seosta.

15

#### ESIMERKKI IV

Atlas A151 1020 teräs oli kytketty kuvion 2 laitteistoon matriisinä 14 ja 10 %:nen ammoniummolybdaatin vesiliuos  
20 sijoitettiin säiliöön 17.

Seuraavassa käsittelyn tunnusmerkit ja ominaisuudet:

|    |                       |                               |
|----|-----------------------|-------------------------------|
|    | Matriisin resistanssi | 0,0018 ohmia                  |
| 25 | x) Sondin resistanssi | 150 kilo-ohmia                |
|    | Piirin resistanssi    | 0,01 ohmia                    |
|    | Taajuus               | 650 Hz kapasitanssilla 0,4 pF |
|    | Kosketuspinta-ala     | 2 cm <sup>2</sup>             |
|    | Nopeus                | 60 cm/minuutti                |
| 30 | Käsittelysyvyys       | ≈ 0,5 μm                      |
|    | Pintakerroksen kasvu  | ≈ 15 μm                       |

x) Määritetty mittaamalla 1 cm<sup>2</sup> suuruisten levyjen poikki, jotka oli sijoitettu 1 cm:n päähän toisistaan, 20 sekunnin  
35 odotusajan jälkeen.

Esimerkin IV näyte asetettiin lämpökorroosiotestiin. Pintaan annettiin vaikuttaa 25 %:sen rikkihapon 20 minuutin ajan lämpötilassa 325 °C ilman mitään pinnan syöpymistä.

## 5 ESIMERKKI V

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    | <u>Aine</u>              | <u>g/l</u>       |
|----|--------------------------|------------------|
| 10 | Natriummolybdaatti       | 37,8             |
|    | Ammoniumferrosulfaatti   | 7,0              |
|    | Ammoniumferrisulfaatti   | 8,6              |
|    | Sitruunahappo            | 66,0             |
| 15 | Vesi (tislattu)          | 997 ml           |
|    | Natriumlauryylisulfaatti | 0,5              |
|    | Ammoniumhydroksidi       | pH:n säätämiseen |
|    | Arabikumi                | 0,1 - 0,2        |
|    | Formaldehydi             | 7,5 ml           |

20

Liuoksen ominaisuudet olivat seuraavat:

|    |                             |              |
|----|-----------------------------|--------------|
|    | pH                          | = 7,5        |
|    | Ominaisvastus               | = 19 ohmi cm |
| 25 | Mo <sup>+6</sup> -pitoisuus | = 1,8 p-%    |
|    | Fe <sup>+2</sup>            | = 0,10 p-%   |
|    | Fe <sup>+3</sup>            | = 0,10 p-%   |

Mo<sup>+6</sup> -pitoisuus voi vaihdella välillä 1,5 p-% - 2,5 p-%;  
 30 pH välillä 7,2 - 8,2 ja ominaisvastus välillä 17 - 25 ohmi cm.

Reaktio-olosuhteet

- Matriisi: kupari  
 Elektrodi: grafiitti  
 5 Elektroodin päällyste: puuvillakangas  
 Taajuus: 9,09 kHz  
 Päällystysnopeus: 736,2 mm/minuutti  
 Päällystysaika: 2 minuuttia
- 10 Esimerkeissä V ja VI esitetyissä liuoksissa uskotaan ferro- ja ferri-ionien läsnäolon alentavan  $\text{Mo}^{+6}$ :n valenssitilaa alempaan valenssitilaan.

- Vaikka rautaa selvästi siirtyy samanaikaisesti kuten näkyy  
 15 kuviosta 23, raudalla ei ilmeisesti ole mitään olennaista vaikutusta matriisin tai molybdeenin ominaisuuksiin.

- Näytteen tutkiminen optisella mikroskoopilla osoittaa yhtä-  
 jaksaisen molybdeenipinnoitteen, jossa ei esiinny kuoppakor-  
 20 roosiota ja jonka väri on hopeanhohtoisen tumma.

- Kuten näkyy allaolevasta taulukosta ja kuviosta 23, jossa on  
 pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy  
 matriisin ja päällystemetallin välisen pinnan poikki, molyb-  
 25 deeni näyttää sulaneen ainakin 4  $\mu\text{m}$ :n syvyyteen asti ja pin-  
 noitteen paksuudeksi on tullut noin 1  $\mu\text{m}$ .

## TAULUKKO

| 30 | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 0,5                                    | Mo              | 65,4                   |
|    |                                        | Fe              | 19,9                   |
|    |                                        | Cu              | 14,5                   |

|    | (Syvyys $\mu\text{m}$ ) | (Alkuaine) | (Pitoisuus (p-%)) |
|----|-------------------------|------------|-------------------|
| 5  | 1,0                     | Mo         | 58,4              |
|    |                         | Fe         | 10,9              |
|    |                         | Cu         | 30,5              |
| 10 | 2,0                     | Mo         | 6,6               |
|    |                         | Fe         | 0,8               |
|    |                         | Cu         | 92,5              |
| 15 | 3,0                     | Mo         | 2,9               |
|    |                         | Fe         | 0,4               |
|    |                         | Cu         | 96,6              |
| 20 | 4,0                     | Mo         | 0,9               |
|    |                         | Fe         | 0,0               |
|    |                         | Cu         | 98,9              |

#### ESIMERKKI VI

20

Valmistettiin saman kaavan mukainen vesiliuos kuin esimerkissä V ja käytettiin seuraavia olosuhteita.

#### Reaktio-olosuhteet

25

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| Matriisi             | = Teräs (ASA 1018)  |
| Elektrodi            | = grafiitti         |
| Elektrodin päällyste | = puuvillakangas    |
| Taajuus              | = 4,11 kHz          |
| 30 Päällystysnopeus  | = 739,8 mm/minuutti |
| Päällystysaika       | = 3 minuuttia       |

Tutkiminen optisella mikroskoopilla toi esiin yhtäjaksoisen tumman hopeanhohtoisen pinnan.

Kuvion 24 mikrovalokuva esittää olennaisesti yhtenäisesti kerrostunutta molybdeenikerrosta, joka on 1  $\mu\text{m}$  paksu ja tasaisen tiivis.

- 5 Kuten näkyy kuviosta 25, jossa on pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy perusaineen ja päällystemetallin välisen pinnan poikki, esiintyy molybdeeniä ainakin syvyyteen 10  $\mu\text{m}$  asti ja molybdeenigradietti ilmenee alla olevasta taulukosta.

10

## TAULUKKO

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
| 15 | 0,5                                    | Mo              | 81,0                   |
|    |                                        | Fe              | 19,0                   |
|    | 2                                      | Mo              | 2,2                    |
|    |                                        | Fe              | 97,8                   |
| 20 | 3                                      | Mo              | 0,8                    |
|    |                                        | Fe              | 99,2                   |
|    | 10                                     | Mo              | 0,6                    |
| 25 |                                        | Fe              | 99,4                   |

ESIMERKKI VII

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

30

| <u>Aine</u>            | <u>g/l</u> |
|------------------------|------------|
| Natriumvolframaatti    | 31,40      |
| Ammoniumferrisulfaatti | 8,63       |
| 35 Ferrosulfaatti      | 4,98       |

|   |                          |                  |
|---|--------------------------|------------------|
|   | Sitruunahappo            | 66,00            |
|   | Vesi (tislattu)          | 1000 ml          |
|   | Ammoniumhydroksidi       | pH:n säätämiseen |
|   | Natriumlauryylisulfaatti | 0,1              |
| 5 | Formaldehydi             | 5 ml             |

Liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|    |               |               |
|----|---------------|---------------|
|    | pH            | = 7,99        |
| 10 | ominaisvastus | = 22 ohmia cm |
|    | W+6           | = 1,75 p-%    |
|    | Fe+2          | = 0,1 p-%     |
|    | Fe+3          | = 0,1 p-%     |

- 15 W+6 -pitoisuus voi vaihdella välillä 1,6 - 2,5 %; pH välillä 7,5 - 8,5 ja ominaisvastus välillä 18 - 24 ohmi cm.

#### Reaktio-olosuhteet

|    |                  |                     |
|----|------------------|---------------------|
| 20 | Matriisi         | = kupari            |
|    | Elektrodi        | = grafiitti         |
|    | Päällyste        | = puuvillakangas    |
|    | Taajuus          | = 3,83 kHz          |
|    | Päällystysnopeus | = 689,4 mm/minuutti |
| 25 | Päällystysaika   | = 3 minuuttia       |

- 30 Kuten näkyy mikrovalokuvista kuvioista 26 ja 27, oli näytteessä havaittavissa yhtenäisesti kerrostunut volframikerros, joka oli noin 1  $\mu\text{m}$ :n paksuinen. Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy osoitti volframin sulaneen kupariin ainakin syvyyteen 5,0  $\mu\text{m}$  asti, kuten voidaan nähdä alla olevasta taulukosta ja kuviosta 28.

## TAULUKKO

|   | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |      |      |
|---|----------------------------------------|------------------------|------|------|
|   |                                        | W                      | Fe   | Cu   |
| 5 | 1,0                                    | 37,3                   | 38,5 | 24,2 |
|   | 2,0                                    | 4,8                    | 2,1  | 93,1 |
|   | 3,0                                    | 0,5                    | 0,3  | 99,2 |
|   | 4,0                                    | 0,7                    | 0,2  | 99,1 |
|   | 5,0                                    | 0,3                    | 0,2  | 99,5 |

10

ESIMERKKI VIII

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    |                                     |                  |
|----|-------------------------------------|------------------|
| 15 | <u>Aine</u>                         | <u>g/l</u>       |
|    | Natriumvolframaatti                 | 34,00            |
|    | Ferrosulfaatti <sup>1</sup>         | 4,98             |
|    | Ammoniumferrosulfaatti <sup>2</sup> | 7,02             |
|    | Ammoniumferrisulfaatti              | 8,62             |
| 20 | Sitruunahappo                       | 66,00            |
|    | Vesi (tislattu)                     | 980 ml           |
|    | Ammoniumhydroksidi                  | pH:n säätämiseen |
|    | Natriumlauryylisulfaatti            | 0,10             |

25 Huomio: voidaan käyttää joko 1 tai 2:ta.

Liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|    |               |                 |
|----|---------------|-----------------|
|    | pH            | = 8             |
| 30 | ominaisvastus | = 20,9 ohmia cm |
|    | W+6           | = 1,9 p-%       |
|    | Fe+2          | = 0,1 p-%       |
|    | Fe+3          | = 0,1 p-%       |

35 Volframin pitoisuus voi vaihdella välillä 1,6 - 2,5 p-%; pH välillä 7,5 - 8,5 ja sähkönjohtavuus välillä 18,8 - 22,8 ohmi cm.

Reaktio-olosuhteet

- Matriisi = teräs (ASA 1018)  
 Elektrodi = grafiitti  
 5 Elektrodin päällyste = puuvillakangas  
 Taajuus = 4,78 kHz  
 Päällystysnopeus = 860,4 mm/minuutti  
 Päällystysaika = 3 minuuttia
- 10 Näytteen tutkiminen pyyhkäiselektronimikroskooppi/mikroanalysaattorilla, kuvio 29, osoitti noin 0,5  $\mu\text{m}$ :n volframikeroksen ja, kuten ilmenee kuviosta 30 ja alla olevasta taulukosta, havaittiin volframia ainakin syvyyteen 3  $\mu\text{m}$  asti.

## 15 TAULUKKO

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 0,5                                    | W               | 52                     |
| 20 | 1                                      | W               | 6                      |
|    | 2                                      | W               | 1                      |
|    | 3                                      | W               | 1,1                    |

ESIMERKKI IX

25

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    | <u>Aine</u>              | <u>g/l</u> |
|----|--------------------------|------------|
| 30 | Indiumsulfaatti          | 40,0       |
|    | Alumiinisulfaatti        | 9,6        |
|    | Natriumsulfaatti         | 3,5        |
|    | Gelatiini                | 0,05 - 0,1 |
|    | Natriumlauryylisulfaatti | 0,1 - 0,2  |
| 35 | Vesi (tislattu)          | 1000 ml    |

Liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|   |                                 |                |
|---|---------------------------------|----------------|
|   | pH                              | = 1,60         |
|   | ominaisvastus                   | = 51,8 ohmi cm |
| 5 | In <sup>+3</sup> -konsentraatio | = 1,75 p-%     |
|   | Al <sup>+3</sup> -konsentraatio | = 0,077 p-%    |

Indiumin pitoisuus voi vaihdella välillä 0,2 - 2,2 p-%; pH välillä 1,60 - 1,68 ja ominaisvastus välillä 48,8 - 54,8  
10 ohmi cm.

#### Reaktio-olosuhteet

|    |                                                                                                                                                                           |                   |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|    | Matriisi                                                                                                                                                                  | = kupari          |
|    | Elektrodi                                                                                                                                                                 | = grafiitti       |
| 15 | Elektrodin päällyste                                                                                                                                                      | = puuvillakangas  |
|    | Taajuus                                                                                                                                                                   | = 4,75 kHz        |
|    | Päällystysnopeus                                                                                                                                                          | = 855 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika                                                                                                                                                            | = 3 minuuttia     |
| 20 | Näytteen tutkiminen optisella mikroskoopilla ja pyyhkäisy-elektronimikroskoopilla toi esiin yhtäjaksoisen pinnan, jossa ei ollut rakennevikoja, kuten näkyy kuvioista 31. |                   |

Kuten näkyy seuraavasta taulukosta ja kuvioista 32 ja kuten  
25 osoitti pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy kuparimatriisin ja indiumkerroksen välisen pinnan poikki noin 1  $\mu$ m:n kerroksen ja indiumin sulamisen ainakin syvyyteen 4  $\mu$ m asti.

#### 30 TAULUKKO

|    | <u>Syvyys <math>\mu</math>m</u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Indium-pitoisuus (p-%)</u> |
|----|---------------------------------|-----------------|-------------------------------|
|    | 1                               | In              | 90,3                          |
|    | 2                               | In              | 5,5                           |
| 35 | 3                               | In              | 4,3                           |
|    | 4                               | In              | 3,6                           |

ESIMERKKI X

Käytettiin esimerkin IX liuosta teräsmatriisiin  
päällystämiseen:

5

Reaktio-olosuhteet

- |    |                      |                      |
|----|----------------------|----------------------|
|    | Matriisi             | = teräs (ASA 1010)   |
|    | Elektrodi            | = platina            |
| 10 | Elektrodin päällyste | = nailonkangas       |
|    | Taajuus              | = 6,29 kHz           |
|    | Päällystysnopeus     | = 1132,2 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika       | = 3 minuuttia        |
- 15 Kuten näkyy kuvioista 33 ja 34, tasainen, yhtäjaksoinen  
indiumkerros oli kerrostunut matriisin pinnalle noin 1  $\mu\text{m}$ :n  
paksuisena. Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaat-  
torin pyyhkäisy, kuvio 34, pinnan poikki ja alla oleva  
taulukko osoittivat sulamista ainakin syvyyteen 3  $\mu\text{m}$  asti.

20

## TAULUKKO

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>In (p-%)</u> | <u>Fe (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|-----------------|
| 25 | 0,5                                    | 91,4            | 8,6             |
|    | 1,0                                    | 5,2             | 94,8            |
|    | 2,0                                    | 1,0             | 99,0            |
|    | 3,0                                    | 0,9             | 99,1            |

- 30 Kuvio 35 esittää yhtenäisen tiheyden omaavaa noin 1,5  $\mu\text{m}$ :n  
paksuista kiinteää nikkelpinnoitetta. Kuten näkyy seuraa-  
vasta taulukosta ja kuvioista 36, osoittaa pyyhkäisyelektroni-  
mikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy matriisin ja  
nikkelikerroksen välisen pinnan poikki nikkelin sulaneen  
35 ainakin syvyyteen 4  $\mu\text{m}$  asti.

|   | <u>Syvyys <math>\mu</math>m</u> | <u>Alkuaine</u> | <u>p-%</u> |
|---|---------------------------------|-----------------|------------|
|   | 1                               | Ni              | 92,6       |
|   | 2                               | Ni              | 4,5        |
| 5 | 3                               | Ni              | 3,3        |
|   | 4                               | Ni              | 1,0        |

ESIMERKKI XI

10 Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    | <u>Aine</u>              | <u>g/l</u> |
|----|--------------------------|------------|
|    | Nikkelisulfaatti         | 248,9      |
| 15 | Nikkelikloridi           | 37,3       |
|    | Boorihappo               | 24,9       |
|    | Formaldehydi             | 3 ml/l     |
|    | Bentseenisulfonihappo    | 10 ml/l    |
|    | Natriumlauryylisulfaatti | 0,1        |
| 20 | Vesi (tislattu)          | 900        |

Liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|    |                                 |                |
|----|---------------------------------|----------------|
|    | pH                              | = 3,10         |
| 25 | ominaisvastus                   | = 22,5 ohmi cm |
|    | Ni <sup>+2</sup> -konsentraatio | = 6 p-%        |

Nikkelipitoisuus voi vaihdella välillä 2 - 10 %; pH välillä 3,10 - 3,50 ja ominaisvastus välillä 17 - 26 ohmi cm.

Reaktio-olosuhteet

|   |                      |                    |
|---|----------------------|--------------------|
|   | Matriisi             | = kupari           |
|   | Elektrodi            | = grafiitti        |
| 5 | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas   |
|   | Taajuus              | = 7,50 kHz         |
|   | Päällystysnopeus     | = 1350 mm/minuutti |
|   | Päällystysaika       | = 3 minuuttia      |

10 ESIMERKKI XII

Valmistettiin saman kaavan mukainen liuos kuin esimerkissä XI ja käytettiin teräsmatriisin päällystämiseen:

15 Reaktio-olosuhteet

|    |                      |                    |
|----|----------------------|--------------------|
|    | Matriisi             | = teräs (ASA 1018) |
|    | Elektrodi            | = grafiitti        |
|    | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas   |
| 20 | Taajuus              | = 7,50 kHz         |
|    | Päällystysnopeus     | = 1350 mm/min      |
|    | Päällystysaika       | = 3 minuuttia      |

Kuten näkyy kuvioista 37, nikkelikerros on yhtäjaksoinen ja  
25 olennaisesti yhtenäisen paksuinen, paksuuden ollessa noin 1,5  $\mu\text{m}$ .

Kuten näkyy kuvioista 38 ja seuraavasta taulukosta, nikkeli näyttää sulaneen ainakin syvyyteen 3  $\mu\text{m}$  asti.

30

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 1                                      | Ni              | 95,9                   |
|    | 2                                      | Ni              | 28,0                   |
| 35 | 3                                      | Ni              | 0,7                    |

ESIMERKKI XIII

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    |                     |            |
|----|---------------------|------------|
| 5  | <u>Aine</u>         | <u>g/l</u> |
|    | Aurikloorivetyhappo | 2,5        |
|    | Kaliumferrosyanidi  | 15,0       |
|    | Kaliumkarbonaatti   | 15,0       |
| 10 | Vesi (tislattu)     | 1000 ml    |

Tällä liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|    |                                 |              |
|----|---------------------------------|--------------|
|    | pH                              | = 10,99      |
| 15 | ominaisvastus                   | = 40 ohmi cm |
|    | Au <sup>+3</sup> -konsentraatio | = 0,14 p-%   |

Liuoksen pH voi vaihdella välillä 3,70 - 11; Au<sup>+3</sup> -ionien konsentraatio voi vaihdella välillä 0,1 - 0,5 p-% ja  
 20 ominaisvastus välillä 40 - 72 ohmi cm.

Reaktio-olosuhteet

|    |                      |                     |
|----|----------------------|---------------------|
|    | Matriisi             | = kupari            |
| 25 | Elektrodi            | = platina           |
|    | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas    |
|    | Taajuus              | = 4,33 kHz          |
|    | Päällystysnopeus     | = 779,4 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika       | = 2 minuuttia       |

30

Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin arviolta 1,5  $\mu$ m paksuisen kultapinnoitekerroksen. Kerros oli yhtäjaksoinen ja yhtenäisen tiivis kuten näkyy kuviosta 39.

35

Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti kullan sulaneen ainakin syvyyteen 3  $\mu\text{m}$  asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuviosta 40.

| 5  | <u>Syvyys (<math>\mu\text{m}</math>)</u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|------------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 0,5                                      | Au              | 61,3                   |
|    | 1,0                                      | Au              | 9,6                    |
|    | 2,0                                      | Au              | 0,9                    |
| 10 | 3,0                                      | Au              | 0,5                    |

#### ESIMERKKI XIV

Valmistettiin saman kaavan mukainen vesiliuos kuin esimer-  
15 kissä XIII:

#### Reaktio-olosuhteet

|    |                      |                     |
|----|----------------------|---------------------|
|    | Matriisi             | = teräs             |
| 20 | Elektrodi            | = grafiitti         |
|    | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas    |
|    | Taajuus              | = 3,95 kHz          |
|    | Päällystysnopeus     | = 711,0 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika       | = 2,0 minuuttia     |

25

Tarkastelu optisella pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin arviolta 1,0  $\mu\text{m}$  paksuisen kultapinnoitekerroksen. Kerros oli yhtenäisen paksu ja tiivis kuten näkyy kuviosta 41.

30

Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti kullan sulaneen ainakin syvyyteen 4,0  $\mu\text{m}$  asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuviosta 42.

35

|   | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|---|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|   | 0,5                                    | Au              | 84,9                   |
|   | 1,5                                    | Au              | 10,6                   |
| 5 | 2,0                                    | Au              | 2,1                    |
|   | 3,0                                    | Au              | 0,8                    |
|   | 4,0                                    | Au              | 0,6                    |

ESIMERKKI XV

10

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    | <u>Aine</u>              | <u>g/l</u>       |
|----|--------------------------|------------------|
| 15 | Kromitrioksidi           | 150              |
|    | Kromisulfaatti           | 0,06             |
|    | Rikkihappo               | 2,15             |
|    | Natriumpiifluoridi       | 0,2              |
|    | Hiilidisulfidi           | 2 - 3 ml         |
| 20 | Natriumlauryylisulfaatti | 0,05             |
|    | Vesi (tislattu)          | 1000 ml:aan asti |

Tällä liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|    |                                 |              |
|----|---------------------------------|--------------|
| 25 | pH                              | = 0,6        |
|    | ominaisvastus                   | = 12 ohmi cm |
|    | Cr <sup>+6</sup> -konsentraatio | = 7,8 p-%    |

Liuoksen pH voi vaihdella välillä 0,6 - 1,0; Cr<sup>+6</sup> -ionien konsentraatio välillä 3 - 20 p-% ja ominaisvastus välillä 11 - 14 ohmi cm.

30

Reaktio-olosuhteet

- |   |                      |                    |
|---|----------------------|--------------------|
|   | Matriisi             | = kupari           |
|   | Elektrodi            | = grafiitti        |
| 5 | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas   |
|   | Taajuus              | = 6,25 kHz         |
|   | Päällystysnopeus     | = 1125 mm/minuutti |
|   | Päällystysaika       | = 5 minuuttia      |
- 10 Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin arviolta 1  $\mu\text{m}$  paksuisen kromipinnoitekerroksen. Kerroksen pinta oli epätasainen, mutta kerrostumassa ei ilmenyt virheitä ja se oli yhtäjaksoinen kuten näkyy kuviosta 43.
- 15 Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti kromin sulaneen ainakin syvyyteen 3,0  $\mu\text{m}$  asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuviosta 44.
- 20
- |    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 0,5                                    | Cr              | 94,0                   |
|    | 1,0                                    | Cr              | 32,0                   |
| 25 | 2,0                                    | Cr              | 1,8                    |
|    | 3,0                                    | Cr              | 1,0                    |

ESIMERKKI XVI

- 30 Valmistettiin saman kaavan mukainen vesiliuos, mitä käytettiin esimerkissä XV:

Reaktio-olosuhteet

- Matriisi = teräs (ASA 1018)  
 Elektrodi = grafiitti  
 5 Elektrodin päällyste = puuvillakangas  
 Taajuus = 6,48 kHz  
 Päällystysnopeus = 1166,4 mm/minuutti  
 Päällystysaika = 5,0 minuuttia
- 10 Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla to-  
 esiin arviolta 3,0  $\mu\text{m}$  paksuisen kromipinnoitekerroksen. Tämä  
 näkyy kuvioista 45.

- Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy  
 15 pinnan poikki osoitti kromin sulaneen ainakin syvyyteen  
 5,0  $\mu\text{m}$  asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuvioista  
 46.

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
| 20 | 1,0                                    | Cr              | 100,0                  |
|    | 2,0                                    | Cr              | 97,2                   |
|    | 3,0                                    | Cr              | 20,8                   |
|    | 4,0                                    | Cr              | 2,8                    |
| 25 | 5,0                                    | Cr              | 2,1                    |

ESIMERKKI XVII

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

30

| <u>Aine</u>        | <u>g/l</u> |
|--------------------|------------|
| Kromikloridi       | 213        |
| Natriumkloridi     | 36         |
| 35 Ammoniumkloridi | 26         |
| Boorihappo         | 20         |

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| Dimetyyliformamidi       | 400 ml           |
| Natriumasetaatti         | 3,0              |
| Natriumlauryylisulfaatti | 0,5              |
| Vesi (tislattu)          | 1000 ml:aan asti |

5

Tällä liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| pH                                 | = 3,0          |
| ominaisvastus                      | = 17,4 ohmi cm |
| 10 Cr <sup>+3</sup> -konsentraatio | = 2,5 - 3,5    |

Liuoksen pH voi vaihdella välillä 2,5 - 3,5; Cr<sup>+3</sup> -ionien konsentraatio välillä 1,8 - 5 p-% ja ominaisvastus välillä 16 - 20 ohmi cm.

15

#### Reaktio-olosuhteet

|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Matriisi                                                                                                                                                                                       | = kupari                                                                                                                                |
| Elektrodi                                                                                                                                                                                      | = grafiitti                                                                                                                             |
| 20 Elektrodin päällyste                                                                                                                                                                        | = puuvillakangas                                                                                                                        |
| Taajuus                                                                                                                                                                                        | = 6,85 kHz                                                                                                                              |
| Päällystysnopeus                                                                                                                                                                               | = 1251 mm/minuutti                                                                                                                      |
| Päällystysaika                                                                                                                                                                                 | = 3,0 minuuttia                                                                                                                         |
| 25 Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla                                                                                                                                    | toi esiin arviolta 0,5 $\mu$ m paksuisen kromipinnoitekerroksen. Pinnoite oli kiinteä ja yhtäjaksoinen kuten näkyy kuvioista 47 ja 47A. |
| 30 Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti kromin sulaneen ainakin syvyyteen 3,0 $\mu$ m asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuvioista 48. |                                                                                                                                         |

|   | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|---|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|   | 1                                      | Cr              | 21,2                   |
|   | 2                                      | Cr              | 4,0                    |
| 5 | 3                                      | Cr              | 0,9                    |

ESIMERKKI XVIII

Käytettiin saman kaavan mukaan valmistettua vesiliuosta kuin  
10 esimerkissä XVII:

Reaktio-olosuhteet

|    |                      |                    |
|----|----------------------|--------------------|
|    | Matriisi             | = teräs (ASA 1018) |
| 15 | Elektrodi            | = grafiitti        |
|    | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas   |
|    | Taajuus              | = 6,85 kHz         |
|    | Päällystysnopeus     | = 1251 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika       | = 3,0 minuuttia    |

20

Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi  
esiin arviolta 1,0  $\mu\text{m}$  paksuisen kromipinnoitekerroksen.

Pinnoitteen pinta osoittautui hieman epätasaiseksi, mutta  
pinnoite oli kiinteä, eikä siinä ollut virheitä, kuten näkyy

25 kuvioista 49 ja 49 A.

Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy  
pinnan poikki osoitti kromin sulaneen ainakin syvyyteen 3,0  $\mu\text{m}$   
asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuvioista 50.

30

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 0,5                                    | Cr              | 97,2                   |
|    | 1,0                                    | Cr              | 97,6                   |
|    | 1,5                                    | Cr              | 22,2                   |
| 35 | 2,0                                    | Cr              | 1,5                    |
|    | 3,0                                    | Cr              | 0,8                    |

ESIMERKKI XIX

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|   |                           |            |
|---|---------------------------|------------|
| 5 | <u>Aine</u>               | <u>g/l</u> |
|   | Kadmiumkloridi            | 6,74       |
|   | Tetranatriumpyrofosfaatti | 54         |
|   | Vesi (tislattu)           | 1000 ml    |

10

Tällä liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|    |                                 |              |
|----|---------------------------------|--------------|
|    | pH                              | = 10         |
|    | ominaisvastus                   | = 33 ohmi cm |
| 15 | Cd <sup>+2</sup> -konsentraatio | = 0,32 p-%   |

Liuoksen pH voi vaihdella välillä 10 - 10,2; Cd<sup>+2</sup> -ionien konsentraatio välillä 0,2 - 0,5 p-% ja ominaisvastus välillä 28 - 35 ohmi cm.

20

Reaktio-olosuhteet

|    |                      |                                                     |
|----|----------------------|-----------------------------------------------------|
|    | Matriisi             | = kupari                                            |
|    | Elektrodi            | = grafiitti                                         |
| 25 | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas                                    |
|    | Taajuus              | = (1) 7,29 kHz; (2) 7,91 kHz                        |
|    | Päällystysnopeus     | = (1) 1312,2 mm/minuutti,<br>(2) 1423,8 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika       | = (1) 1,0 minuuttia; (2) 3,0 minuuttia              |

30

Tässä esimerkissä käytetty liuos oli aluksi yllä olevan mukainen ja päällystys tapahtui olosuhteissa, joita on merkitty (1):llä. Sitten päällystettiin käyttäen toista liuosta, joka on esitetty esimerkissä XX, olosuhteissa, joita on merkitty (2):lla. Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelekt-

35 ronimikroskoopilla toi esiin arviolta 4  $\mu$ m paksuisen kadmium-

pinnoitekerroksen. Tämä pinnoite ei ollut homogeeninen kuten näkyy kuviosta 51, mutta pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti kadmiumin sulaneen ainakin syvyyteen 9  $\mu\text{m}$  asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuviosta 52.

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 2                                      | Cd              | 77,4                   |
| 10 | 3                                      | Cd              | 65,2                   |
|    | 4                                      | Cd              | 6,7                    |
|    | 5                                      | Cd              | 1,2                    |
|    | 6                                      | Cd              | 0,48                   |
|    | 7                                      | Cd              | 2,1                    |
| 15 | 8                                      | Cd              | 2,9                    |
|    | 9                                      | Cd              | 0,89                   |

#### ESIMERKKI XX

20 Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    | <u>Aine</u>              | <u>g/l</u> |
|----|--------------------------|------------|
|    | Kadmiumsulfaatti         | 26,65      |
| 25 | Natriumkloridi           | 8,7        |
|    | Boorihappo               | 15,0       |
|    | Alumiinisulfaatti        | 17,5       |
|    | Arabikumi                | 0,25       |
|    | Natriumtetraboraatti     | 5,0        |
| 30 | Bentseenisulfonihappo    | 2,5        |
|    | Natriumlauryylisulfaatti | 0,5        |
|    | Vesi (tislattu)          | 1000 ml    |

Tällä liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|   |                                 |              |
|---|---------------------------------|--------------|
|   | pH                              | = 3,40       |
| 5 | ominaisvastus                   | = 54 ohmi cm |
|   | Cd <sup>+2</sup> -konsentraatio | = 1,1 %      |

Liuoksen pH voi vaihdella välillä 3,2 - 3,5; Cd<sup>+2</sup> -ionien konsentraatio välillä 1 - 4 p-% ja ominaisvastus välillä  
10 45 - 55 ohmi cm.

#### Reaktio-olosuhteet

|    |                      |                    |
|----|----------------------|--------------------|
|    | Matriisi             | = teräs            |
| 15 | Elektrodi            | = platina          |
|    | Elektrodin päällyste | = nailonkangas     |
|    | Taajuus              | = 13,7 kHz         |
|    | Päällystysnopeus     | = 2466 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika       | = 2 minuuttia      |

20

Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin arviolta 1  $\mu$ m paksuisen kadmiumpinnoitekerroksen. Kerroksen pinta oli epätasainen, mutta se oli kiinteä ja yhtäjaksoinen kuten näkyy kuvioista 53.

25

Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti kadmiumin sulaneen ainakin syvyyteen 4  $\mu$ m asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuvioista 54.

|    |                                 |                 |                        |
|----|---------------------------------|-----------------|------------------------|
| 30 | <u>Syvyys <math>\mu</math>m</u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|    | 0,5                             | Cd              | 73,3                   |
|    | 1,0                             | Cd              | 8,8                    |
|    | 2,0                             | Cd              | 1,4                    |
| 35 | 3,0                             | Cd              | 1,2                    |
|    | 4,0                             | Cd              | 1,1                    |

ESIMERKKI XXI

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    |                   |            |
|----|-------------------|------------|
| 5  | <u>Aine</u>       | <u>g/l</u> |
|    | Tinakloridi       | 77,3       |
|    | Natriumhydroksidi | 66,0       |
|    | Natriumasetaatti  | 14,7       |
| 10 | Vesi (tislattu)   | 1000 ml    |

Tällä liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|    |                                        |               |
|----|----------------------------------------|---------------|
|    | pH                                     | = 12,4        |
| 15 | ominaisvastus                          | = 8,6 ohmi cm |
|    | $\text{Sn}^{+2}$ -ionien konsentraatio | = 4 p-%       |

|    |                                                                                                                                                      |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 20 | Liuoksen pH voi vaihdella välillä 11,2 - 12,7; $\text{Sn}^{+2}$ -ionien konsentraatio välillä 2 - 5 p-% ja ominaisvastus välillä 6,2 - 10,3 ohmi cm. |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Reaktio-olosuhteet

|    |                      |                    |
|----|----------------------|--------------------|
|    | Matriisi             | = kupari           |
| 25 | Elektrodi            | = grafiitti        |
|    | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas   |
|    | Taajuus              | = 9,85 kHz         |
|    | Päällystysnopeus     | = 1773 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika       | = 2 minuuttia      |

|    |                                                                                                                                                                                                      |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 30 | Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin arviolta 1,2 $\mu\text{m}$ paksuisen tinapinnoitekerroksen. Kerros oli yhtenäisen paksu ja homogeeninen. Tämä näkyy kuvioista 55. |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti tinan sulaneen ainakin syvyyteen 4  $\mu\text{m}$  asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuviosta 56.

| 5  | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 1                                      | Sn              | 91,4                   |
|    | 2                                      | Sn              | 4,4                    |
|    | 3                                      | Sn              | 0,9                    |
| 10 | 4                                      | Sn              | 0,5                    |

### ESIMERKKI XXII

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

15

| <u>Aine</u>               | <u>g/l</u> |
|---------------------------|------------|
| Tinakloridi               | 9,4        |
| Tetranatriumpyrofosfaatti | 44,7       |
| 20 Dekstriini             | 6,25       |
| Vesi (tislattu)           | 1000 ml    |
| Natriumlauryylisulfaatti  | 0,5        |

Tällä liuksella oli seuraavat ominaisuudet:

25

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| pH                              | = 9,05       |
| ominaisvastus                   | = 34 ohmi cm |
| Sn <sup>+2</sup> -konsentraatio | = 0,50 p-%   |

30 Liuoksen pH voi vaihdella välillä 9 - 9,7; Sn<sup>+2</sup> -ionien konsentraatio välillä 0,4 - 1 p-% ja ominaisvastus välillä 30 - 36 ohmi cm.

Reaktio-olosuhteet

- |   |                      |                    |
|---|----------------------|--------------------|
|   | Matriisi             | = kupari           |
|   | Elektrodi            | = grafiitti        |
| 5 | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas   |
|   | Taajuus              | = 9,85 kHz         |
|   | Päällystysnopeus     | = 1773 mm/minuutti |
|   | Päällystysaika       | = 2 minuuttia      |
- 10 Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin arviolta 4  $\mu\text{m}$  paksuisen tinapinnoitekerroksen. Tässä kerroksessa osoittautui olevan alempi yhtenäinen ja olennaisesti homogeeninen noin 1  $\mu\text{m}$  paksuinen kerros ja ulompi hieman huokoinen noin 3  $\mu\text{m}$  paksu kerros kuten näkyy kuvioista
- 15 57.

Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti tinan sulaneen ainakin syvyyteen 5  $\mu\text{m}$  asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuvioista 58.

20

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 1                                      | Sn              | 97                     |
|    | 2                                      | Sn              | 97,3                   |
| 25 | 3                                      | Sn              | 94,3                   |
|    | 5                                      | Sn              | 1,0                    |

ESIMERKKI XXIII

- 30 Käytettiin samanlaista vesiliuosta kuin mikä oli valmistettu esimerkkiä XXII varten:

Reaktio-olosuhteet

- |   |                      |                      |
|---|----------------------|----------------------|
|   | Matriisi             | = teräs (ASA 1010)   |
|   | Elektrodi            | = grafiitti          |
| 5 | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas     |
|   | Taajuus              | = 10,61 kHz          |
|   | Päällystysnopeus     | = 1909,8 mm/minuutti |
|   | Päällystysaika       | = 3 minuuttia        |
- 10 Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin yli 2  $\mu$ m paksuisen tinapinnoitekerroksen. Tämä kerros oli huokoinen, mutta yhtäjaksoinen kuten näkyy kuviosta 59.
- Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy
- 15 pinnan poikki osoitti tinan sulaneen ainakin syvyyteen 2  $\mu$ m asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuviosta 60.

|    | <u>Syvyys <math>\mu</math>m</u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|---------------------------------|-----------------|------------------------|
| 20 | 0,5                             | Sn              | 96,2                   |
|    | 1,0                             | Sn              | 81,4                   |
|    | 2,0                             | Sn              | 2,5                    |

ESIMERKKI XXIV

25

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    | <u>Aine</u>              | <u>g/l</u> |
|----|--------------------------|------------|
| 30 | Kobolttisulfaatti        | 252        |
|    | Natriumfluoridi          | 14         |
|    | Boorihappo               | 45         |
|    | Dekstroosi               | 5          |
|    | Natriumlauryylisulfaatti | 0,2        |
| 35 | Vesi (tislattu)          | 1000 ml    |

Tällä liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|   |                                 |                |
|---|---------------------------------|----------------|
|   | pH                              | = 6,03         |
|   | ominaisvastus                   | = 28,5 ohmi cm |
| 5 | Co <sup>+2</sup> -konsentraatio | = 5,3 p-%      |

Liuoksen pH voi vaihdella välillä 4,5 - 6,5; Co<sup>+2</sup> -ionien konsentraatio välillä 2 - 6 p-% ja ominaisvastus välillä 25 - 30 ohmi cm.

10

#### Reaktio-olosuhteet

|    |                                                                                                                                                                                                  |                   |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|    | Matriisi                                                                                                                                                                                         | = kupari          |
|    | Elektrodi                                                                                                                                                                                        | = platina         |
| 15 | Elektrodin päällyste                                                                                                                                                                             | = nailonverkko    |
|    | Taajuus                                                                                                                                                                                          | = 5,1 kHz         |
|    | Päällystysnopeus                                                                                                                                                                                 | = 918 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika                                                                                                                                                                                   | = 3 minuuttia     |
| 20 | Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin arviolta 6,5 $\mu$ m paksuisen kobolttipinnoitekerroksen. Tämä kerros oli yhtenäinen ja yhtäjaksoinen kuten näkyy kuvista 61. |                   |
| 25 | Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti koboltin sulaneen ainakin syvyyteen 20 $\mu$ m asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuvista 62.       |                   |

|    |                                 |                 |                        |
|----|---------------------------------|-----------------|------------------------|
| 30 | <u>Syvyys <math>\mu</math>m</u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|    | 10                              | Co              | 2,65                   |
|    | 15                              | Co              | 1,6                    |
|    | 20                              | Co              | 0,87                   |
| 35 | 25                              | Co              | 0,44                   |

Oli ilmeistä visuaalisen tarkastelun ja edellä olleiden kokeiden perusteella, että kobolttikerros tason 10  $\mu\text{m}$  yläpuolella oli erittäin tiivis.

## 5 ESIMERKKI XXV

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

|    | <u>Aine</u>              | <u>g/l</u> |
|----|--------------------------|------------|
| 10 | Hopeasyanidi             | 26         |
|    | Kaliumsyanidi            | 46         |
|    | Kaliumkarbonaatti        | 37         |
|    | Natriumlauryylisulfaatti | 1          |
| 15 | Hiilidisulfidi           | 1-2        |
|    | Vesi (tislattu)          | 1000 ml    |

Tällä liuksella oli seuraavat ominaisuudet:

|    |                                 |                |
|----|---------------------------------|----------------|
| 20 | pH                              | = 11,55        |
|    | ominaisvastus                   | = 10,5 ohmi cm |
|    | Ag <sup>+1</sup> -konsentraatio | = 2,09 p-%     |

Liuoksen pH voi vaihdella välillä 11,2 - 11,7; Ag<sup>+1</sup> -ionien konsentraatio välillä 1 - 3 p-% ja ominaisvastus välillä 8 - 13 ohmi cm.

## Reaktio-olosuhteet

|    |                      |                    |
|----|----------------------|--------------------|
| 30 | Matriisi             | = kupari           |
|    | Elektrodi            | = platina          |
|    | Elektrodin päällyste | = nailon           |
|    | Taajuus              | = 7,7 kHz          |
|    | Päällystysnopeus     | = 1386 mm/minuutti |
| 35 | Päällystysaika       | = 1 minuuttia      |

Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin arviolta 5  $\mu\text{m}$  paksuisen hopeapinnoitekerroksen. Rakenne on esitetty kuvioissa 63 ja 63A.

- 5 Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy pinnan poikki osoitti hopean sulaneen ainakin syvyyteen 3  $\mu\text{m}$  asti kuten näkyy alla olevasta taulukosta ja kuvioista 64.

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
| 10 | 1                                      | Ag              | 98,7                   |
|    | 2                                      | Ag              | 91,4                   |
|    | 3                                      | Ag              | 46,3                   |
|    | 4                                      | Ag              | 2,4                    |
| 15 | 5                                      | Ag              | 1,0                    |

#### ESIMERKKI XXVI

Valmistettiin seuraavan kaavan mukainen vesiliuos:

20

| <u>Aine</u>        | <u>g/l</u>   |
|--------------------|--------------|
| Hopeanitraatti     | 29           |
| Kaliumjodidi       | 398          |
| 25 Sitruunahappo   | 6            |
| Dekstroosi         | 5            |
| Hiilidisulfidi     | 1,5          |
| Ammoniumhydroksidi | pH:n säätöön |
| Vesi (tislattu)    | 1000 ml      |

30

Tällä liuoksella oli seuraavat ominaisuudet:

|                                    |               |
|------------------------------------|---------------|
| pH                                 | = 5,6         |
| ominaisvastus                      | = 6,6 ohmi cm |
| 35 $\text{Ag}^{+1}$ -konsentraatio | = 1,84 p-%    |

Liuoksen pH voi vaihdella välillä 1,5 - 2;  $\text{Ag}^{+1}$  -ionien konsentraatio välillä 0,5 - 2,5 p-% ja ominaisvastus välillä 6 - 12 ohmi cm.

## 5 Reaktio-olosuhteet

|    |                      |                    |
|----|----------------------|--------------------|
|    | Matriisi             | = kupari           |
|    | Elektrodi            | = grafiitti        |
|    | Elektrodin päällyste | = puuvillakangas   |
| 10 | Taajuus              | = 9,5 kHz          |
|    | Päällystysnopeus     | = 1710 mm/minuutti |
|    | Päällystysaika       | = 2 minuuttia      |

15 Tarkastelu optisella ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla toi esiin arviolta 2  $\mu\text{m}$  paksuisen hopeapinnoitekerroksen. Tämän rakenne ilmenee kuviosta 65.

Pyyhkäisyelektronimikroskooppi/mikroanalysaattorin pyyhkäisy osoitti hopean sulaneen ainakin syvyyteen 2,00  $\mu\text{m}$  asti kuten  
20 näkyy alla olevasta taulukosta ja kuviosta 66.

|    | <u>Syvyys <math>\mu\text{m}</math></u> | <u>Alkuaine</u> | <u>Pitoisuus (p-%)</u> |
|----|----------------------------------------|-----------------|------------------------|
|    | 1                                      | Ag              | 97,7                   |
| 25 | 2                                      | Ag              | 97,5                   |
|    | 3                                      | Ag              | 28,0                   |
|    | 4                                      | Ag              | 3,8                    |
|    | 5                                      | Ag              | 2,8                    |
|    | 6                                      | Ag              | 1,0                    |

30

Edellä olevista esimerkeistä nähdään, että esillä oleva hakemus paljastaa uuden menetelmän, laitteiston menetelmän toteuttamiseksi, menetelmässä käytettävät liuokset ja uudet tuotteet, joita voidaan käyttää moniin sovellutuksiin ja  
35 käyttötarkoituksiin.

On myös syytä huomata, että vaikka selityksessä on kuvattu  
esimerkkejä, joissa päällystys on kohdistunut koko pinnalle,  
on aivan ilmeistä, että päällystys voidaan rajoittaa tietyil-  
le pinnan osa-alueille annettavista halutuista tuloksista  
riippuen.

5

Esimerkiksi tinaa, kultaa ja hopeaa, joita voidaan käyttää  
niille ominaisten erinomaisten sähkönjohtokykyominaisuuksien  
vuoksi sähköisissä sovellutuksissa ja piireissä, voidaan  
sulattaa muiden perusaineiden päälle.

10

Tinan, kullan, hopean, nikkelin, kromin, kadmiumin, molyb-  
deenin ja volframin korroosionkesto-ominaisuudet ovat myös  
käyttökelpoisia. Ja rauta- tai ei-rautametallia olevien  
perusaineiden päällystäminen näillä metalleilla parantaa  
niiden korroosionkestokäyttäytymistä.

15

Kromilla, nikkelillä, hopealla, kullalla tai tinalla on kyky  
antaa matriisille tyylikäs ulkonäkö. Kromi, molybdeeni,  
volframi, titaani ja koboltti antavat matriisin pinnalle  
kovuutta.

20

Indium antaa matriisille lujuutta ja toimii myös kitkasyö-  
pymistä estävänä aineena. Molybdeenillä käsitelty rauta- tai  
ei-rautametallinen matriisi omaa parannetut kitkakulutuksen  
ja korkean lämpötilan kesto-ominaisuudet. Se on myös käyttö-  
kelpoinen dielektrisenä pinnoitteena.

25

Kadmiumilla sulatettu matriisi, samalla kun sillä on paran-  
netut korroosionkesto-ominaisuudet, voi myös toimia anti-  
fouling-aineena laivan rungon käsittelyssä.

30

Hopealla sulatetut matriisit ovat kaikki käyttökelpoisia  
heijastavana välineenä.

35

On ilmeistä, että menetelmä ja laitteisto ovat erittäin helppoja käyttää ilman suuria pääomamenoja ja tehdaslaitoksia ja sallivat käyttää materiaaleja sovellutuksiin, jotka eivät olleet tähän asti mahdollisia, pienemmillä kustannuksilla  
5 kuin aiemmin ja paitsi yksityiskohtaisesti kuvattuja sovellutus- ja käyttömuotoja, myös monet muut ovat ilmeisiä alan ammattimiehelle.

On myös ilmeistä, että monia menetelmän parametrejä voidaan  
10 muuttaa eteen tulevista muuttujista ja vaadittavista tuloksista riippuen ilman, että poiketaan keksinnön hengestä ja piiristä, joka on määritelty oheisissa vaatimuksissa.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä ainakin yhden toisen sähköä johtavan alku-  
aineen sulattamiseksi ympäristön lämpötilassa ensimmäisen  
sähköä johtavan alkuaineen matriisiin t u n n e t t u  
siitä, että mainittu toinen sähköä johtava alkuaine ase-  
5 tetaan kosketukseen mainitun ensimmäisen sähköä johtavan  
alkuaineen viereisen pinnan kanssa, ja että johdetaan  
ennalta asetetun taajuuden omaava katkottu sähköinen sig-  
naali mainittuun ensimmäiseen ja toiseen alkuaineeseen,  
jolla mainittu toinen alkuaine sulatetaan yhteen mainitun  
10 ensimmäisen alkuaineen kanssa.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä t u n n e t -  
t u siitä, että mainittu signaali on sykkivä signaali  
kestoltaan rajoissa  $2,5 \mu s - 28,6 ns$ , jonka amplitudi on  
15 luokkaa  $3 A$   $0,3 mm^2$  kohti ennalta määrätyn jakson ajan.
3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä t u n n e t -  
t u siitä, että mainittua toista sähköä johtavaa alkuai-  
netta liikutetaan mainitun matriisin yli nopeudella, joka on  
20 riittävä saamaan aikaan olennaisesti yhtäjaksoisen yhteen-  
sulatetun pinta-alan mainittua toista sähköä johtavaa alku-  
ainetta mainitun ensimmäisen alkuaineen kanssa.
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä t u n n e t -  
25 t u siitä, että mainitun toisen sähköä johtavan alkuaineen  
kuljetusnopeus on olennaisesti verrannollinen puoleen mai-  
nitun sähköisen signaalin taajuudesta.
5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä t u n n e t -  
30 t u siitä, että mainittu taajuus on rajoissa  
 $400 Hz - 35 MHz$ .
6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä t u n n e t -  
t u siitä, että mainittu ensimmäinen sähköä johtava alku-  
35 aine valitaan ryhmästä, joka käsittää rauta- tai ei-rauta-  
metalleja tai niiden seoksen.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä t u n n e t -  
t u siitä, että mainittu toinen sähköä johtava alkuaine  
valitaan ryhmästä, joka käsittää rauta- tai ei-rautametal-  
leja tai niiden seoksen.

5

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä t u n n e t -  
t u siitä, että mainittu ensimmäinen sähköä johtava alku-  
aine valitaan ryhmästä, joka käsittää rautametalleja tai  
niiden seoksen, ja mainittu toinen sähköä johtava alkuaine  
10 valitaan ryhmästä, joka käsittää ei-rautametalleja tai nii-  
den seoksen.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä t u n n e t -  
t u siitä, että mainittu ensimmäinen sähköä johtava alku-  
15 aine valitaan ryhmästä, joka käsittää ei-rautametalleja tai  
niiden seoksen, ja mainittu toinen sähköä johtava alkuaine  
valitaan ryhmästä, joka käsittää rautametalleja tai niiden  
seoksen.

20 10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä t u n n e t -  
t u siitä, että mainittu toinen sähköä johtava alkuaine on  
kiinteän elektrodin muodossa, joka elektrodi sisältää mainit-  
tun toisen sähköä johtavan alkuaineen.

25 11. Laitteisto ensimmäisen sähköä johtavan alkuaineen sulat-  
tamiseksi toiseen sähköä johtavaan alkuaineeseen t u n -  
n e t t u siitä, että siihen kuuluu värähtelypiiri katkotun  
puoliaaltosignaalin synnyttämiseksi ennalta määrätyllä taa-  
juusalueella, mainittuun värähtelypiiriin kuulussa ulostulo  
30 ja välineet mainitun värähtelypiirin ulostulon kytkemiseksi  
ensimmäisen sähköä johtavan alkuaineen matriisiin, johon  
toinen sähköä johtava alkuaine on määrä sulattaa, ja mainit-  
tuun toiseen sähköä johtavaan alkuaineeseen, jolloin mainit-  
tu toinen sähköä johtava alkuaine sulatetaan yhteen mainitun  
35 ensimmäisen sähköä johtavan alkuaineen kanssa.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen laitteisto t u n -  
n e t t u siitä, että mainittu ennalta määrätty taajuus on  
kiinteä.
- 5 13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen laitteisto t u n -  
n e t t u siitä, että mainittu ennalta määrätty taajuus on  
säädettävä ja mainittuun laitteistoon kuuluu välineet  
mainitun signaalin muuttamiseksi.
- 10 14. Patenttivaatimuksen 1 mukaisella menetelmällä aikaan-  
saatu tuote t u n n e t t u siitä, että se käsittää  
ensimmäistä sähköä johtavaa alkuainetta olevan matriisin,  
jonka ulkopinnan kanssa on sulatettu yhteen toinen sähköä  
johtava alkuaine, ainakin vierekkäin mainitun ulkopinnan  
15 kanssa.
15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen tuote t u n n e t t u  
siitä, että mainittu ensimmäinen sähköä johtava alkuaine  
valitaan ryhmästä, joka käsittää rauta- tai ei-rautametal-  
20 leja tai niiden seoksen ja mainittu toinen sähköä johtava  
alkuaine valitaan ryhmästä, joka käsittää rauta- tai ei-rau-  
tametalleja tai niiden seoksen, jotka ovat erilaisia kuin  
mainittu ensimmäinen sähköä johtava alkuaine.
- 25 16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen tuote t u n n e t t u  
siitä, että mainittu ensimmäinen sähköä johtava alkuaine on  
rautametalli tai rautametallin seos.
17. Patenttivaatimuksen 15 mukainen tuote t u n n e t t u  
30 siitä, että mainittu ensimmäinen sähköä johtava alkuaine on  
ei-rautametalli tai ei-rautametallin seos.
18. Patenttivaatimuksen 16 mukainen tuote t u n n e t t u  
siitä, että mainittu toinen sähköä johtava alkuaine on  
35 ei-rautametalli tai ei-rautametallin seos.

19. Patenttivaatimuksen 16 mukainen tuote t u n n e t t u siitä, että mainittu toinen sähköä johtava alkuaine on rautametalli tai rautametallin seos.

5 20. Patenttivaatimuksen 16 mukainen tuote t u n n e t t u siitä, että mainittu ensimmäinen sähköä johtava alkuaine on teräs ja toinen sähköä johtava alkuaine valitaan jaksollisen järjestelmän taulukon ryhmien 4B ja 6B alkuaineista.

10 21. Laitteisto yhden sähköisesti johtavan ainesosan sulattamiseksi toiseen sähköisesti johtavaan ainesosaan t u n n e t t u siitä, että mainittu laitteisto käsittää sähkötehon lähteen, johon mainittuun sähkötehon lähteeseen kuuluu värähtelypiiri ja ulostulo sähköisen puoliaaltosignaalin  
15 antamiseksi mainittuun ulostuloon, mainitussa ulostulossa ollessa parin napoja, ensimmäiset kytkentävälit, joiden toinen pää on kytketty toiseen ulostulonapaan ja vastakkainen pää kytkettävissä mainittuun toiseen ainesosaan toisessa kohdassa, ja toiset kytkentävälit, joiden toinen pää on  
20 kytketty toiseen ulostulonapaan ja vastakkainen pää kytkettävissä mainittuun toiseen ainesosaan toisessa kohdassa, mainittujen ensimmäisten kytkentävälitiden käsittäessä mainitun toisen ainesosan mainitun ensimmäisten kytkentävälitiden vastakkaisessa päässä mainitun toisen ainesosan asettamiseksi kosketukseen mainitun toisen ainesosan kanssa, kun  
25 mainitut ensimmäiset kytkentävälit on kytketty tähän ja mainittu sähkötehon lähde on toiminnassa ja syöttää jaksotaisen virran mainittujen ainesosien läpi mainitun toisen ainesosan sulattamiseksi yhteen mainitun toisen ainesosan  
30 kanssa.

22. Patenttivaatimuksen 21 mukainen laitteisto t u n n e t t u siitä, että mainitun puoliaaltosignaalin taajuus on suunnilleen rajoissa 400 Hz - 35 MHz.

23. Patenttivaatimuksen 21 mukainen laitteisto t u n -  
n e t t u siitä, että mainitun jaksottaisen virran maksimi-  
arvo on noin 3 A ja mainitut ensimmäiset kytkentävälineet  
asettavat mainitun toisen ainesosan kosketukseen pinta-alan  
5 noin 0,3 mm<sup>2</sup> kanssa mainittua toista ainesosaa.

24. Patenttivaatimuksen 21 mukainen laitteisto t u n -  
n e t t u siitä, että mainittu toinen sähköisesti johtava  
ainesosa on kiinteässä muodossa.

10

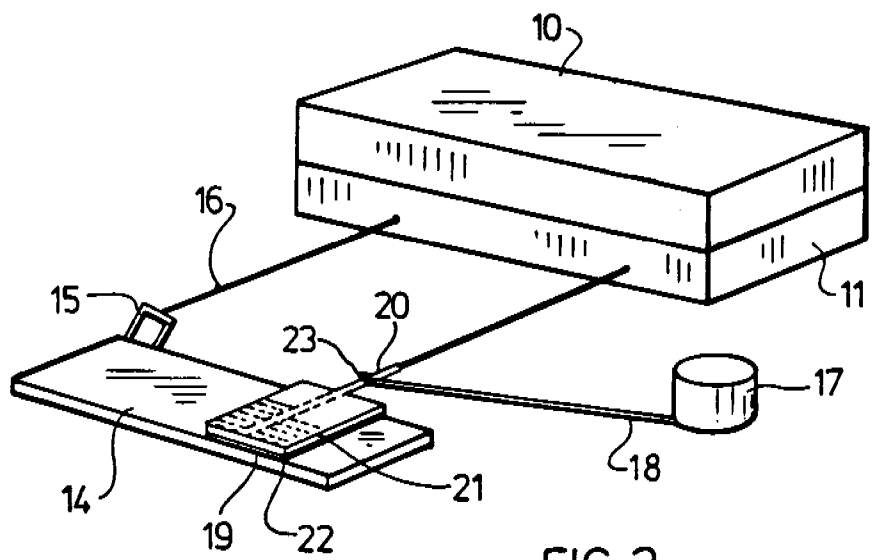
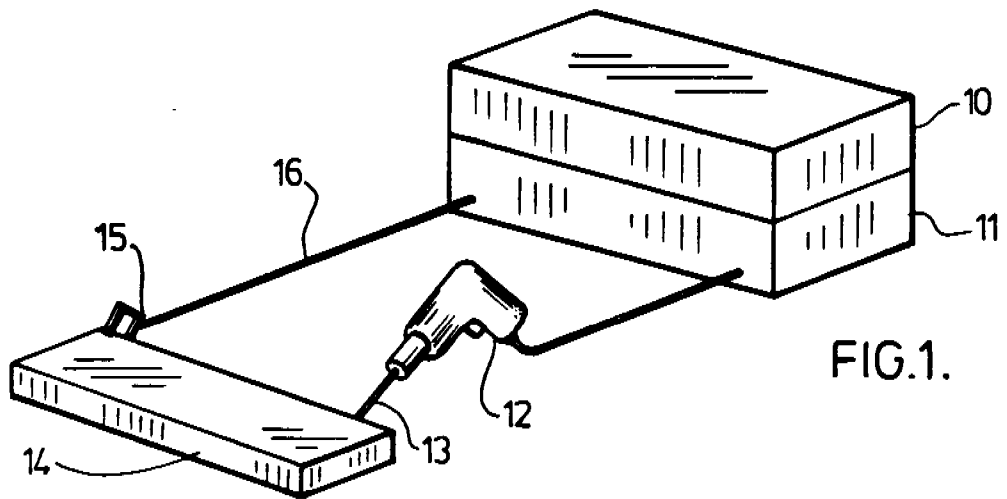
25. Patenttivaatimuksen 22 mukainen laitteisto t u n -  
n e t t u siitä, että mainitut ensimmäiset kytkentävälineet  
käsittävät välineet mainitun ensimmäisen ainesosan pyörit-  
tämiseksi sen ollessa kosketuksessa mainitun toisen aines-  
15 osan kanssa.

26. Patenttivaatimuksen 25 mukainen laitteisto t u n -  
n e t t u siitä, että mainitut pyöritysvälineet kykenevät  
pyörittämään ensimmäistä ainesosaa nopeudella, joka on  
20 suunnilleen rajoissa 5.000 - 10.000 kierrosta minuutissa.

27. Patenttivaatimuksen 21 mukainen laitteisto t u n -  
n e t t u siitä, että mainittu toinen sähköisesti johtava  
ainesosa on nestemuodossa.

25

28. Patenttivaatimuksen 26 mukainen laitteisto t u n -  
n e t t u siitä, että mainittuihin ensimmäisiin kytkentä-  
välineisiin kuuluu säiliö toista nestemäistä ainesosaa  
varten ja välineet mainitun nestemäisen ainesosan virtauksen  
30 säätelemiseksi kosketukseen mainitun toisen ainesosan  
kanssa.



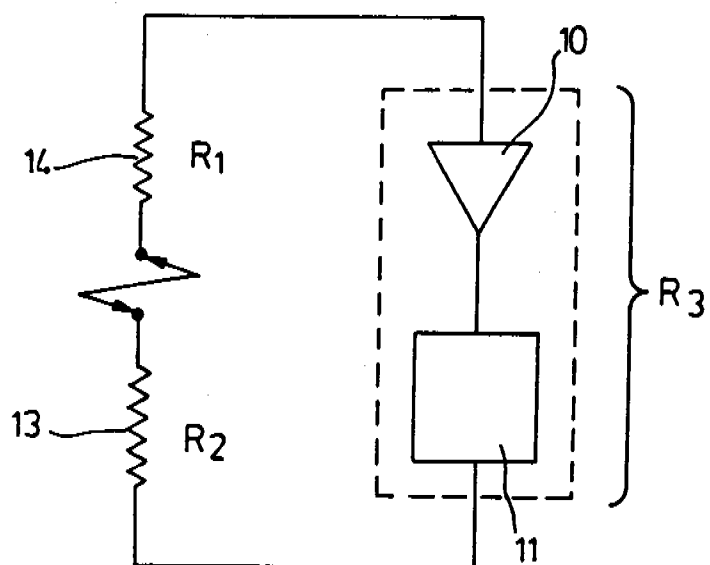


FIG. 3.

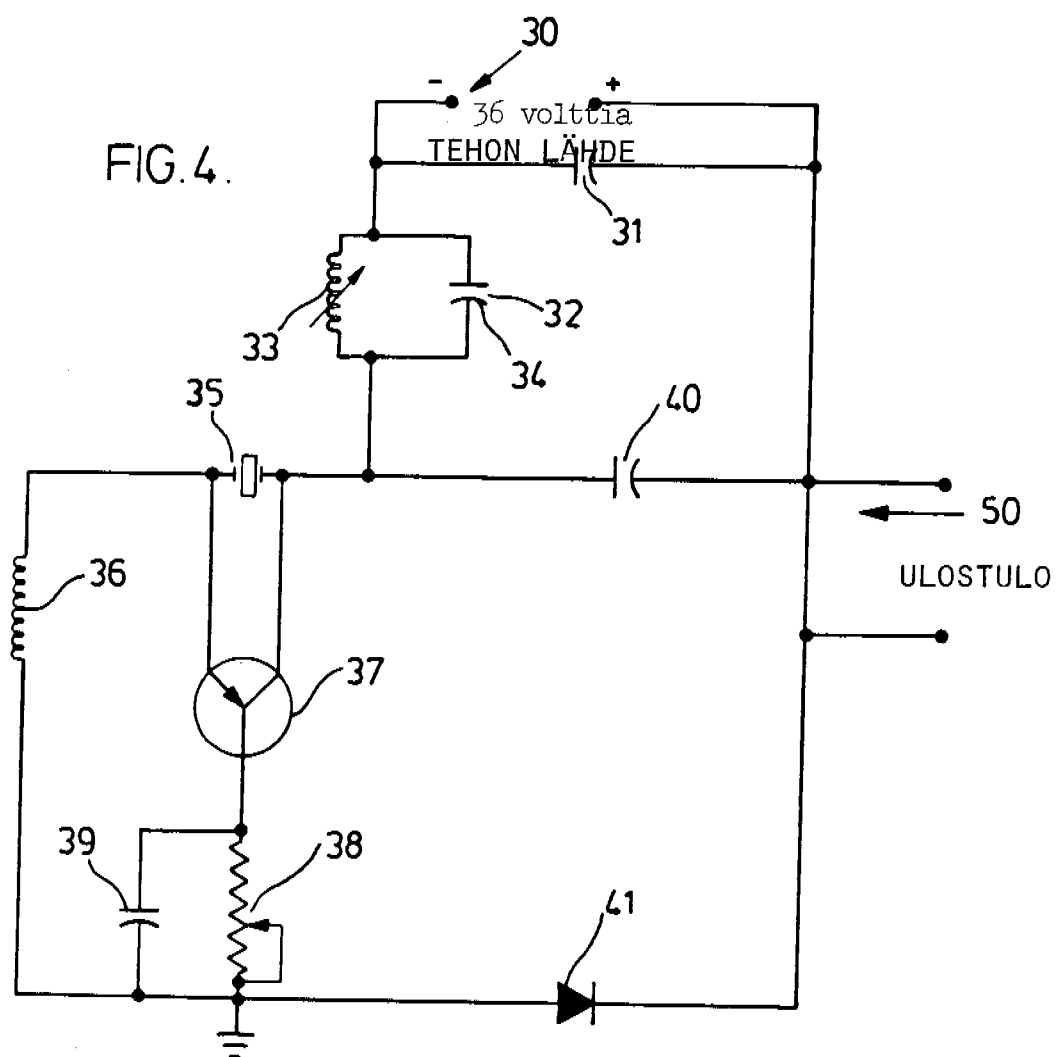


FIG. 4.

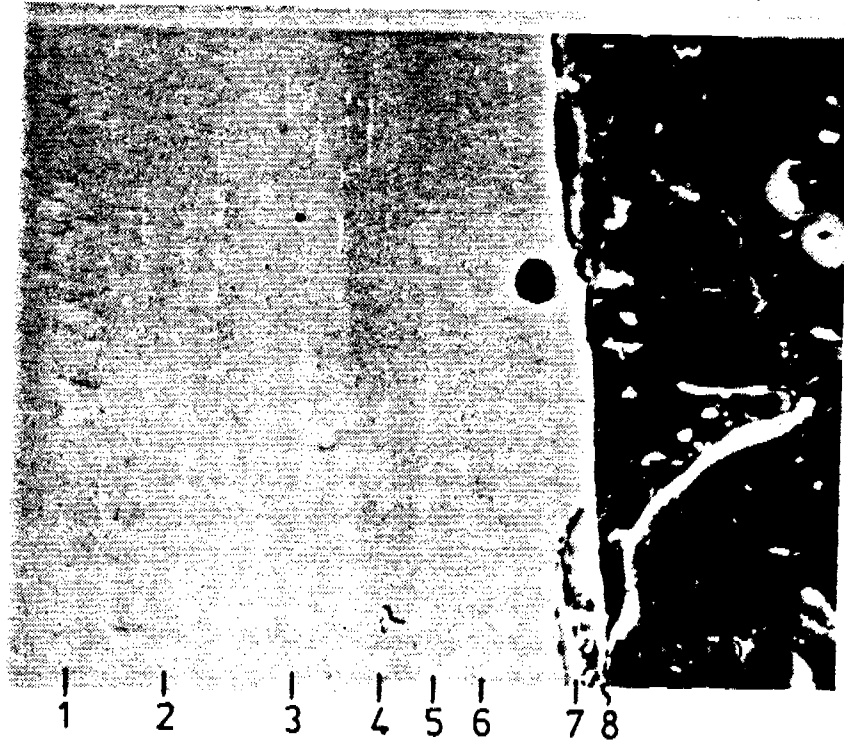
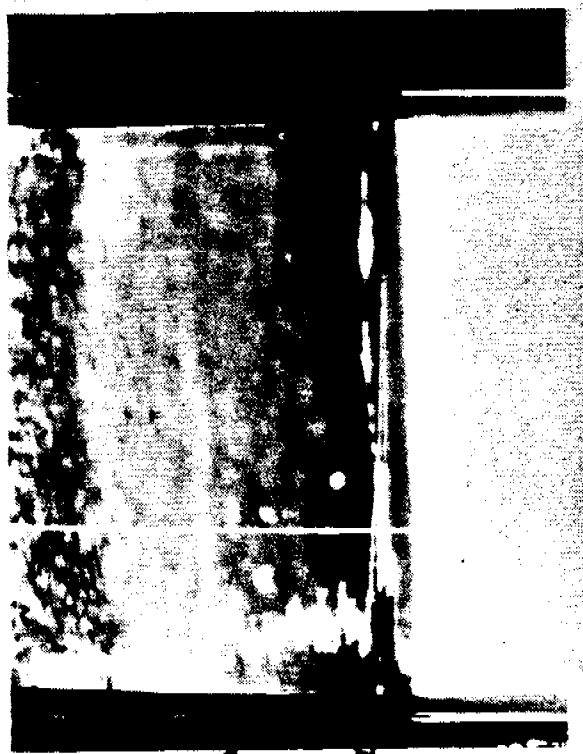


FIG. 5.

FIG. 6 .

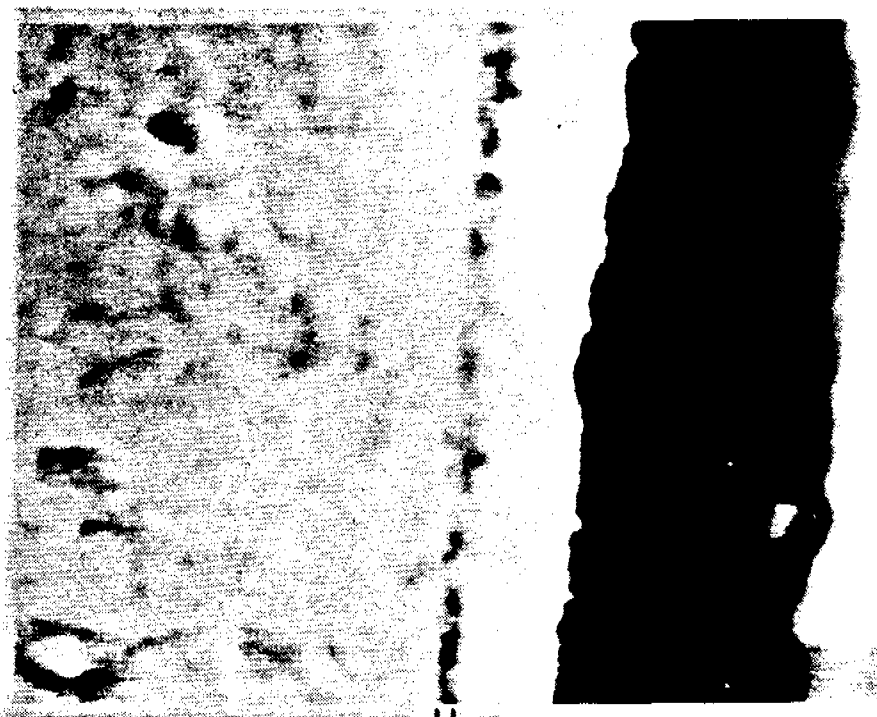


FIG. 7.

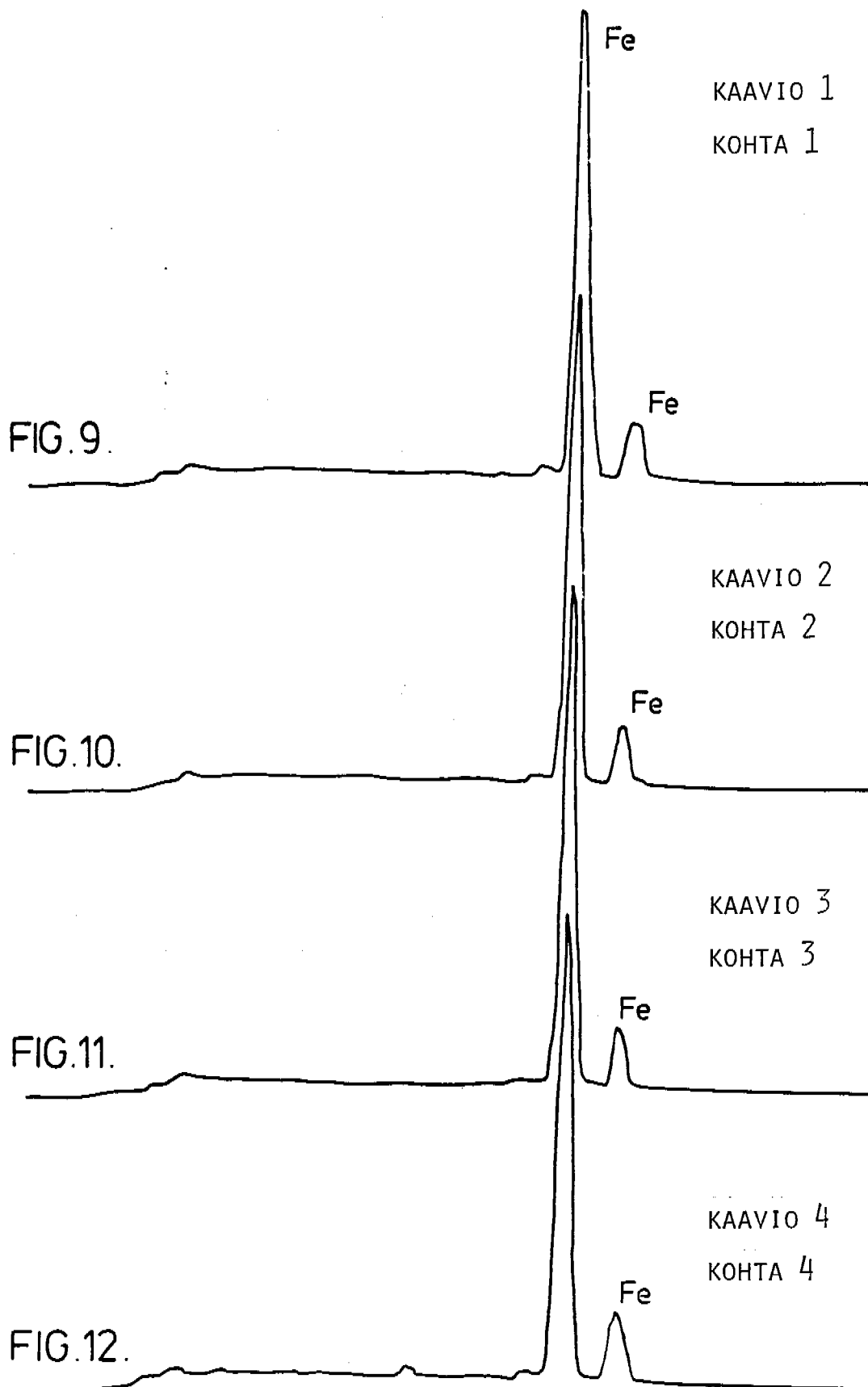


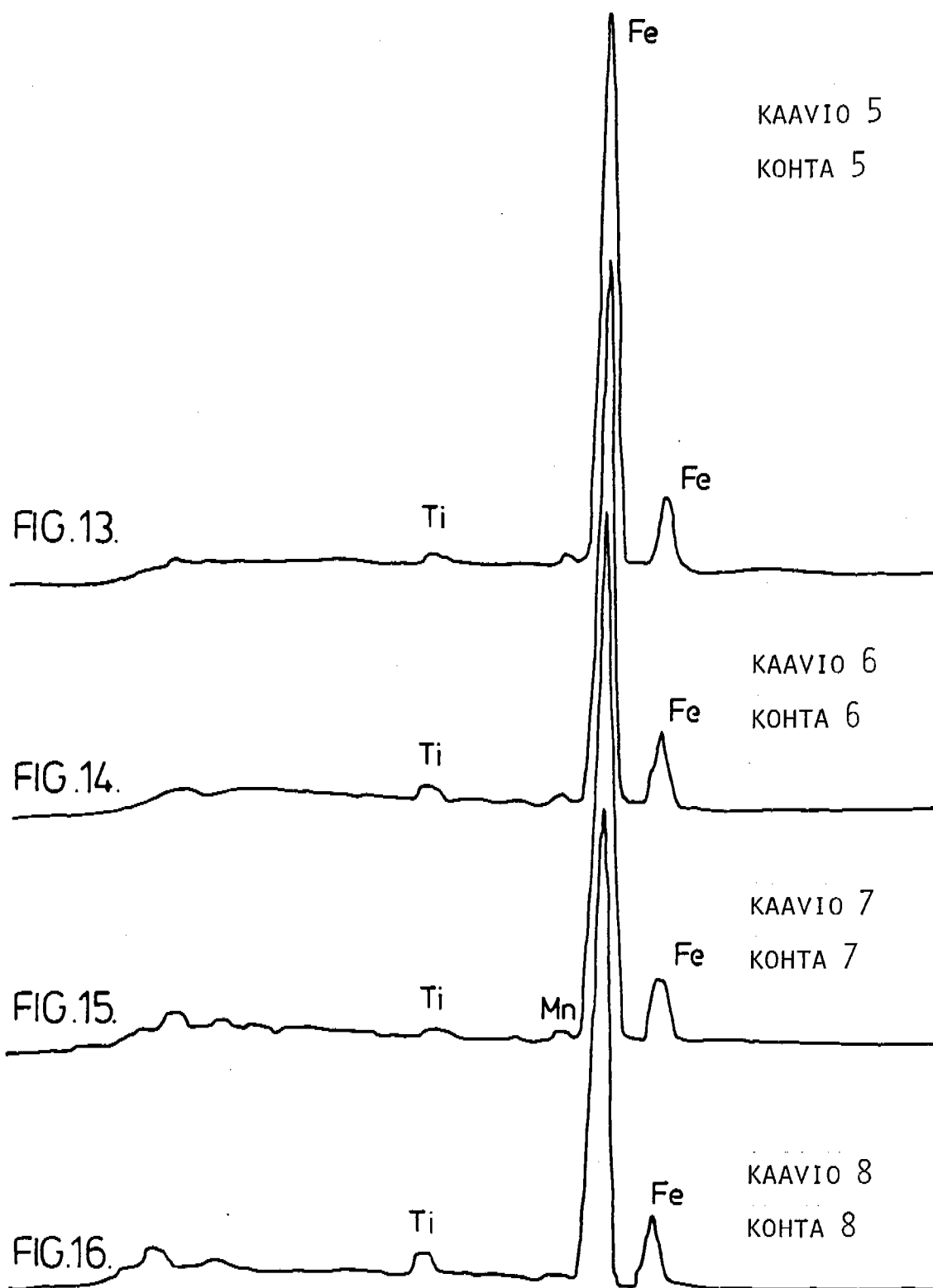
40 UM TI K $\alpha$ -PYYHKÄISY

FIG. 8.



TI-RIKAS ALUE





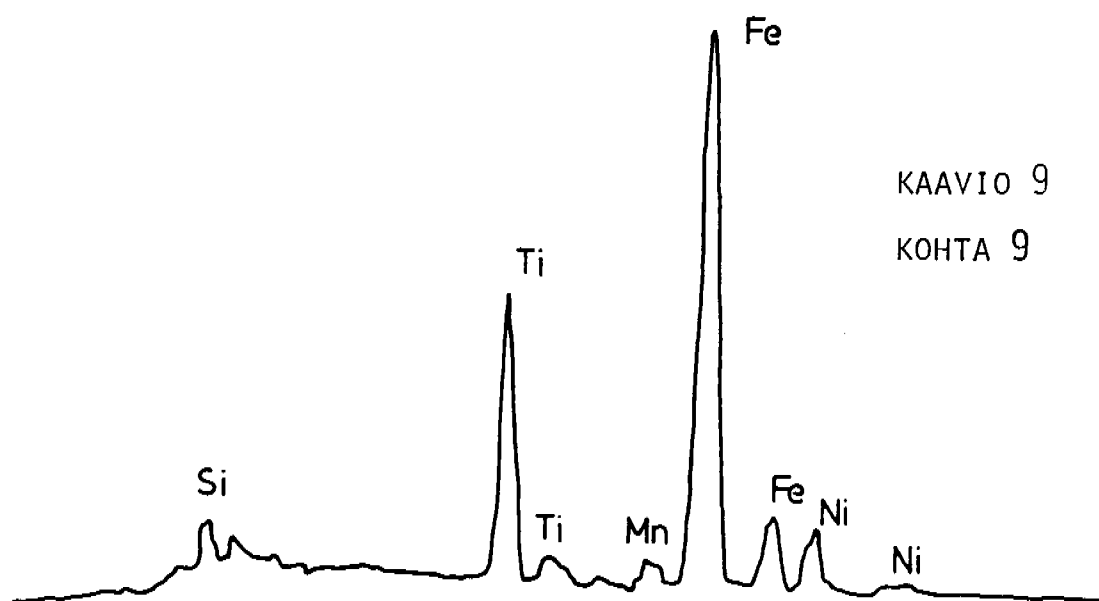


FIG. 17.

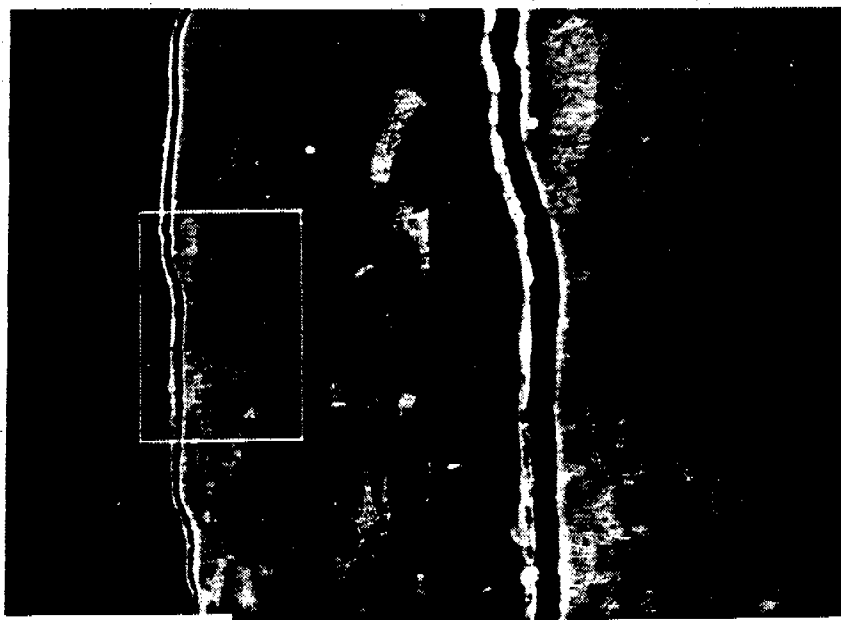


FIG.18.

FIG.18A.

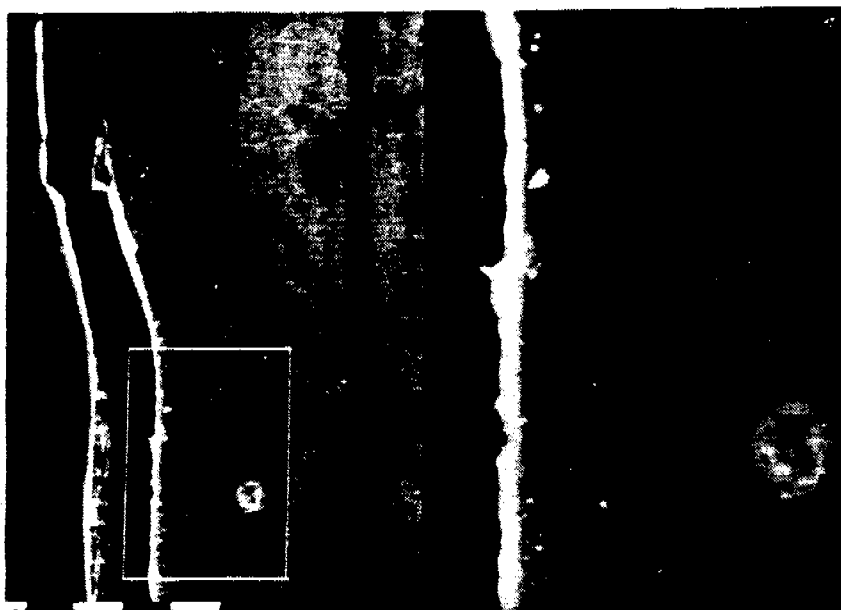


FIG.19.

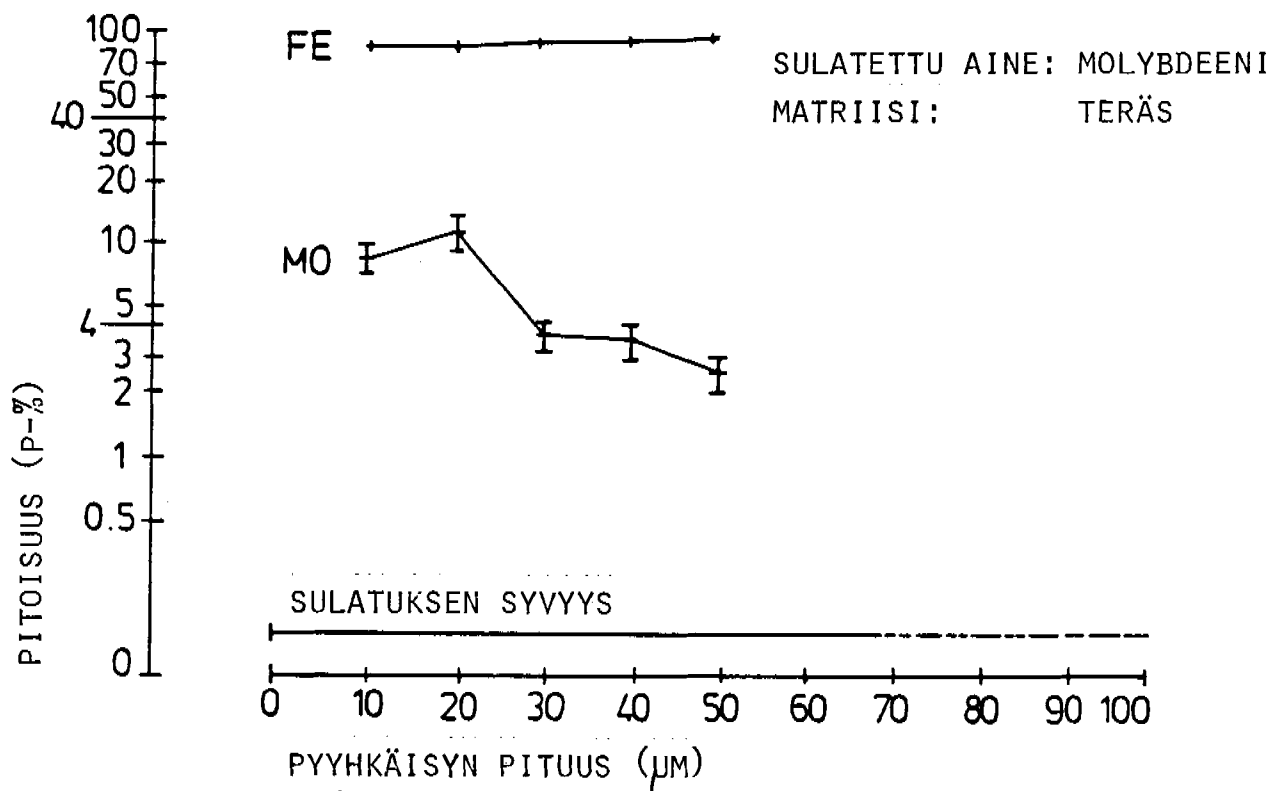
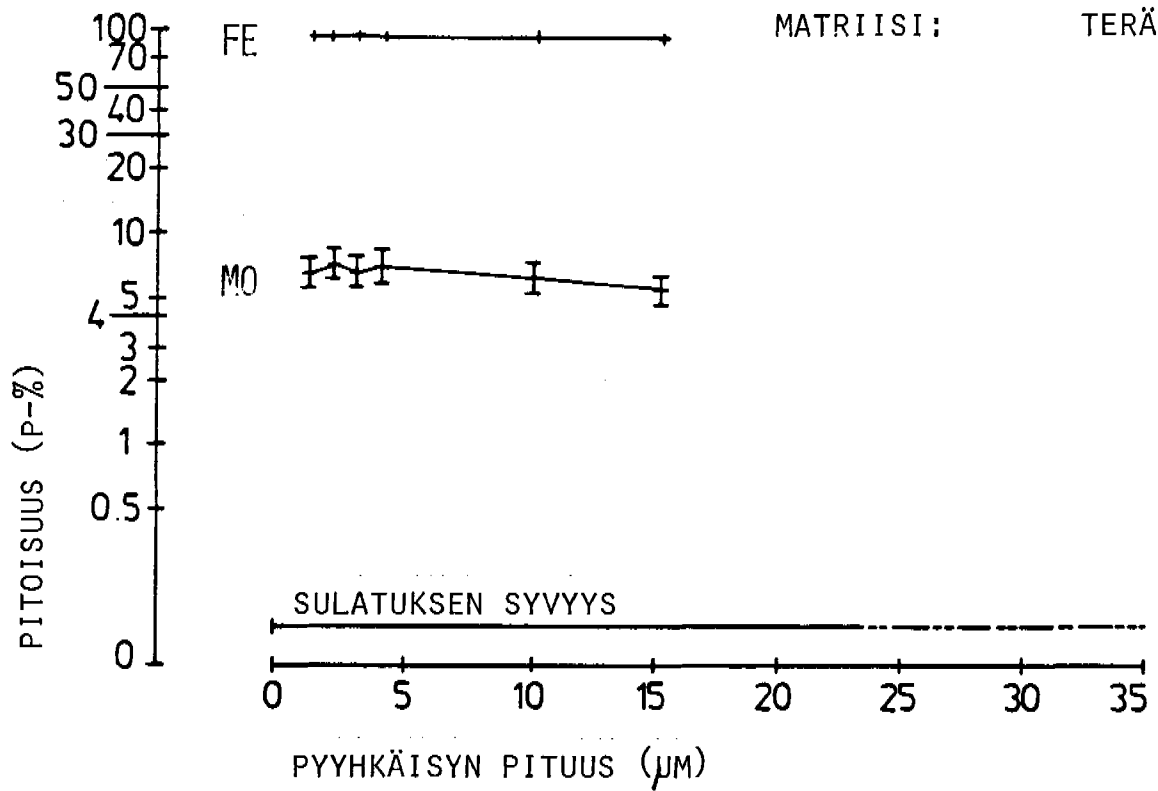


FIG.19A.

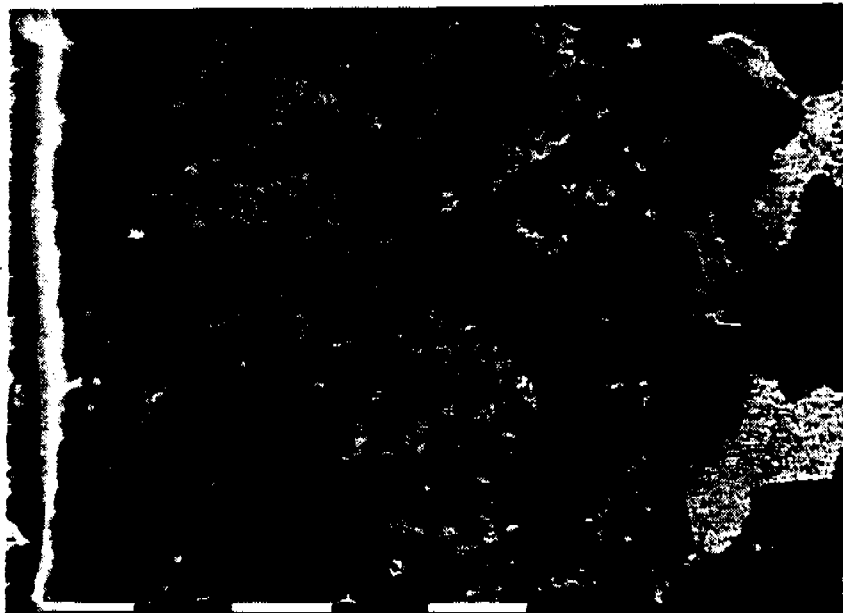
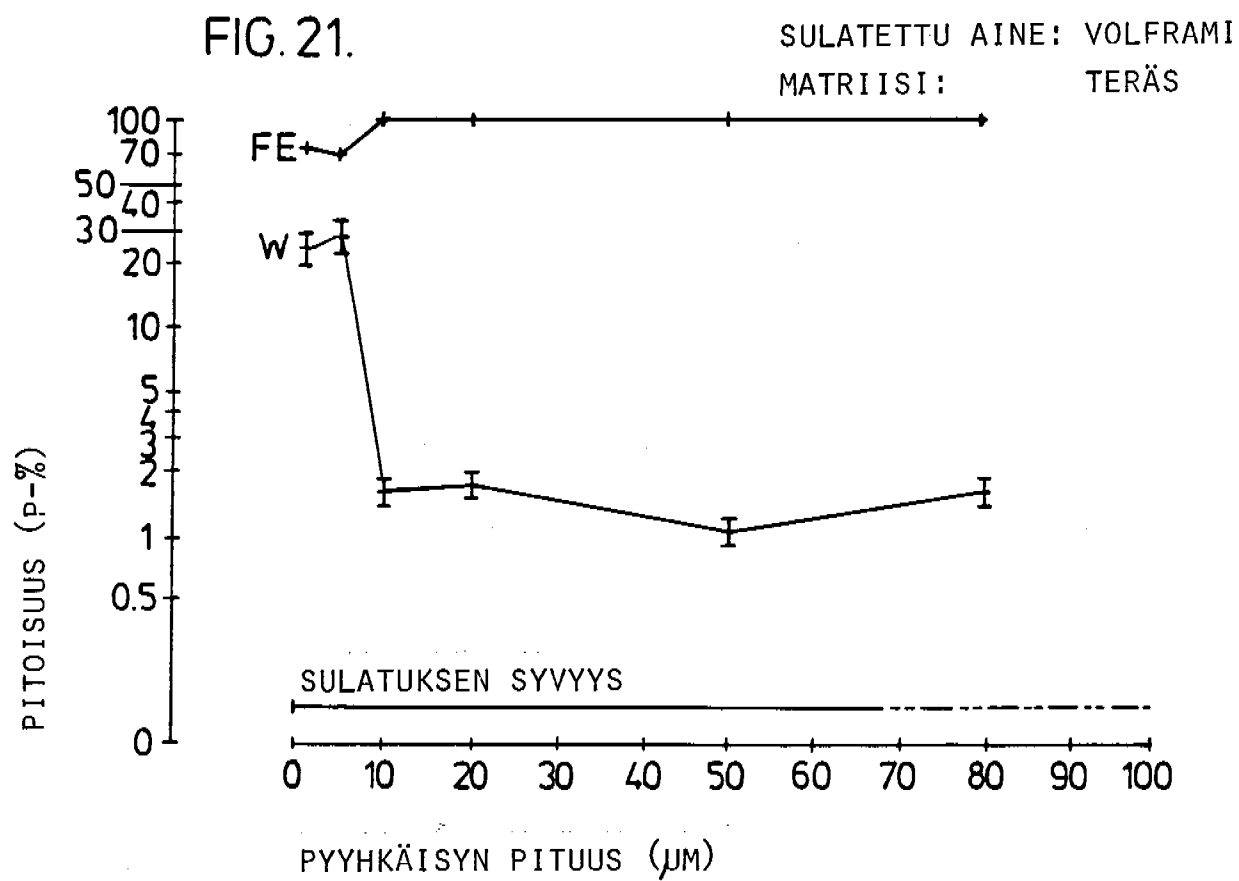


FIG. 20.

FIG. 21.



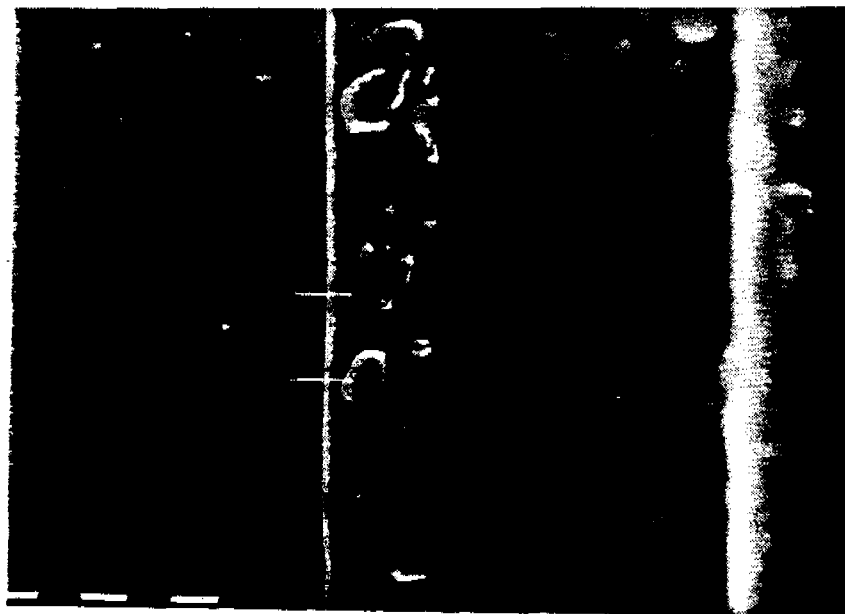
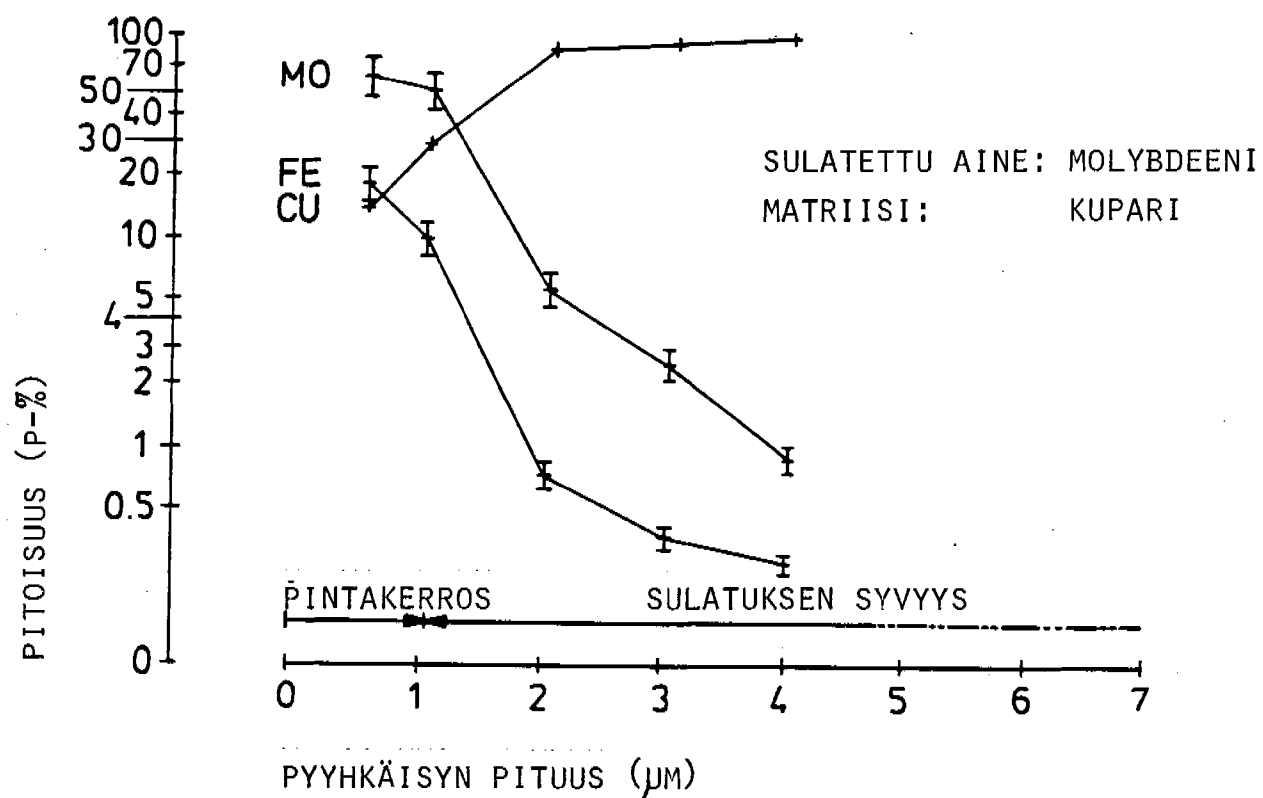


FIG. 22.

FIG. 23.



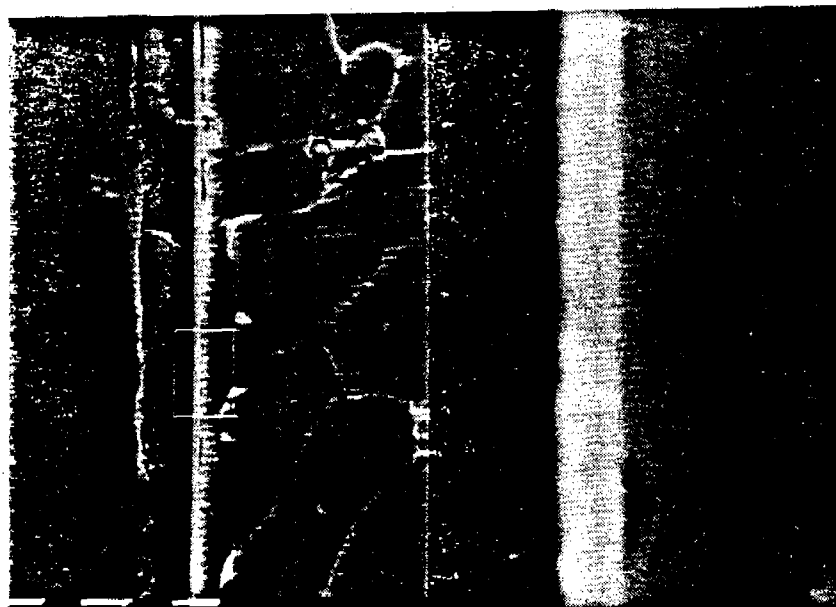


FIG. 24.

FIG. 25.

SULATETTU AINE: MOLYBDEENI  
MATRIISI: TERÄS

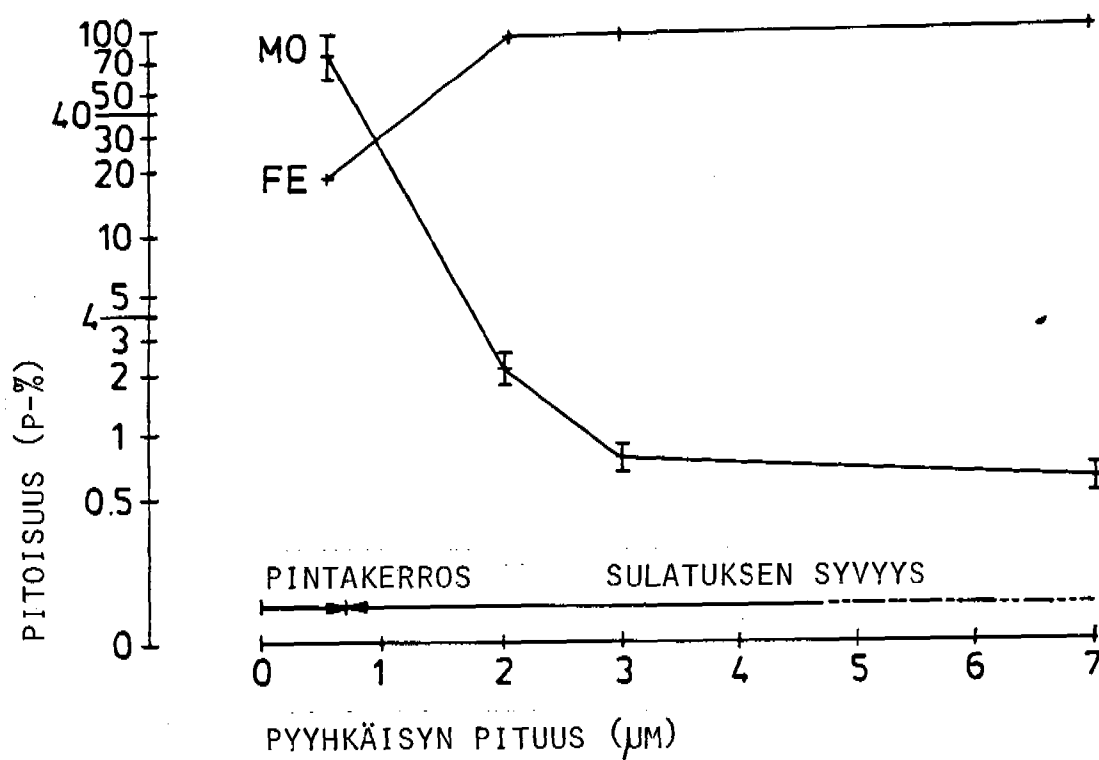




FIG. 26.

FIG. 27.

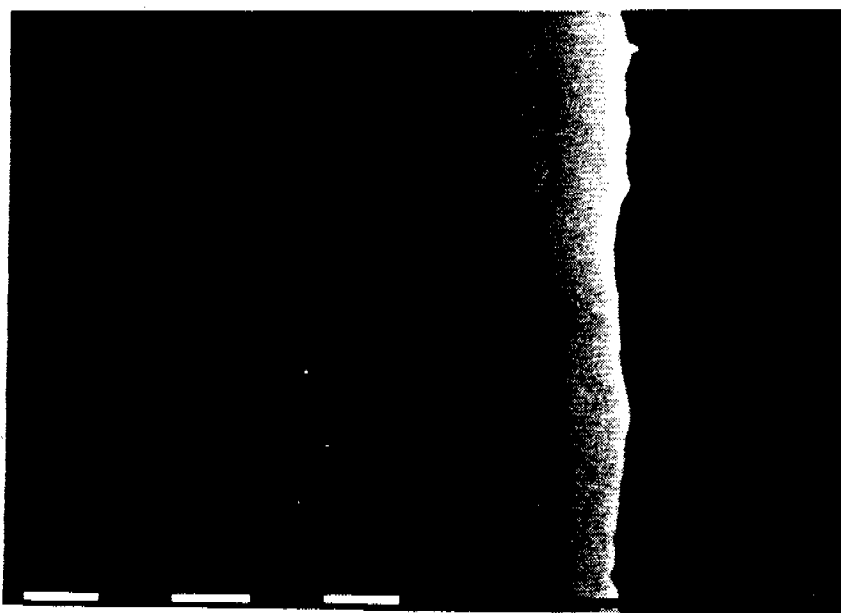
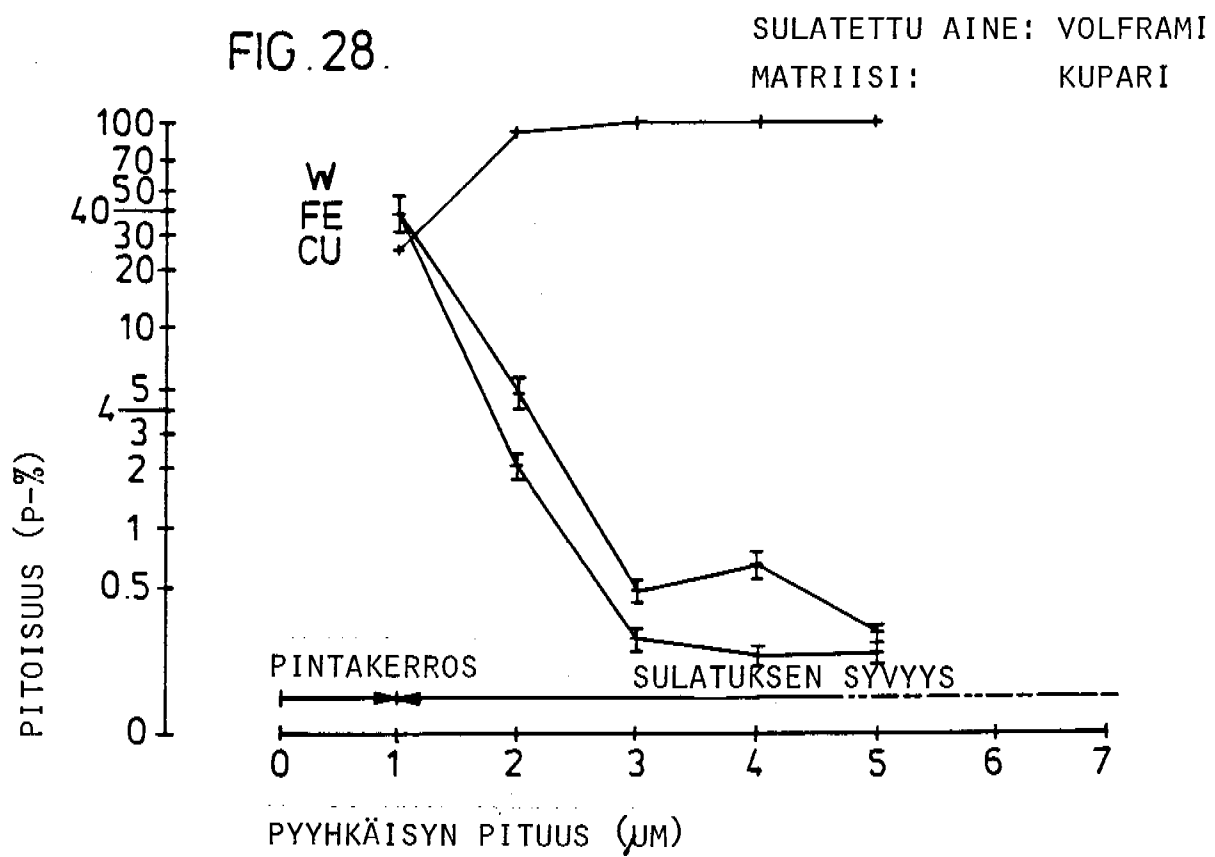


FIG. 28.



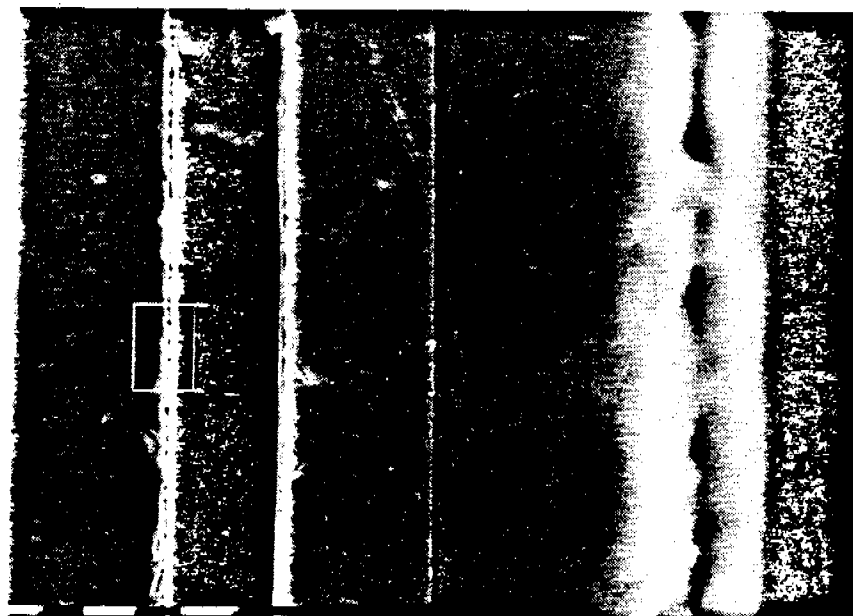
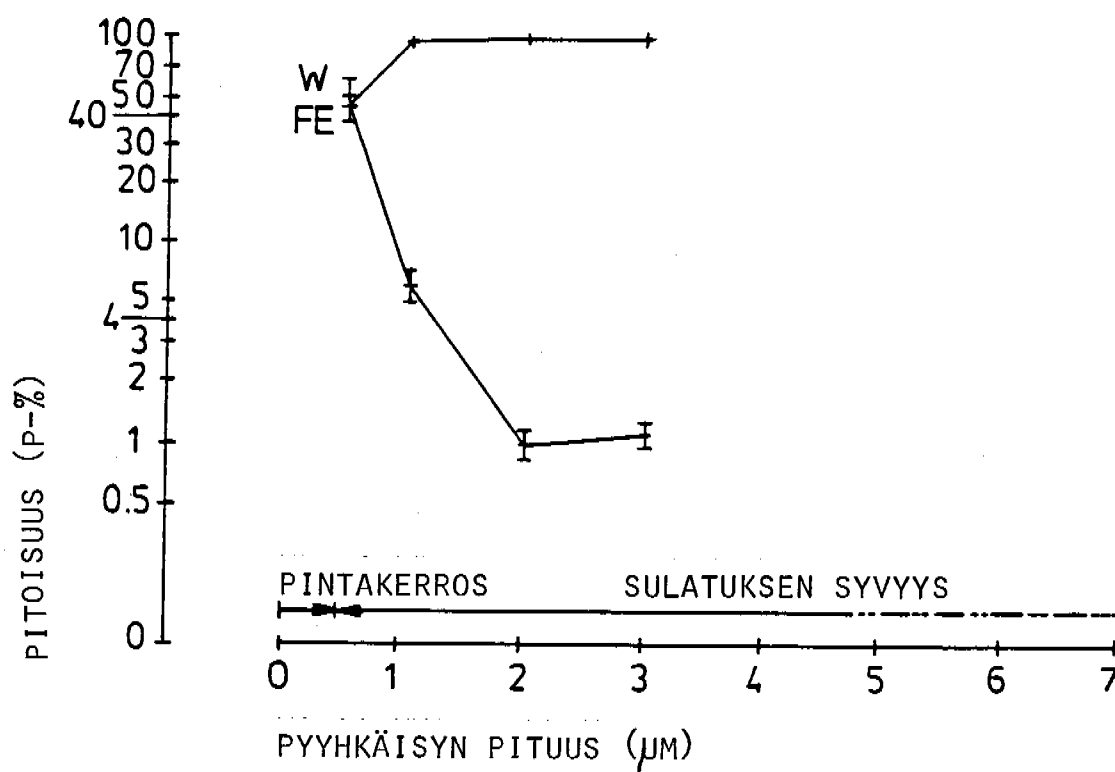


FIG. 29.

FIG. 30.

SULATETTU AINE: VOLFRAMI  
MATRIISI: TERÄS



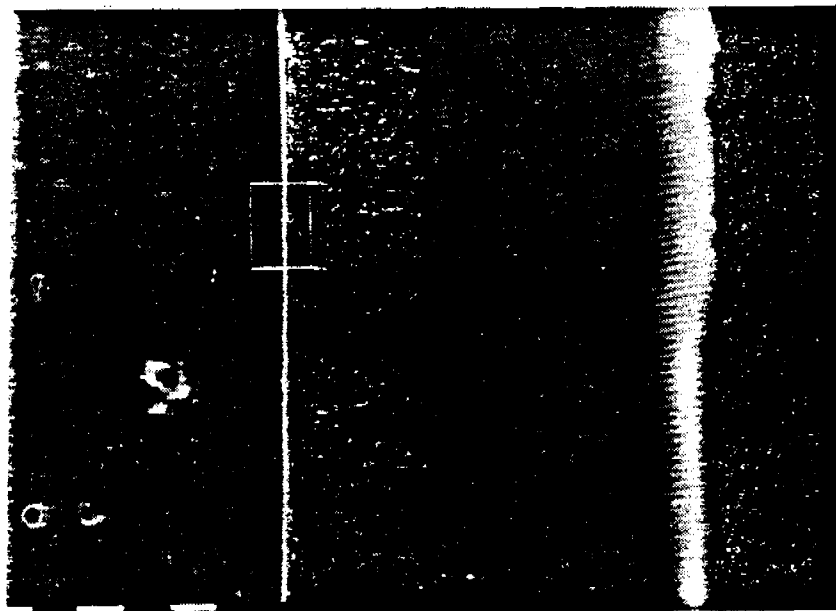
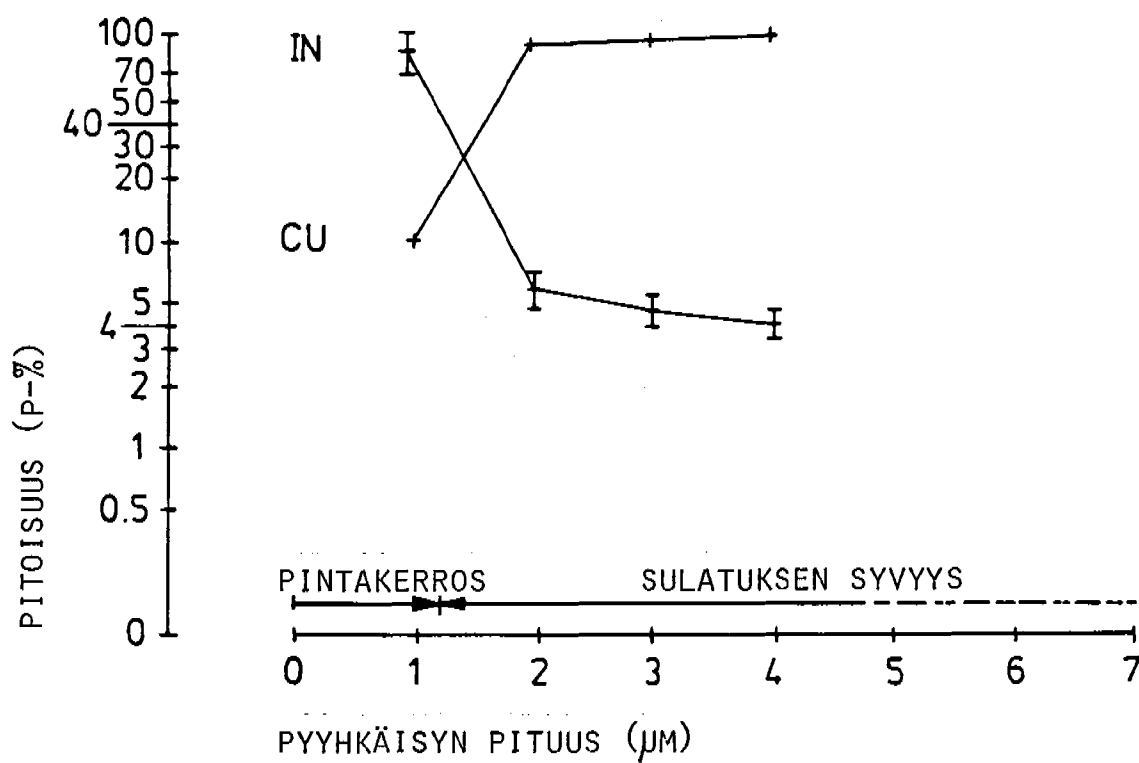


FIG. 31.

FIG. 32.

SULATETTU AINE: INDIUM  
MATRIISI: KUPARI



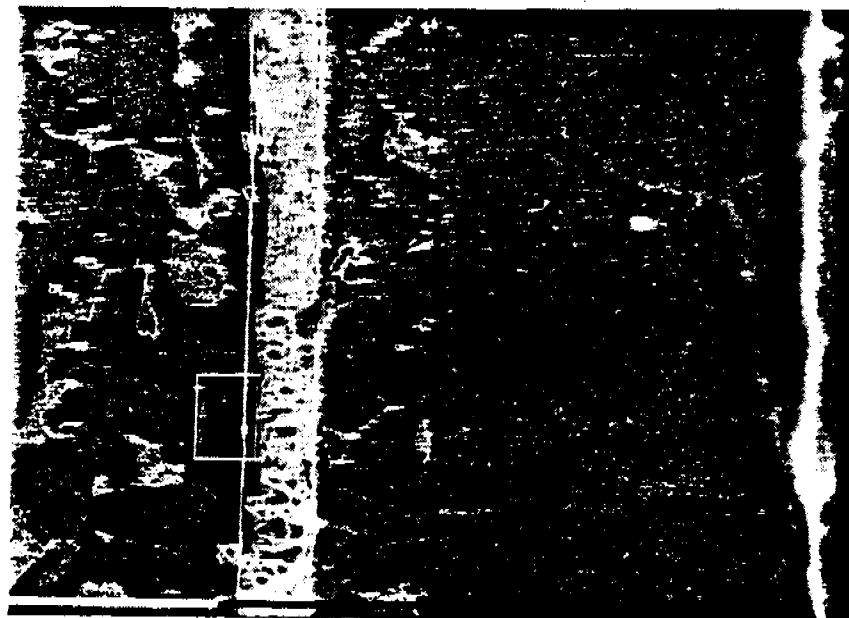
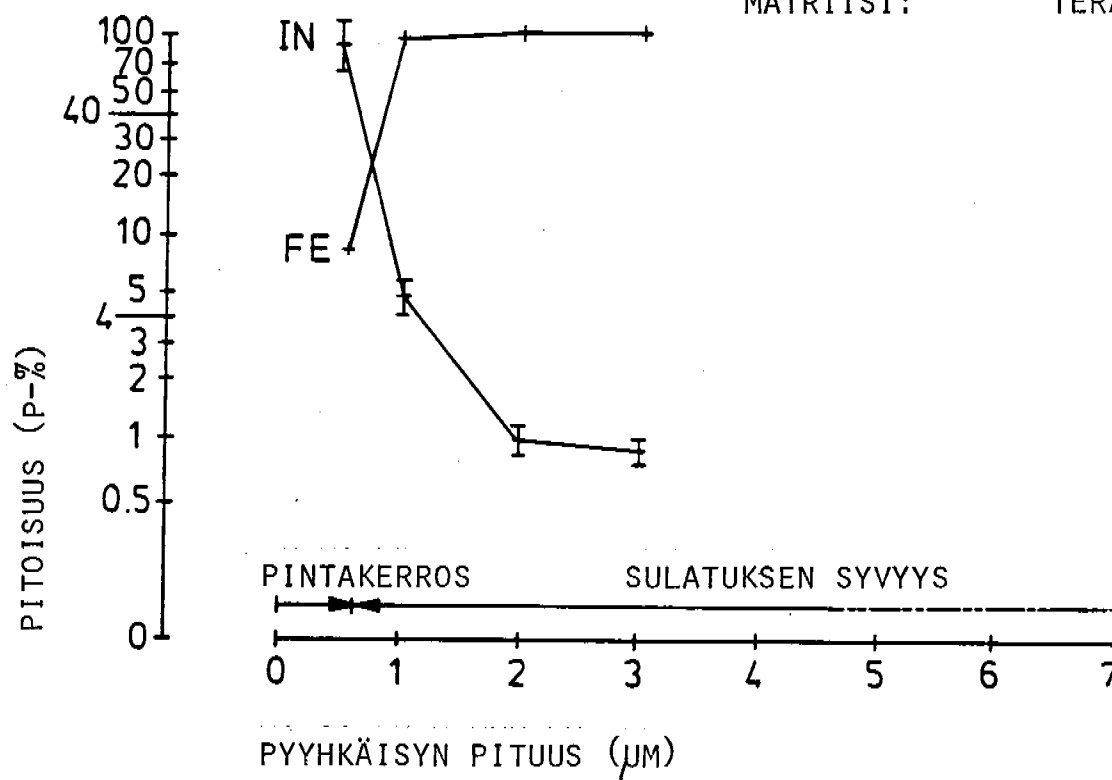


FIG. 33.

FIG. 34.

SULATETTU AINE: INDIUM  
MATRIISI: TERÄS



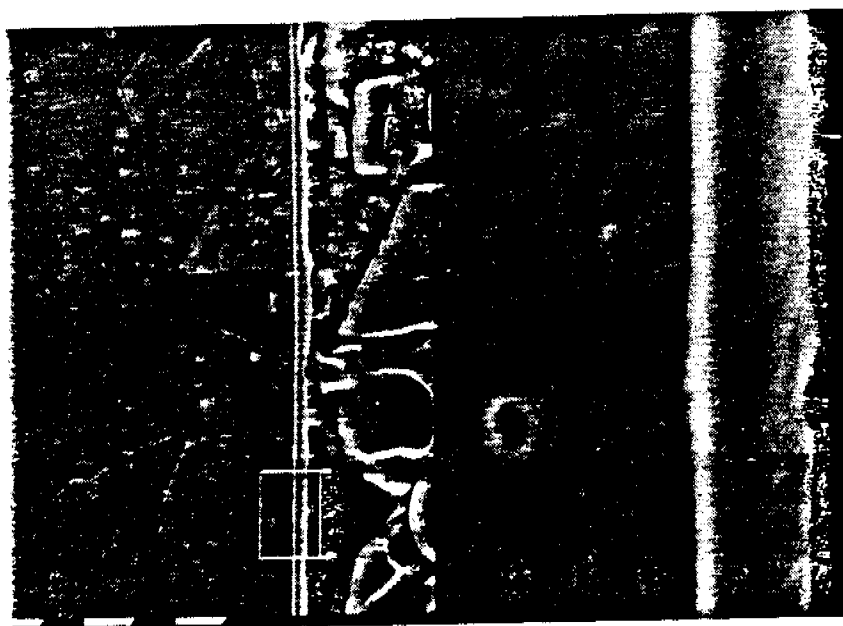
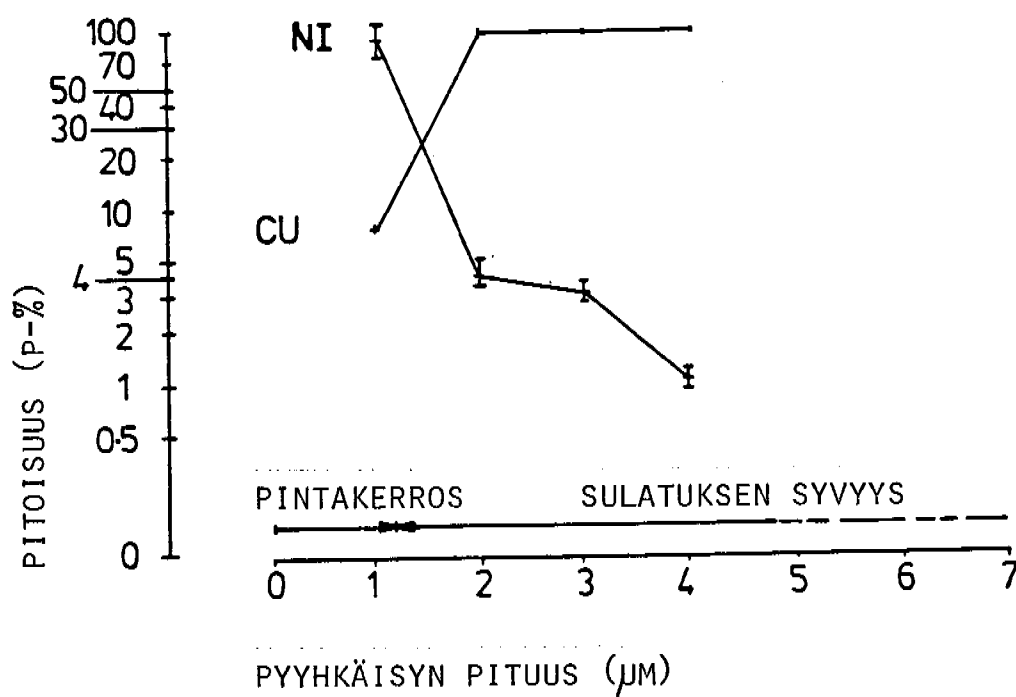


FIG. 35.

FIG. 36.

SULATETTU AINE: NIKKELI  
MATRIISI: KUPARI



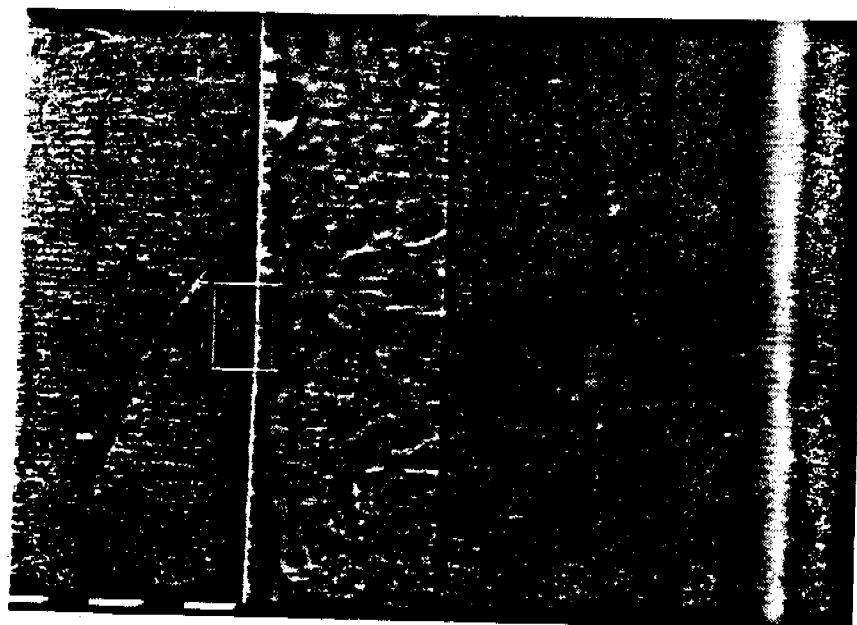


FIG. 37

FIG. 38

SULATETTU AINE: NIKKELI  
MATRIISI: TERÄS

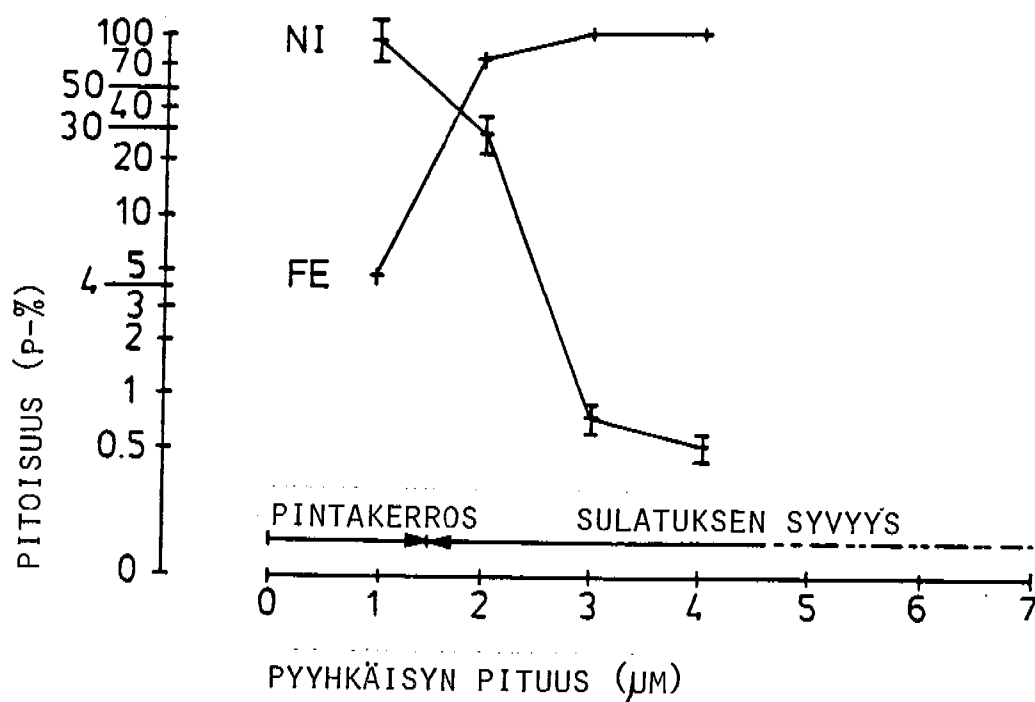
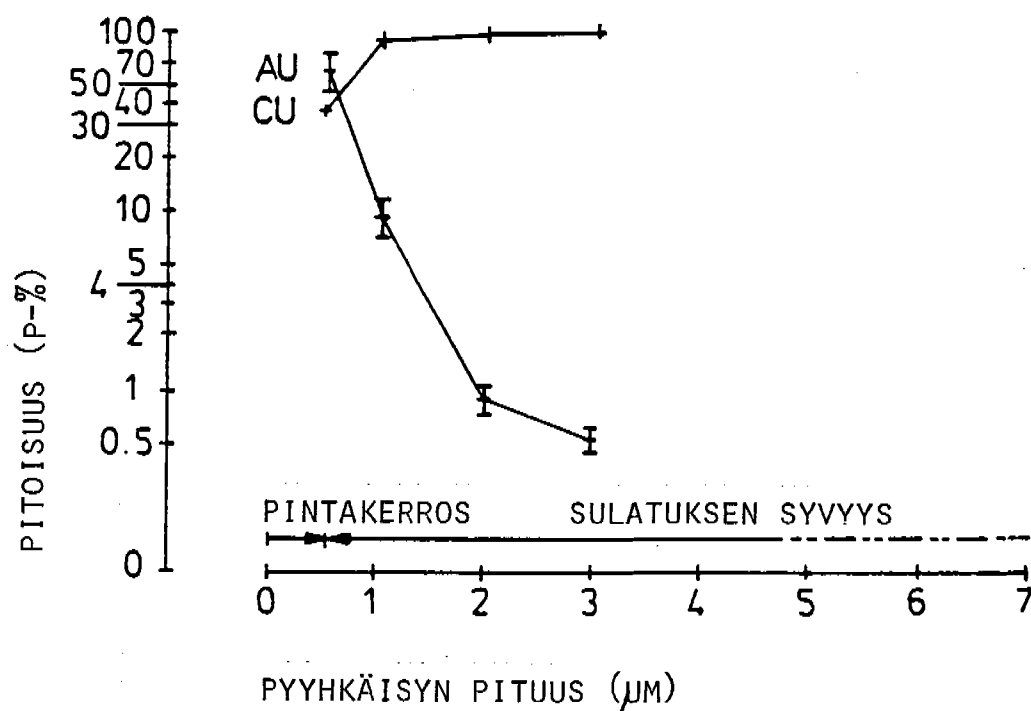




FIG. 39.

FIG. 40.

SULATETTU AINE: KULTA  
MATRIISI: KUPARI



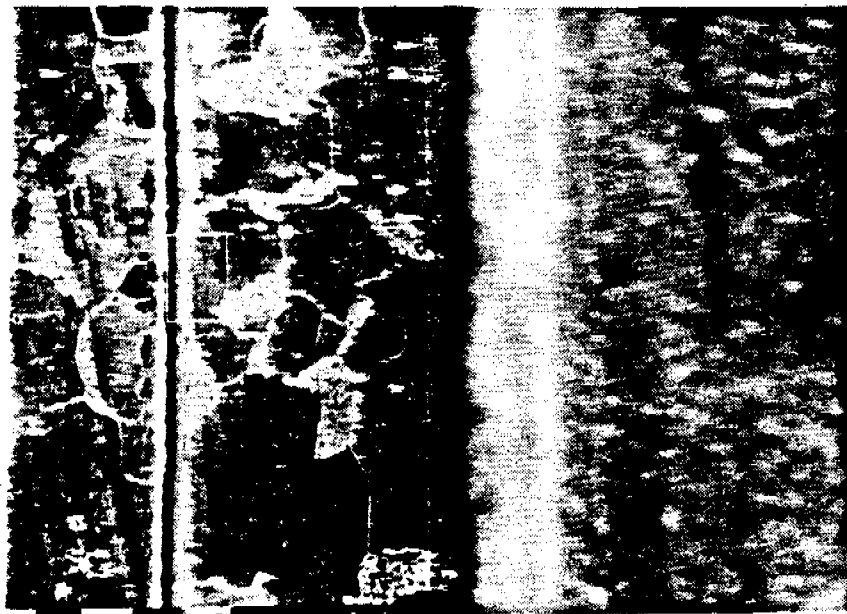
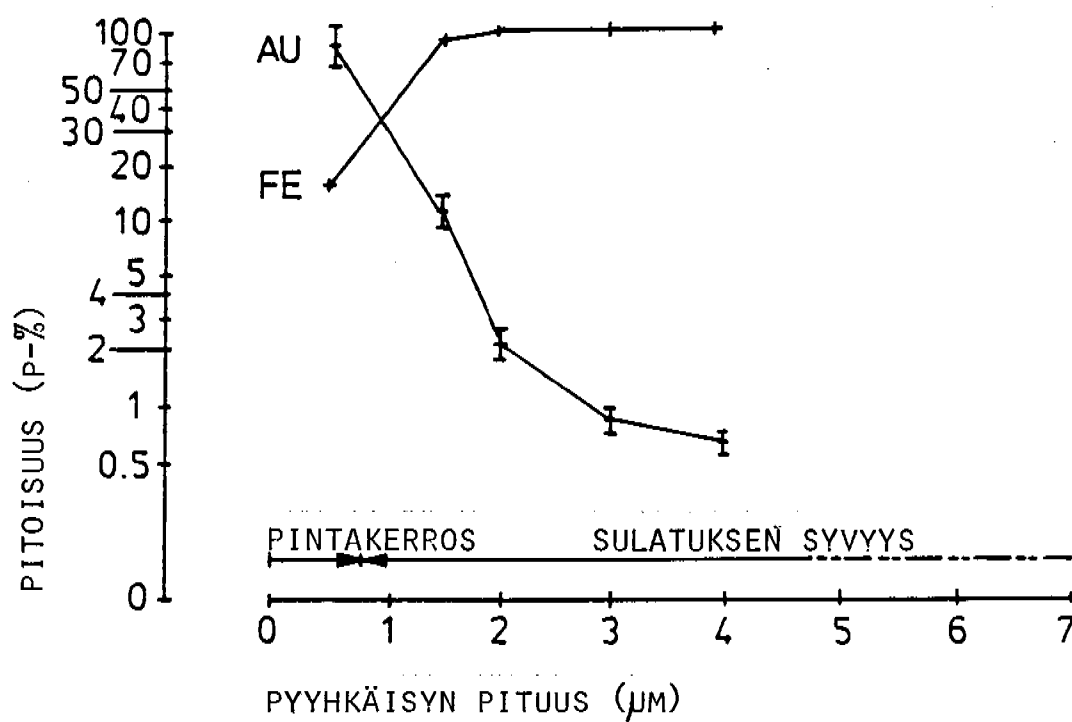


FIG.41.

FIG.42.

SULATETTU AINE: KULTA  
MATRIISI: TERÄS



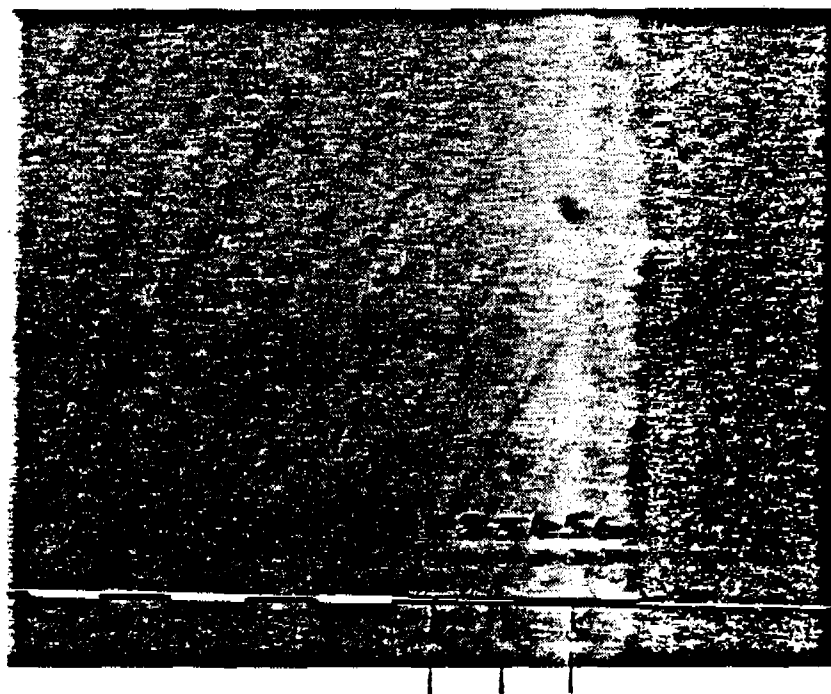
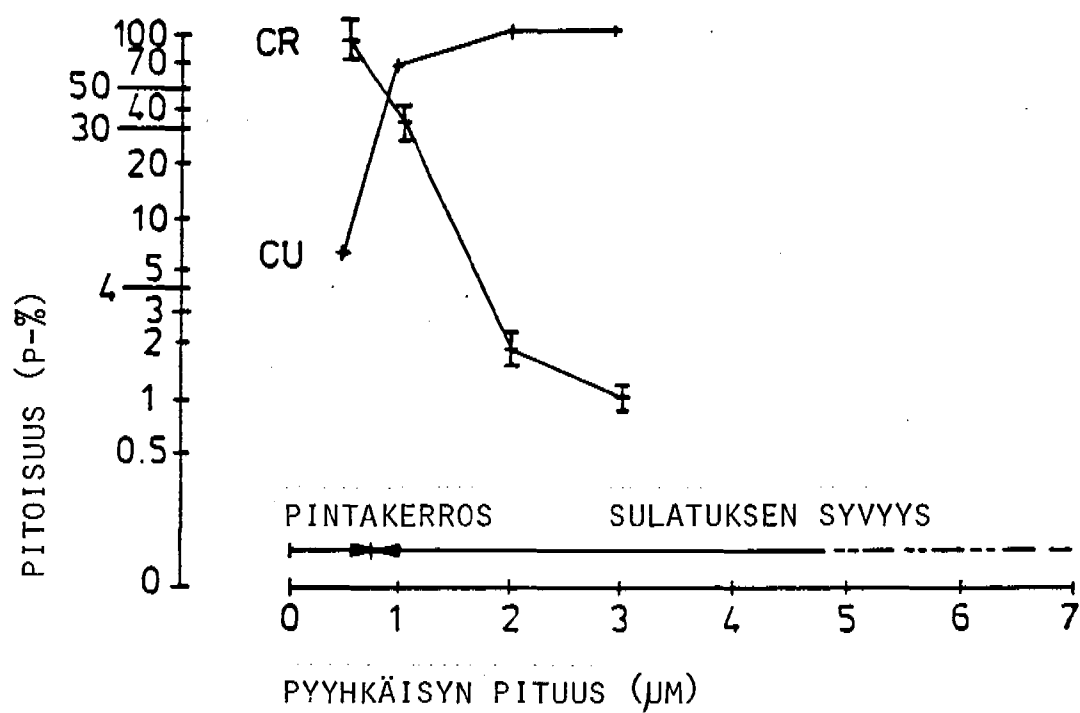


FIG. 43.

FIG. 44.

SULATETTU AINE: KROMI  
MATRIISI: KUPARI



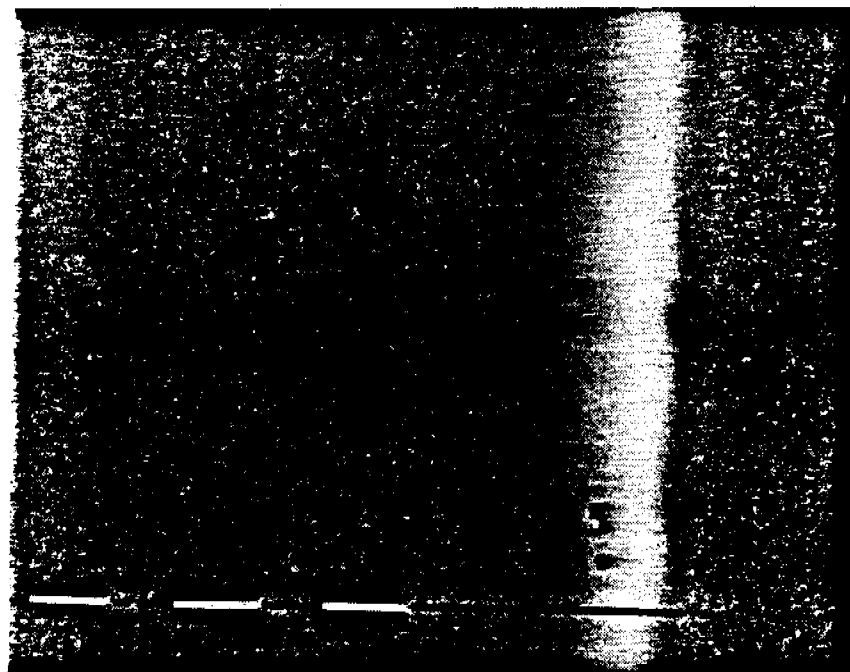
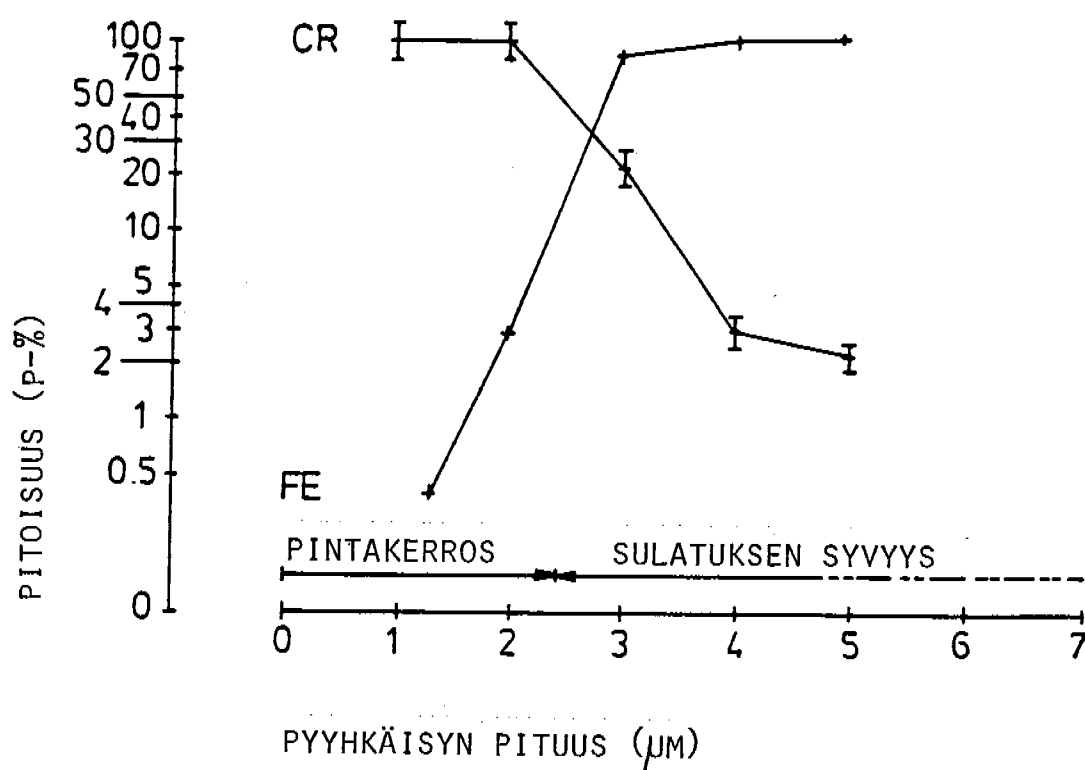


FIG.45.

FIG.46.

SULATETTU AINE: KROMI  
MATRIISI: TERÄS



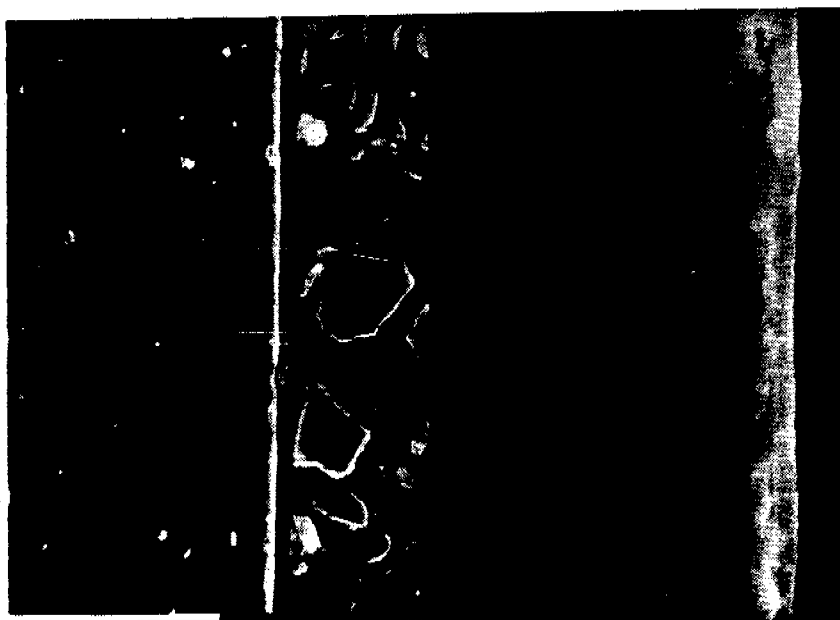
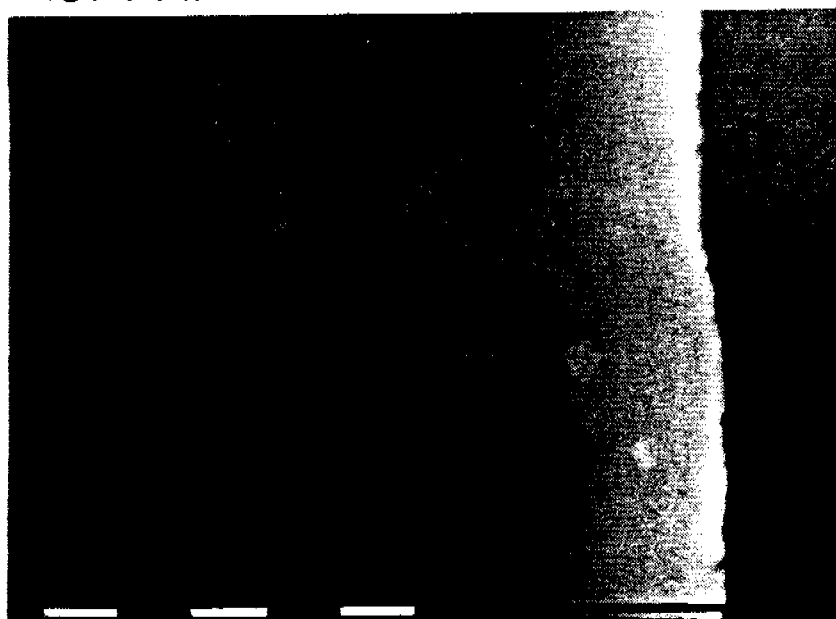
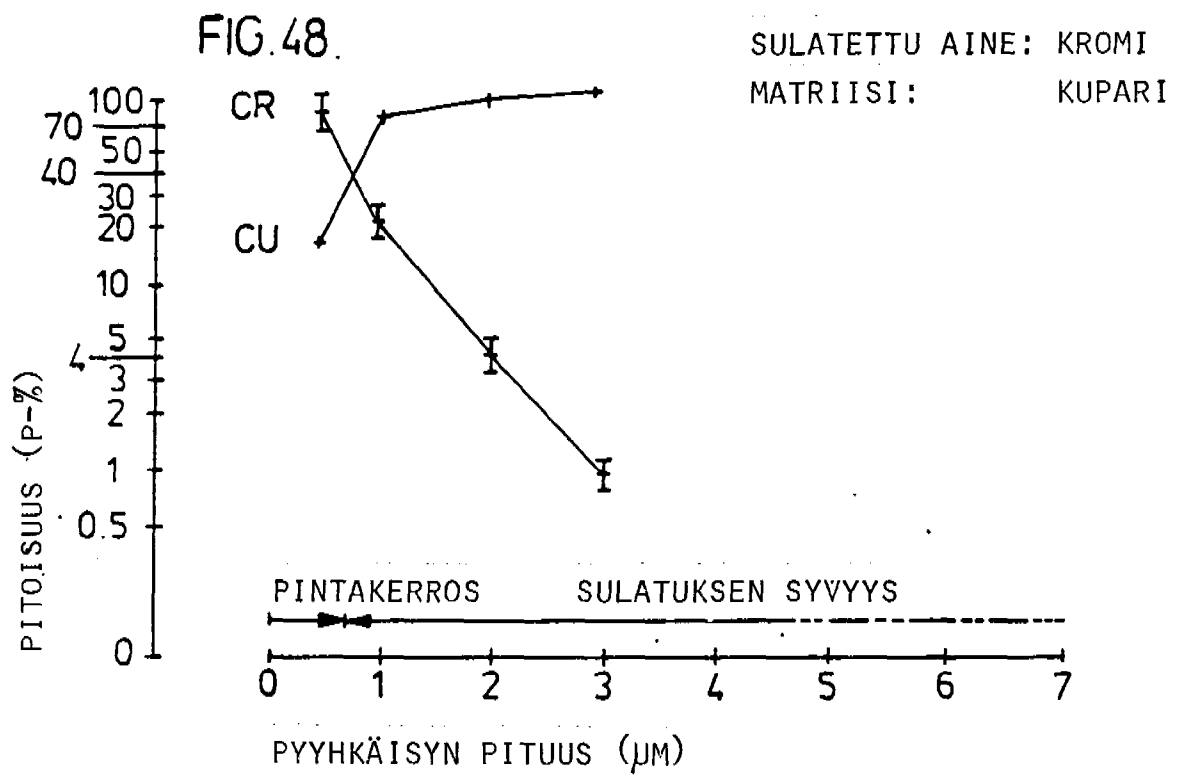


FIG.47.

FIG. 47A.





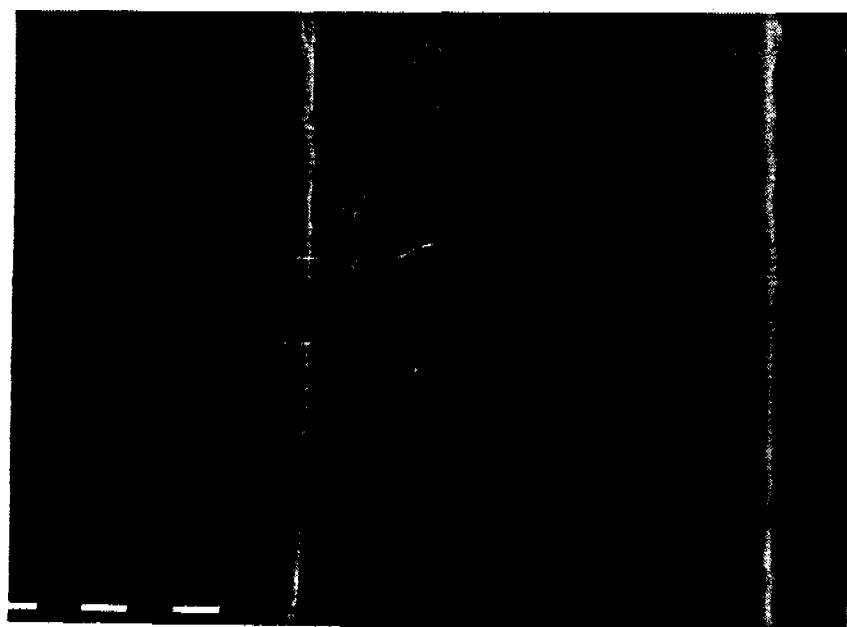


FIG. 49.

FIG. 49A.

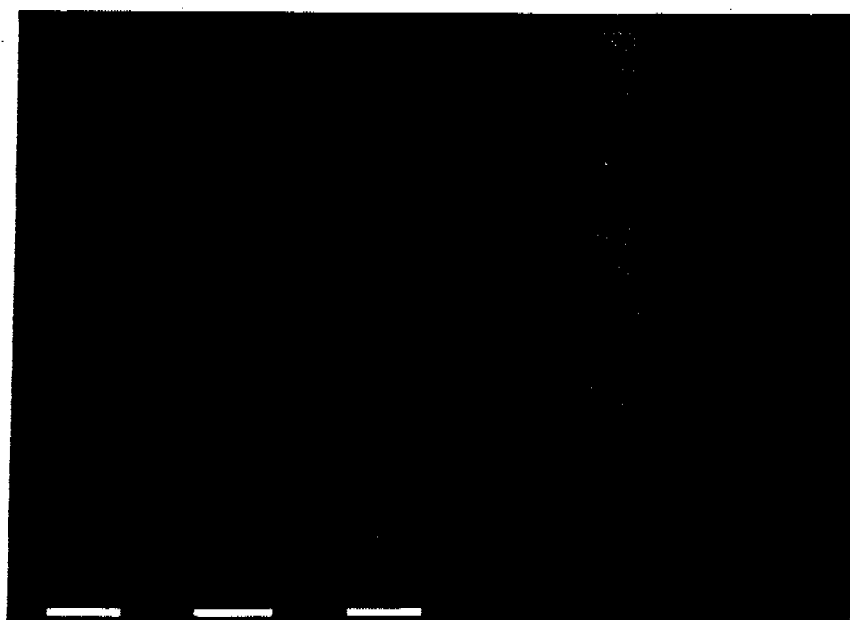
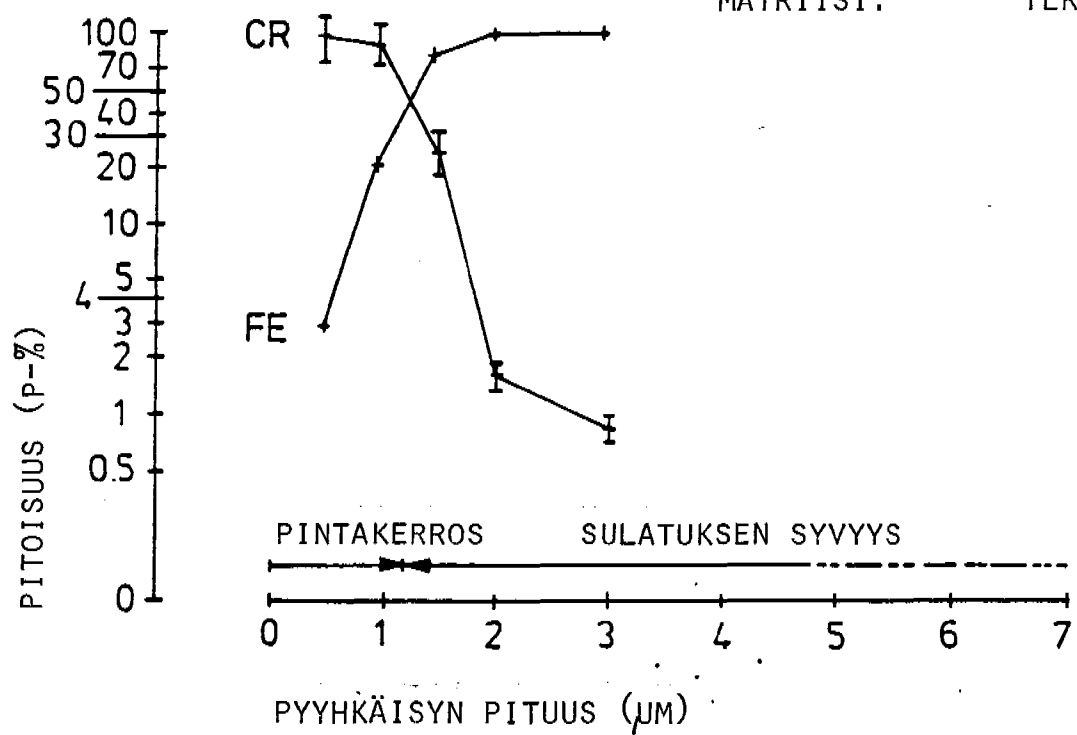


FIG. 50.

SULATETTU AINE: KROMI  
MATRIISI: TERÄS



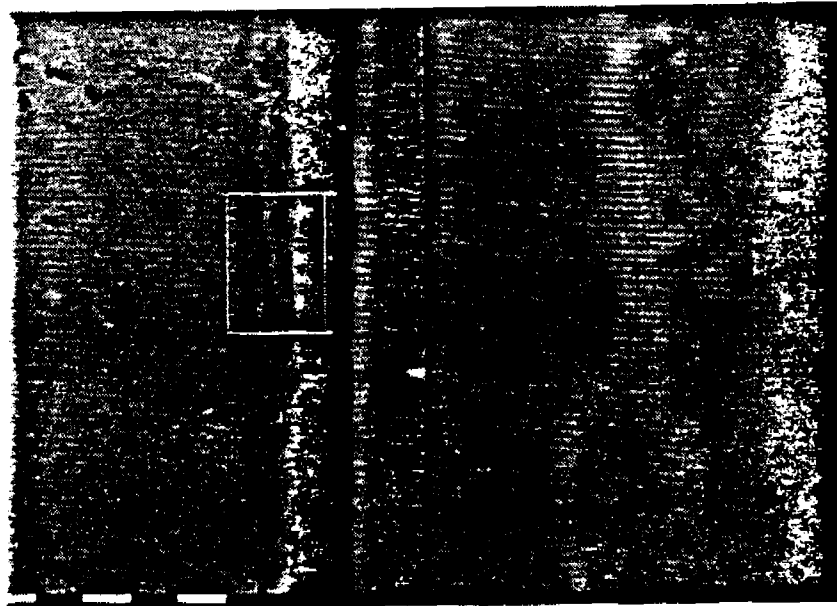


FIG.51.

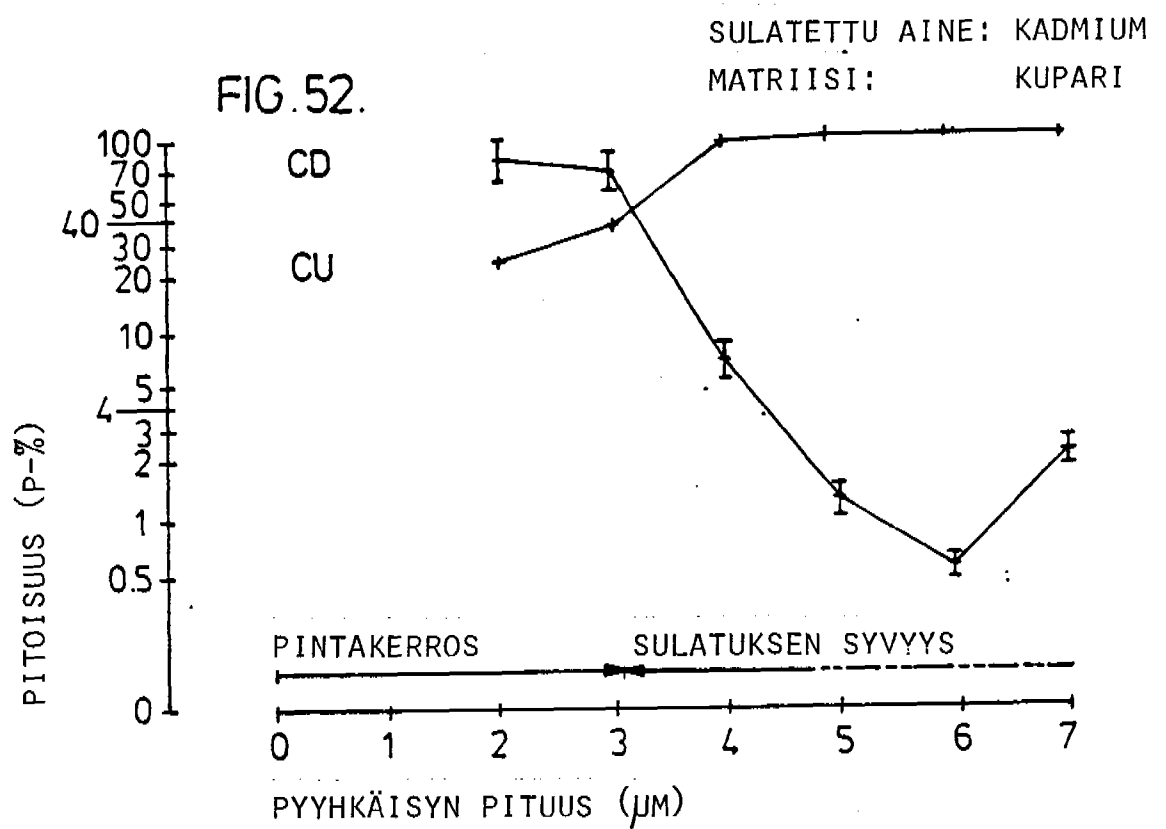
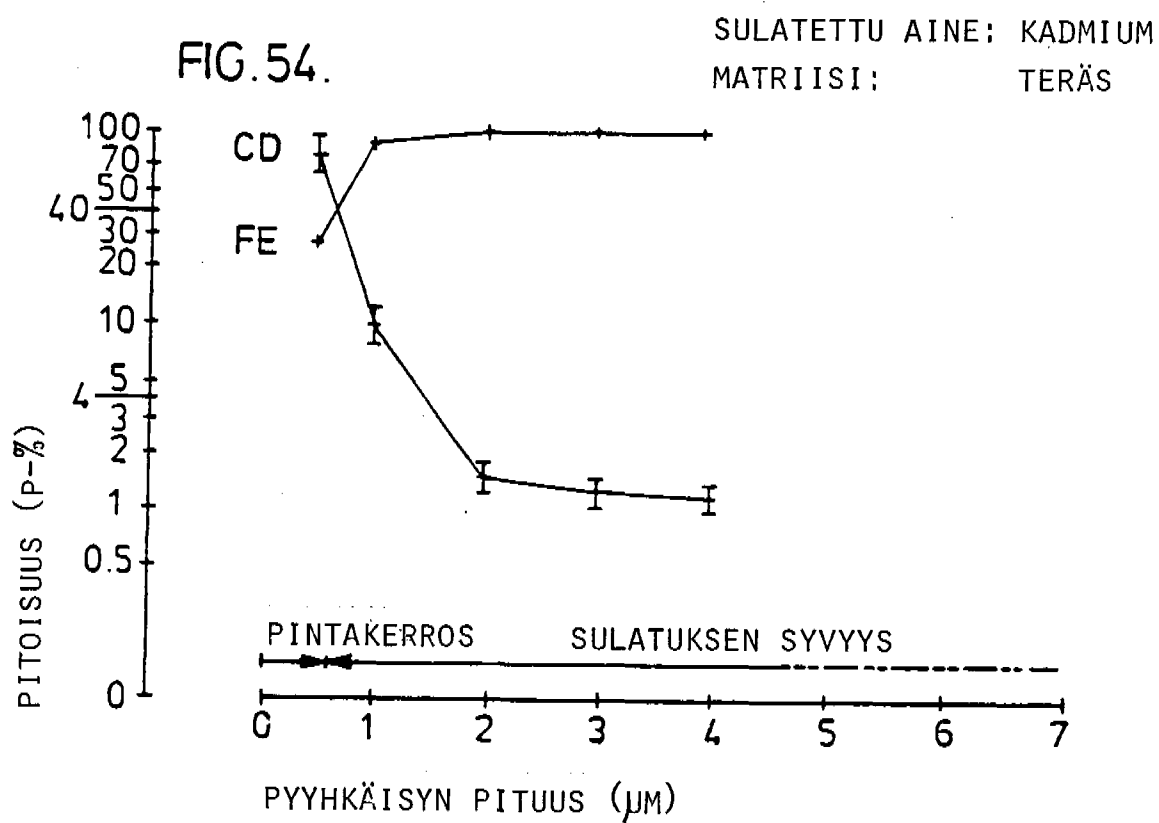




FIG. 53.



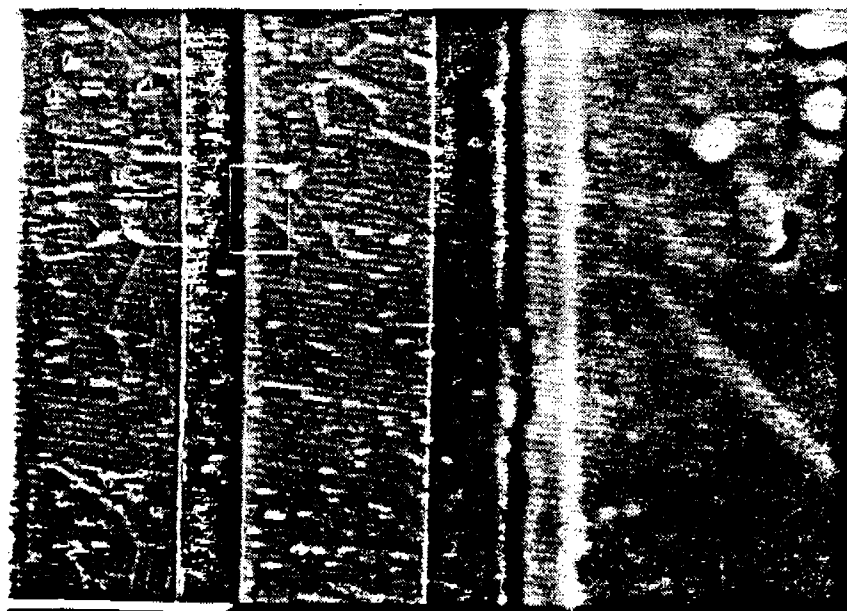
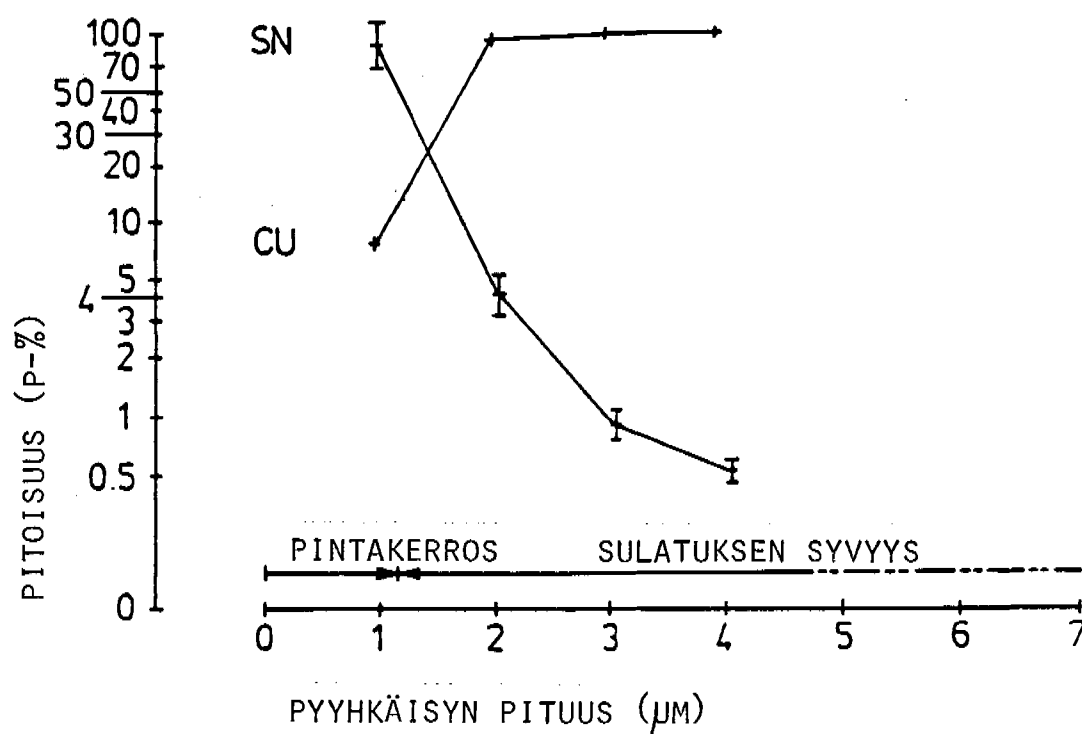


FIG. 55.

FIG. 56.

SULATETTU AINE: TINA  
MATRIISI: KUPARI



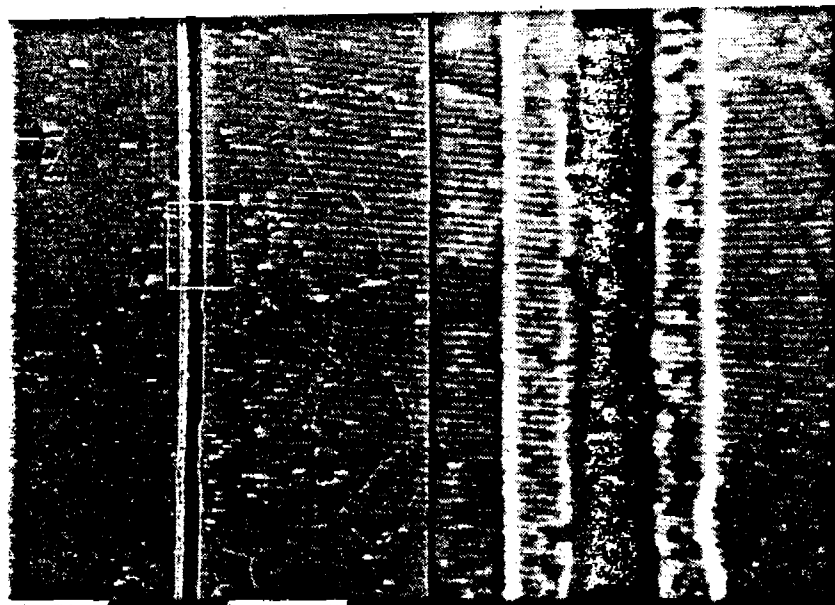
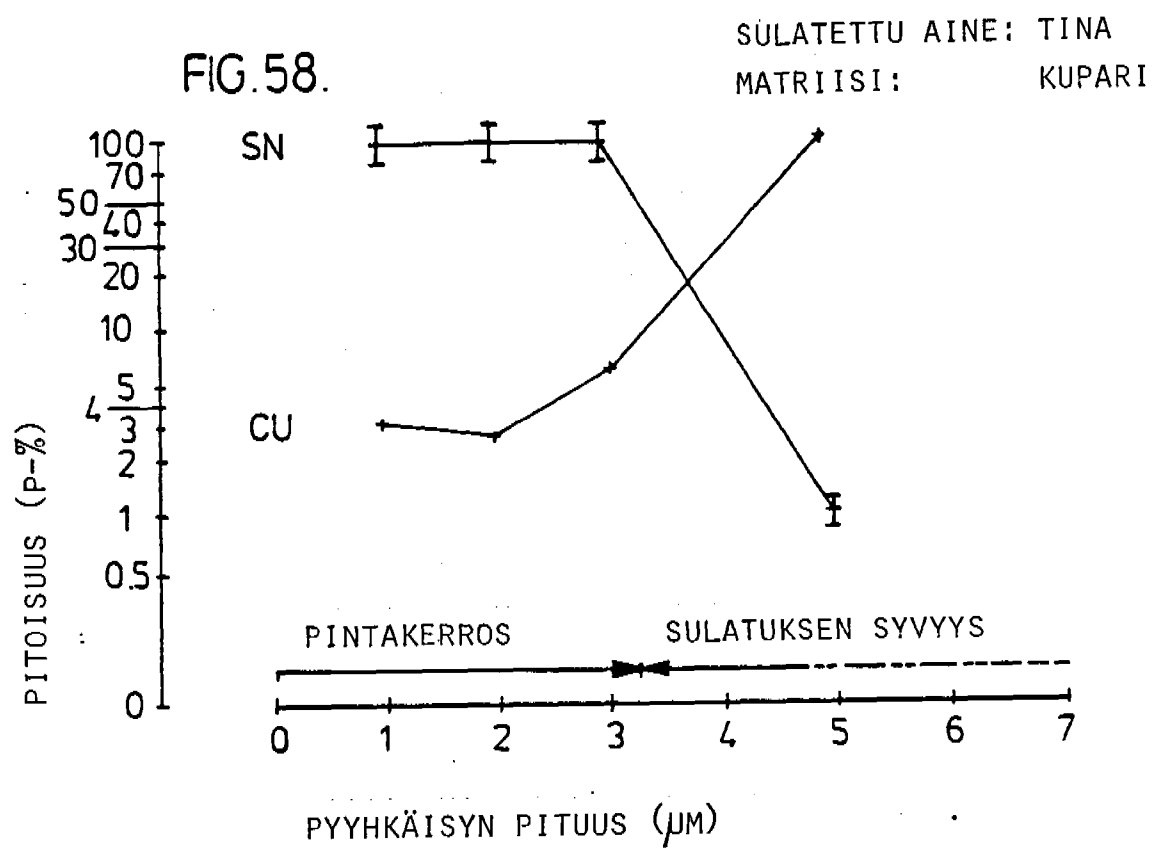


FIG.57.

FIG.58.



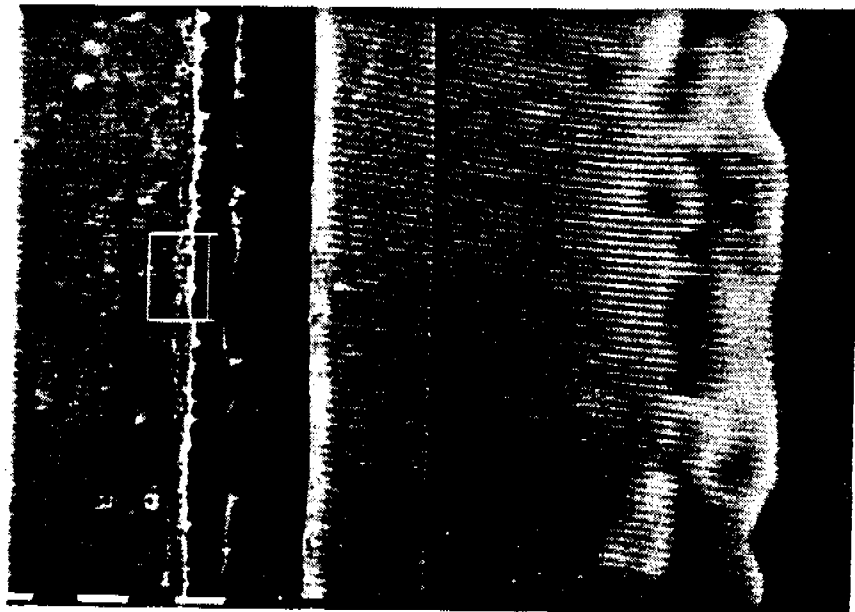
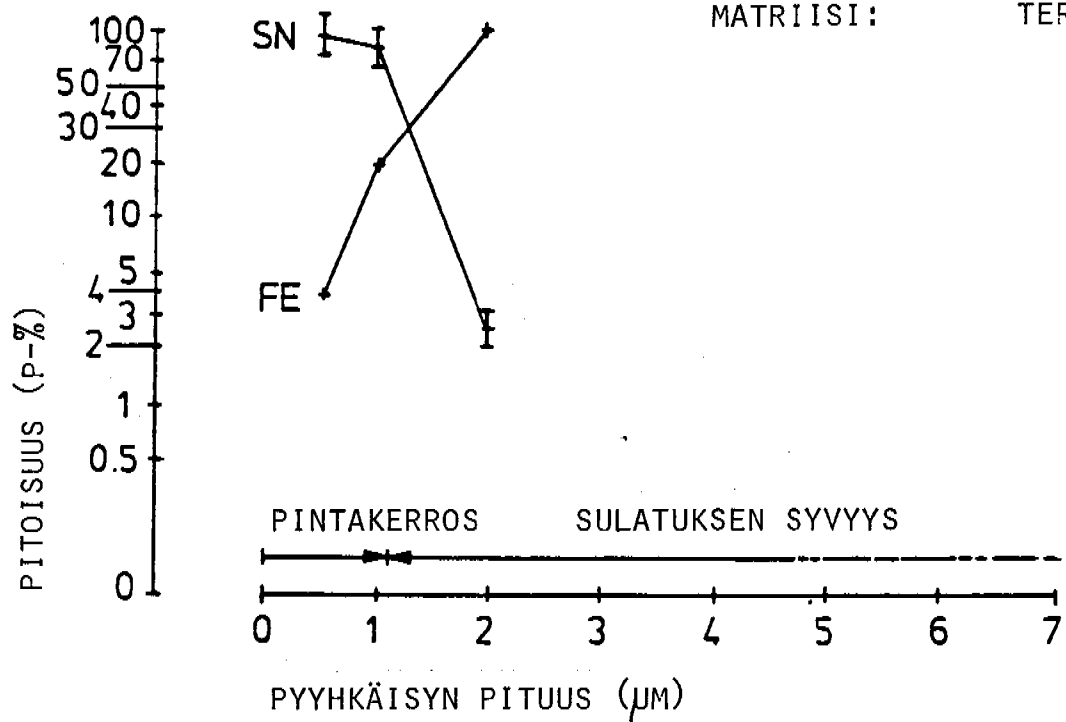


FIG. 59.

FIG. 60.

SULATETTU AINE: TINA  
MATRIISI: TERÄS



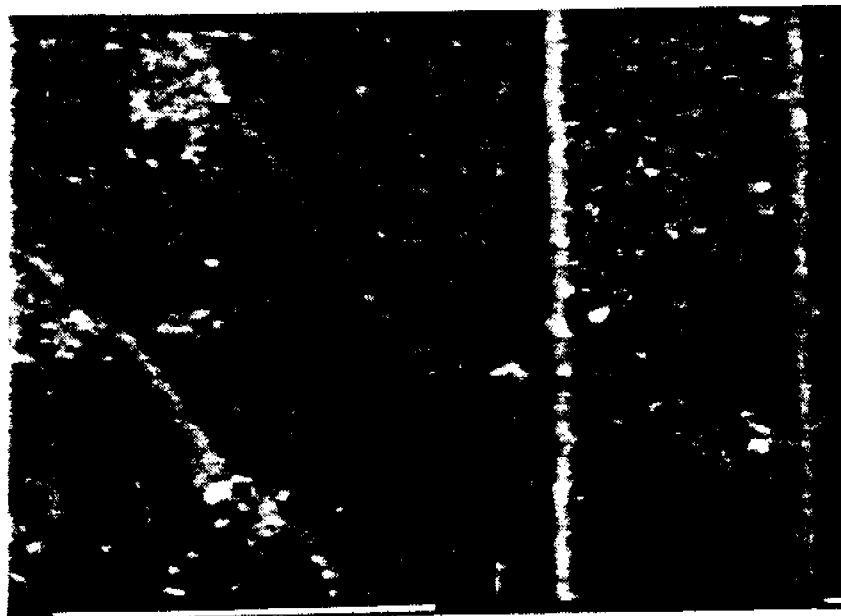
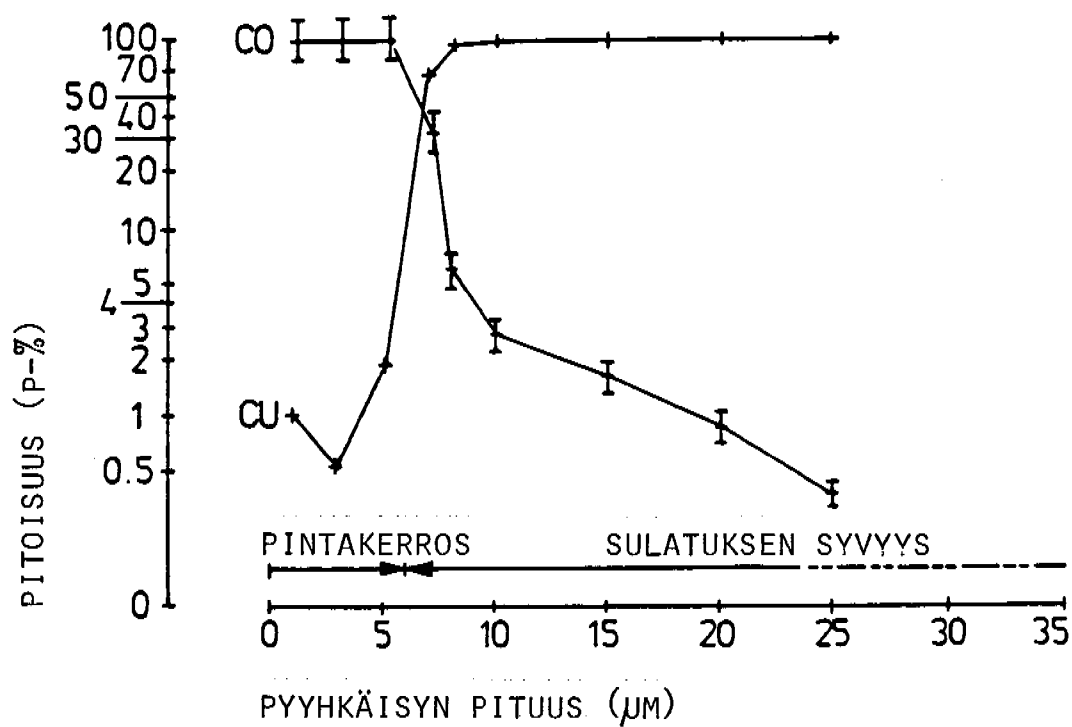


FIG. 61.

FIG. 62.

SULATETTU AINE: KOBOLTTI  
MATRIISI: KUPARI



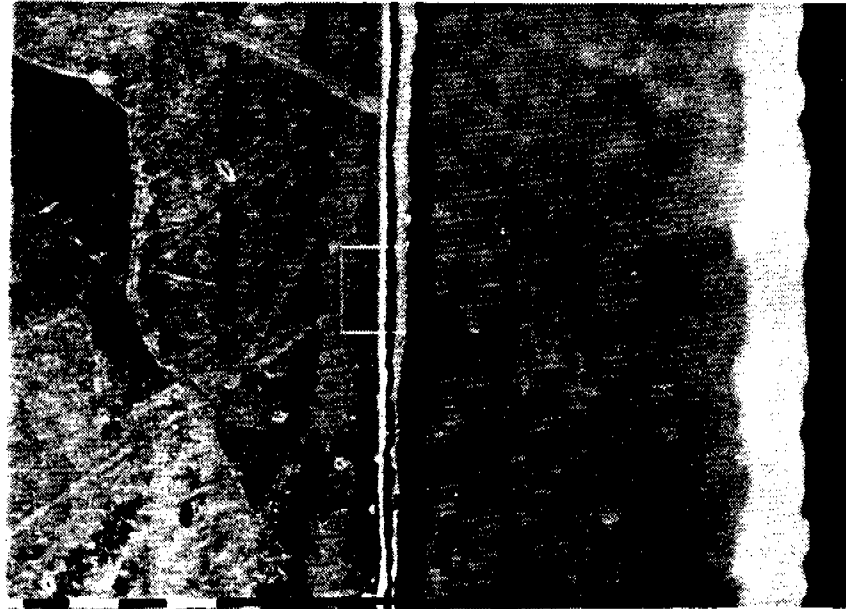


FIG.63.

FIG. 63A.

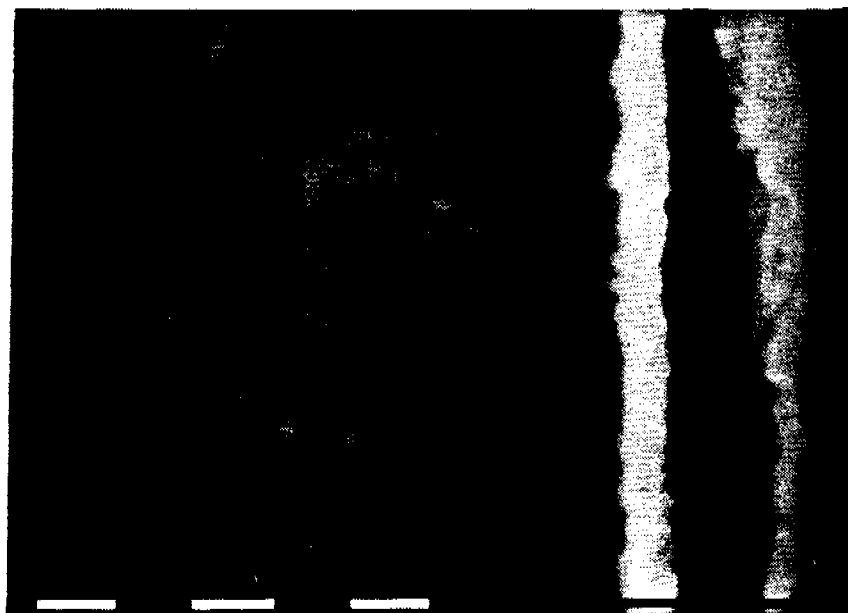
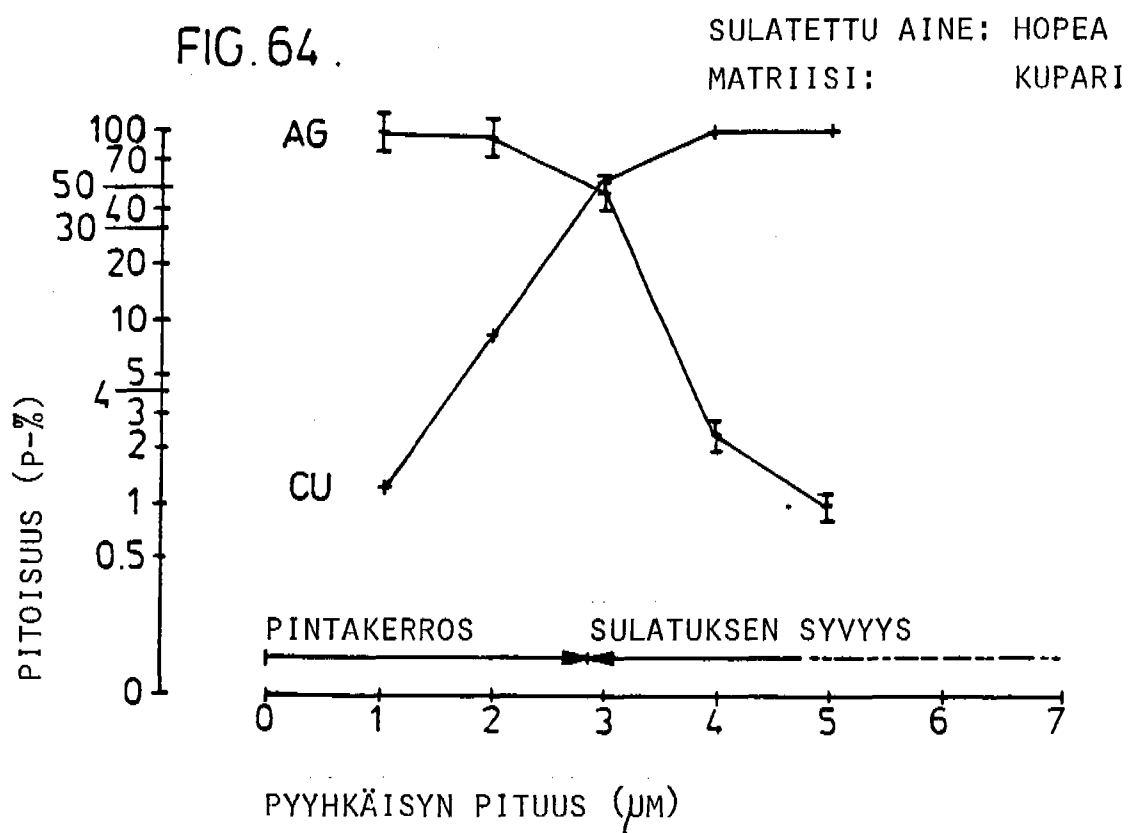


FIG. 64 .



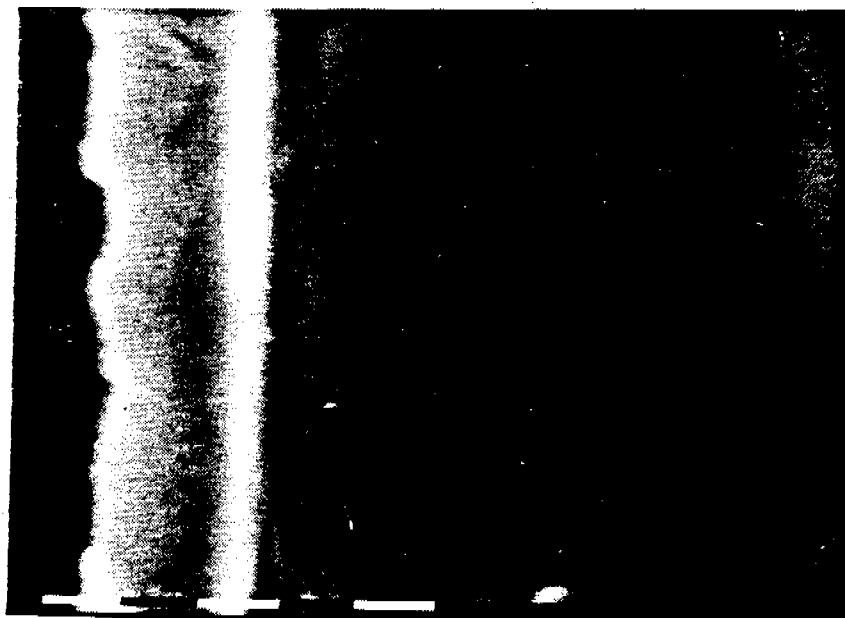


FIG.65.

FIG.66.

SULATETTU AINE: HOPEA  
MATRIISI: KUPARI

