

Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos
Metallilaboratorio
Metallimiehenkuja 6

02150 ESP00 15

Att. DI Pekka Grén

Viite: Puhelinkeskustelu 12.6.1984 Grén/Kurola

Viikolla 23/84 olleen seisokin aikana tutkimme soodakattilan, valm. A Ahlström Oy Varkaus vuonna 1977, putkistoa seinämän vahvuusmittauksin ja ultra-äänimenetelmällä sekä jonkin verran röntgenkuvauksin.

Mittaukset olivat varsin laajat johtuen siitä, että kattilan tulistimessa on esiintynyt voimakasta ulkopuolista korroosiota, joka yleensä aina, kuten nytkin aiheutti lukuisia putkien vaihtoja (käyrä-kappaleita). Samoin on esiintynyt hitsaus-saumojen ulkopuolista syöpymää Compound-15Mo3 seinäputkien liitoshitsauksissa ja suomuttumista Compound-putkien liitoshitsauksissa.

Vappuna -84 havaittiin kattilan primääri-ilma-aukon ohitusputken saumassa vuoto paikassa, jossa v. 1978 viereinen putki oli vuotanut samalla tavoin. Tutkittaessa vuotoa todettiin hitsaussaumassa sauman suuntainen halkeama lähes koko tulipesään rajoittuvalla osallaan. Halkeama oli kauttaaltaan läpi, vuoto oli esiintynyt jäljistä päätellen hyvin lyhyen aikaa ja oli todennäköisesti syntynyt alasajon yhteydessä. Halkeama päättyi putkessa oleviin eviin (näyteputki, joka tulee teille Ahlströmiltä Varkaudesta).

Korjauksessa sauma avattiin ja juuripalko + yksi pintapalko hitsattiin OK48.00 -puikella sekä pintapalko Avesta P5 -puikoilla. Kuten näytteestä ilmenee korjaushitsaus ei täysin onnistunut. Häiriövaikutuksia olivat: huonot hitsausolosuhteet, lika, kosteus, huono työ-asento jne...

13.6.1984

2(3)

Edellä mainitun vuoden vuoksi tutkimme kaikki kattilan tulipesän Compound-hitsausaumamat, noin 300 kpl, seinäalueella, jota rajoittavat pohja - sekundääri-ilma aukkojen yläpuolinen asernussaumataso. Pohjasta vain reuna-alueet. Uä -tutkimus paljasti 17 rikkoo, joista kolme osoittautui virheelisiksi, koska juuripalko oli putken sisällä niin paksu, että se antoi kaiun. 14 kpl löytyi selviä hiushalkeamia, joista noin viisi kappaletta oli Compound / musta rajapinnasta. Loput olivat erisuuruisia juuresta lähteviä hiushalkeamia, joko pitkin hitsausaumaa, tai muutamassa tapauksessa myös kohti varsinaista putkea.

Mainitun vuonna 1978 tapahtuneen vuoden yhteydessä samat hitsausaumamat tarkastettiin uä -menetelmällä. Silloin mitään virhettä ei pöytäkirjojen mukaan havaittu, ja vuotoa pidettiin yksittäistapauksena. Voitaneen päätellä, että hiushalkeamat saumoissa, ainakin pää-osiltaan, ovat syntyneet vuosien 1978-1984 välisenä aikana, kun otetaan huomioon luotettavuuskerroin.

Suoritettu korjausmenetelmä oli sauman avaus + väritarkastus, juuri + yksipintapalko, OK48.00 + pintaan Avesta P5. Kaikki korjatut aumat röntgenkuvattiin, kolme jouduttiin avaamaan uudelleen. Samoin kaikki tutkittiin uä -menetelmällä hitsauksen jälkeen.

Kattilan koeponnistuksen (110 bar) jälkeen suoritettiin lisäksi edustava määrä uä -kokeita korjatuille saumoille. Ei uusinta havaintoja.

Yhdessä tapauksessa, jossa korjattiin hiushalkeama kerrotulla menetelmällä uä -tutkimus osoitti edelleen rikkoo. Avattiin uudelleen, jolloin havaittiin hyvin suuri halkeamakeskittymä, jopa niin suuri, että putken sisäpinnasta lohkesi pieni pala pois (noin 100 mm pitkä näyte).

Vaurioituneet putket ovat olleet käytössä noin 50000 h, sisältö 80 bar vesi, tulipesän lämpötila on alueella 800-1100 °C. Kattilaa ajetaan lieväällä ylikuormalla, noin 5-10%. Syöttöveden laatu on jatkuvan tarkkailun alainen ja täyttää voimassa olevat ohjeet ja normit.

13.6.1984

3(3)

Vauriot keskittyvät kattilan sivuseiniin, joilla sijaitsevat sula-aukot. Etu- ja takaseinillä oli vain kolme havaintoa, joista ainakin yksi epävarma.

Itse epäilemme hitsauslisä-ainevirhettä tai kattilan värähtelyä, joka aiheuttaisi jännityskorroosion tai väsymisen.

Tutkimuksessa tulisi selvittää hiushalkeamien syntymekanismi, sekä ottaa kantaa kerrottuun korjausmenetelmään ja mahdollisiin jatkotoimenpiteisiin.

vaurioituneita saumoja pitäisi verrata ehjiin
hitsausaineen koostumus selvittää
hitsausaineen kovuus selvittää
vetokoe
mahdollisen väsymis -ilmiön selvitys
mikäli mahdollista selvittää vaurion etenemisnopeus

Yhteyshenkilöt Oy Metsä-Botnia Ab:lla:

Ins. J Kurola lomalla 25.6.-16.7.
Konemest. K Auvinen
Ins. A Heinävaara ajalla 25.6.-16.7

Pyydämme ilmoittamaan tutkimustuloksista heti, kun niitä saatte. Varsinaisen raportin voitte lähettää myöhemmin.

Kesäterveiset



Jouko Kurola
OY METSÄ-BOTNIA AB
puh. 962-19111

LIITTEET

Kaksi kappaletta näytteitä
Yksi näyte lähetetään A Ahlström Oy:ltä
Kattila piirrustuksia

Tilaaaja Oy Metsä-Botnia Ab, Kaskisten tehdas, Tuotanto-
osasto, J. Kurola, 64260 Kaskinen
Tilaus Kirje 13.6.1984, Jouko Kurola
Käsittelijät Dipl.ins. Kalervo Leino, puh. (90) 456 5362
Tekn. tri Hannu Hänninen, puh. (90) 456 5390
Näytteet Tilaaajan toimittamat putkinäytteet seuraavasti:

1. N. 1 m:n mittainen osa soodakattilan primääri-ilma-
aukon ohitusputkea ($\varnothing$ 63,5 mm, seinämä 7,25 mm) sekä
toinen n. 100 mm pitkä näyte samankokoista putkea.
Pidemmässä näytteessä oli kaksi poikittaista hitsiä,
joista toista oli hieman avattu tulipesän puoleiselta
osalta hiomalla. Pienemmän näytteen poikittainen hit-
si oli avattu n. 180°:n matkalta. Pidemmän näytteen
hitsit merkittiin VTT:ssä A:lla (osittain avattu hit-
si) ja Y:llä (avaamaton hitsi).
Näytteet saapuivat VTT:een 14.6.1984.
2. N. 150 mm pitkä näyte edellä kerrotun kokoista put-
kea. Näytteen poikittainen hitsi oli avattu n. 180°
matkalta. Näyte saapui VTT:een 27.6.1984.
3. Kuvassa 1 näkyvä n. 1 m:n mittainen näyte soodakatti-
lan primääri-ilma-aukon ohitusputkista. Putkien koko
oli sama kuin aiemmissakin näytteissä. Näytteen kum-
massakin putkessa oli kolme poikittaista hitsiä,
jotka merkittiin VTT:ssä numeroin 1 - 6 kuvassa 1
näkyvällä tavalla. Näyte saapui VTT:een A. Ahlström
Oy:n Varkauden konepajalta 5.7.1984.

Tehtävät

1. Putkien vaurioitumiseen syyn selvittäminen
2. Käytetyn hitsien korjausmenettelyn arviointi
3. Käytössä olleiden putkien hitsausliitosten
lujuuden selvitys
4. Vaurion etenemisnopeuden selvitys

Tilaaajan antamat tiedot

Näytteet ovat A. Ahlström Oy:n v. 1977 valmistaman soodakattilan tulipesän sivuseinien alaosa. Tulipesän seinä muodostuu näytteiden kaltaisista putkista ja niiden väliin hitsatuista teräslevyevistä. Seinä on ulkopuolelta peitetty eristemateriaalilla.

Tulipesän sivuseinien alaosan putkista on tulipesän puolelta löydetty suoritettussa ultraäänitarkastuksessa 14 halkeamaa, joista pääosa suuntautui hitsin juuresta kohti pintaa, muutama halkeama ulottuen läpi liitoksen.

Putket ovat ns. compound-rakennetta, jossa seostamattoman teräsputken päällä on ulkopinnassa n. 2 mm paksu austeniittinen krominikkeliteräskerros. Tilaaaja toimitti 2 kpl putkien ainestodistuksia (liite 3).

Tarkastuksen yhteydessä oli löytynyt myös joitakin putken pinnan suuntaisia halkeamia hitseistä päällystekerroksen rajapinnan tienoilta.

Putkien sisällä virtaa vesi (n. 300 °C, n. 8 MPa $\approx$ 80 bar) ja tulipesän puolella ympäristön lämpötila on näytteiden alueella 800 - 1000 °C. Syöttöveden laatua tarkkaillaan jatkuvasti ja se täyttää voimassa olevat ohjeet ja normit. Tilaaaja toimitti nähtäväksi joitakin vesianalyysien tuloksia, joista esimerkki on liitteenä 4.

Tilaaaja epäilee vaurion syyksi joko virheellistä hitsauslisäainetta, kattilan värähtelyä tai jännityskorroosiota.

Suoritetut tutkimukset ja tulokset

1. Hitsausliitosten lujuuden selvittäminen

Näyteputkista valmistettiin kolme standardin SFS 3478 mukaista putkiliuskavetosauvaa: kaksi tulipesän puoleisista osista (YE ja 2E) sekä yksi eristeen puolelta (AT). Sauvat valmistettiin siten, että hitsi sijaitsi poikittain sauvan vartalon keskellä.

Vetokokeiden tulokset on esitetty liitteessä 2. Saadut murtolujuudet vastaavat aineodistuksessa ilmoitettuja arvoja.

2. Hitsiaineen sekä käytetyn hitsaus- ja korjaushitsausmenettelyn arviointi

Näytteiden poikittaishitsit röntgenkuvattiin halkeamien löytämiseksi. Vain kahdesta hitsistä löytyi halkeamia: 1. näyte-erän A-hitsin ja 3. näytteen hitsin nro 6 tulipesän puoleisista osista.

Näistä ja neljästä muusta liitoksesta valmistettiin hitsin poikittaishieet.

Hieet syövytettiin aluksi seostamattoman teräksen syövytykseen tarkoitettulla Nital-syövytteellä. Kävi ilmi, että kyseisellä syövytteellä halkeamia sisältävien liitosten hitsiainetta ei saaty syöpymään (kuva 2). Samanlainen hitsin rakenne oli myös 3. näytteen hitsien nro 3 ja 5 tulipesän puolelta otetuissa näytteissä (kuva 3). Sen sijaan 1. näyte-erän A-hitsin eristepuolelta ja Y-hitsin tulipesän puolelta otetuissa hieissä näkyi tavanomainen compound-hitsin rakenne, jossa seostamaton vyöhyke jatkuu hitsin yli (kuva 4).

Heikosti syöpyvät näytteet syövytettiin uudestaan ruostumattoman teräksen syövytykseen tarkoitettulla fluorivety-typpihappoliuoksella, jolloin havaittiin hitsien pohja- ja täyttöpalkojen kuitenkin syöpyvän pintapalkoa ja ruostumatonta pintakerrosta voimakkaammin (kuva 5).

Näistä havainnoista voitiin päätellä, että ao. hitsien hitsauksessa oli pohjapalosta lähtien käytetty samantyyppistä, ruostumattoman teräksen hitsaukseen tarkoitettua tai mahdollisesti yliseostettua lisäainetta. Hitsausmenettely ei ole normaalikäytännön mukainen, jossa seostamattoman teräksen osuus compound-liitoksessa hitsataan seostamattoman teräksen liitos-hitsaukseen tarkoitettulla lisäaineella ja vain ruostumattoman kerroksen osuus yliseosteisella ruostumattoman ja seostamattoman teräksen liitoshitsaukseen sopivalla lisäaineella.

Näytteistä todetun virheellisen hitsausmenettelyn seurauksena hitsien pohjapalossa tapahtuu ruostumattoman hitsauslisäaineen ja seostamattoman, runsashiilisemmän perusaineen sekoittumista niin, että hitsiin tulee austeniittis-martensiittinen tai mahdollisesti jopa täysin martensiittinen mikrorakenne. Tällainen mikrorakenne on merkittävästi kovempi ja hauraampi kuin oikealla hitsausmenettelyllä saatava ferriittis-perliittinen mikrorakenne.

Tämän vuoksi mitattiin näytehieistä myös kovuudet. Mittaukset tehtiin Vickers-menetelmällä 49 N:n (5 kp:n) voimalla. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kovuuskokeiden tulokset. Näytteistä mitatut kovuudet HV 5

näyte hitsaus- menettely	YE	AT	AE1	AE2	3E	5E	6E
	"oikea"		"väärä"				
pohjapalko	172	186	453	454	524	358	353
täyttöpalko	158-	174-	162-	164-	158-		
			174	178			
pintapalko	182	186	190- 199	183- 199	161	240	214
seostamaton perusaine	135	153	144	134			168
ruostumaton perusaine	168	169	168	167	165	175	195

Kovuusmittaustulokset vahvistavat hieiden makroskooppisen tarkastelun perusteella tehdyn arvion. Kokonaan ruostumattomalla tai yliseosteisella lisäaineella hitsattujen hitsien pohjapalon kovuus oli merkittävästi suurempi kuin niissä liitoksissa, joissa pohjapalko oli hitsattu perusainetta vastavalla lisäaineella. Mitatut kovuudet, ottaen huomioon liitoksessa olevien terästen suurin hiilipitoisuus 0,2 %, on mahdollista saavuttaa vain täysin tai lähes täysin martensiittisellä mikrorakenteella.

3. Vaurion syy

Edellä esitetyn perusteella voidaan näytteistä havaittujen vaurioiden perussyynä pitää virheellistä hitsausmenettelyä, jolla hitsin juureen on syntynyt hyvin kova ja hauras martensiittinen mikrorakenne, joka on herkkä myös jännityskorroosiolle puhtaassa käyttövedessäkin. Siihen tarvittava jännitystila liitoksiin muodostuu hitsien jäännösjän-

Metallilaboratorio

6 (6)

nityksistä ja termisistä jännityksistä. Liitoksesta 6 havaitut murtumat näyttävät tyypillisiltä jännityskorroosiomurtumilta (kuva 6). Liitoksesta A havaittu murtuma voi myös olla syntynyt väsymisen, virumisen tai hitsin riittämättömän muodonmuutuskyvyn tuloksena kattilan alasajossa. Esitetyllä laajuudella tehtyjen tutkimusten perusteella ei kyseisen murtuman syytä voida varmuudella todeta.

Hitsin pinnan suuntaisia halkeamia, lukuunottamatta kuvassa 6 näkyviä, ei näytteistä löydetty, joten sen tyyppisten vaurioiden syytä ei voitu selvittää. Tällä laajuudella tehtyjen tutkimusten perusteella ei liioin voida arvioida vaurioiden todennäköistä etenemisnopeutta.

Tutkitun tyyppiset vauriot voidaan korjata avaamalla hitsit perusaineeseen asti ja hitsaamalla pohja- ja täyttöpalot seostamattoman teräksen hitsaukseen tarkoitettulla lisääaineella ja vain pintapalko yliseostetulla, esimerkiksi 23 % Cr ja 12 % Ni sisältävällä lisääaineella. Tällöin hitsin juureen saadaan ferriittis-perliittinen mikrorakenne, jolla on hyvä muodonmuutoskyky ja joka ei ole altis jännityskorroosiolle ko. olosuhteissa.

Espoo, 14.9.1984

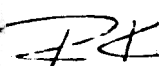
VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
Metallilaboratorio

Laboratorionjohtaja


Jarl Forstén

Tutkija


Kalervo Leino


LIITTEET 4 kpl

KML/SF/632g

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Valtion teknillisestä tutkimuskeskuksesta saadun kirjallisen luvan perusteella.

Användning av Statens tekniska forskningscentral (VTT) namn i reklamsyfte eller delvis publicering av denna rapport tillåtes endast med skriftligt begivande från Statens tekniska forskningscentral.

VALTION TEKNILLINEN
TUTKIMUSKESKUS
Metallilaboratorio

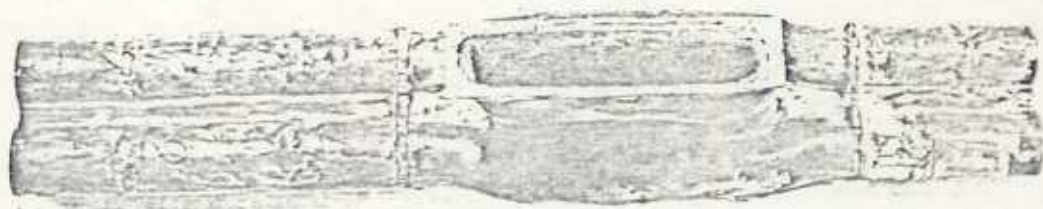
VETOKOETULOKSET

MET 43092
LIITE 1
1 (1)

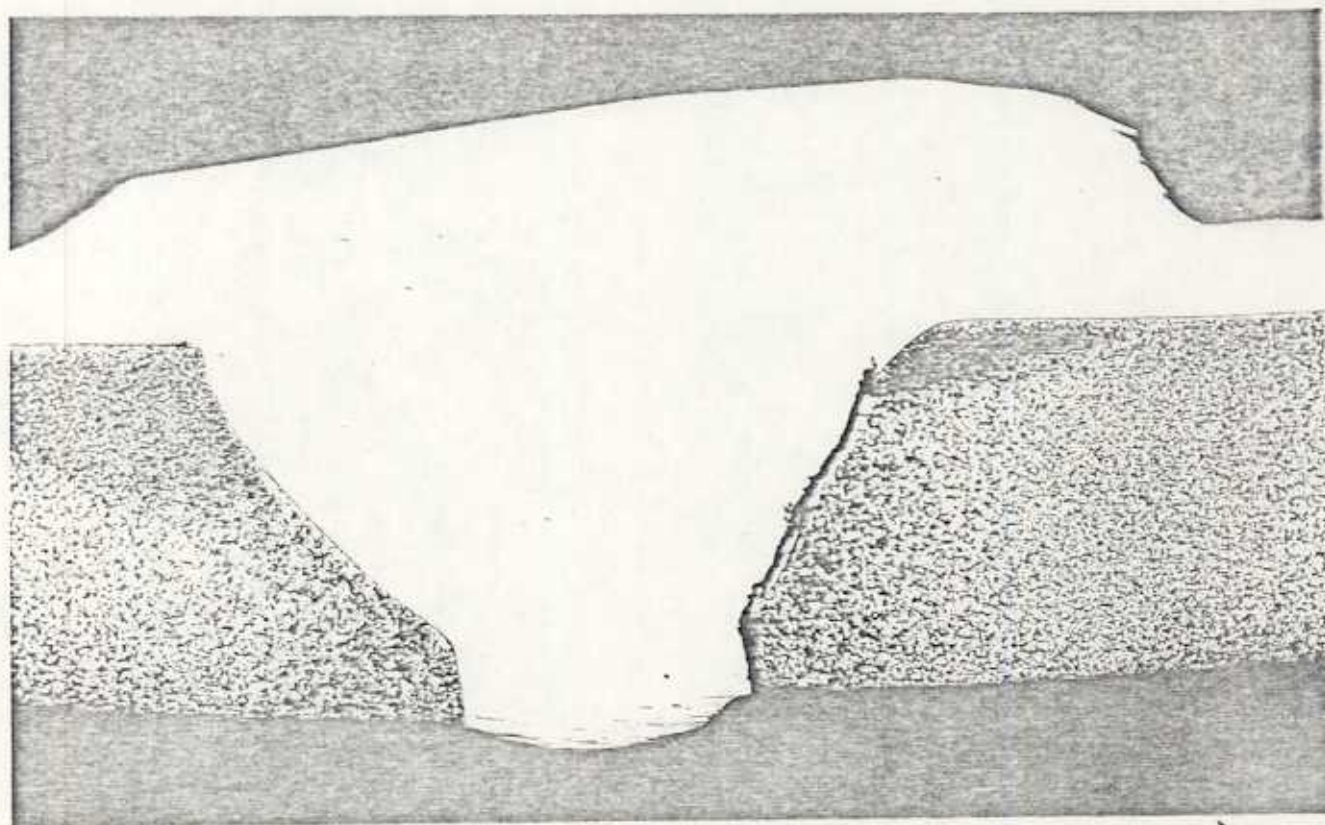
Kokeen numero	1	2	3
Sauvan tunnus	AT	YE	2E
Putken ulko- halkaisija mm	63.0	63.0	63.0
Seinämän paksuus mm	7.2	7.2	7.4
Putkiliuskan leveys mm	15.3	14.9	15.0
Murto- lujuus N/mm ²	540	545	530
Murtumis- kohta 1)	B	B	B
Etäisyys sula- rajasta mm	8	6	8

1) B = Perusaine , W = Hitsi

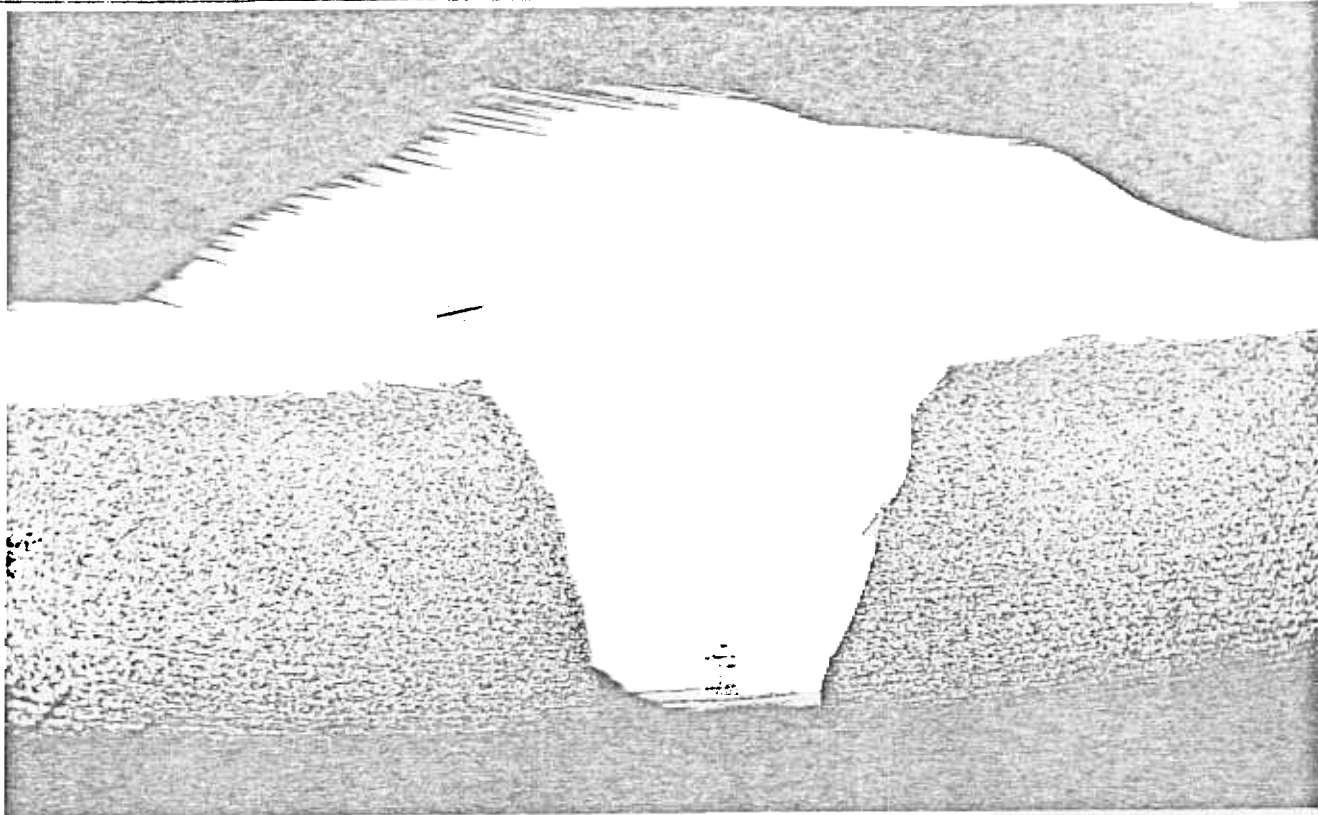
Varmennus : AT



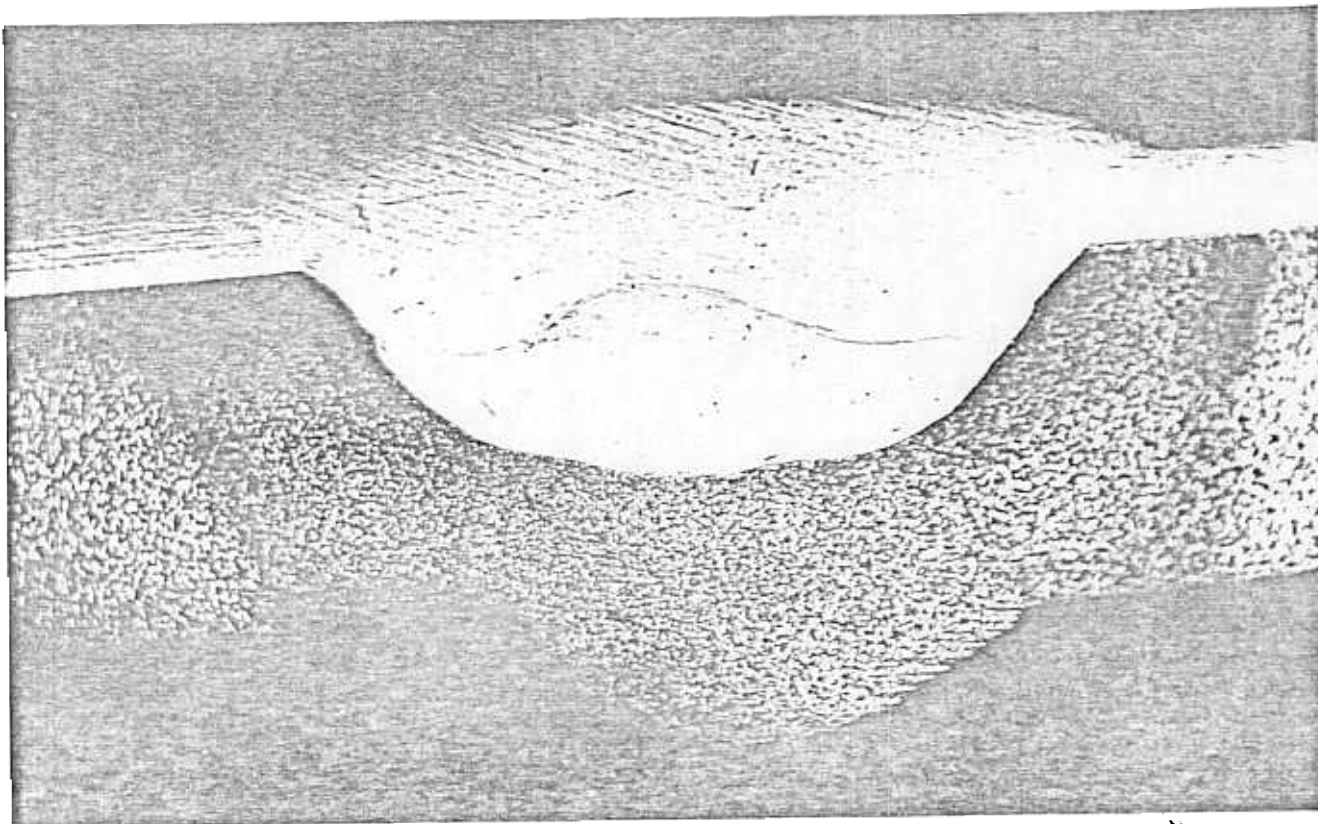
Kuva 1. 3. näyte kuvattuna eristekerroksen puolelta. Näytteen poikittaiset hitsit on numeroitu 1 - 6. 1. näyte-erän pidempi näyte oli samanlainen, mutta sisälsi vain toisen ohitusputken.



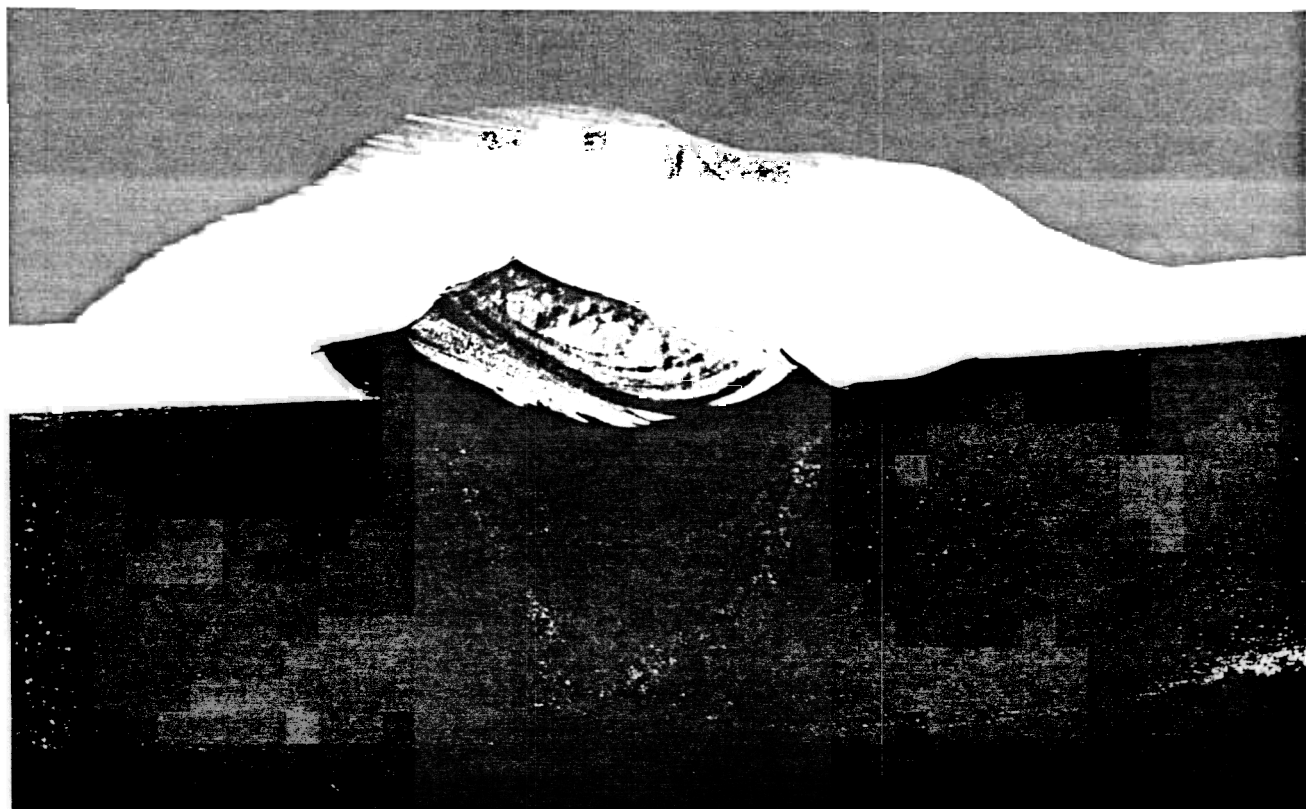
Kuva 2. Näytteen AEl poikkileikkaus Nitalilla syövytettynä, suurennus 8 x. Hitsi ja compound-putken pintakerros eivät syövy lainkaan. Murtuma kulkee sularajan lähellä, paikoitellen hieman hitsiaineen puolella.



Kuva 3. Näytteen 5E poikkileikkaus Nitalilla syövytettynä, suurennus 8 x. Koko hitsi on hyvin syöpymistä kestävä

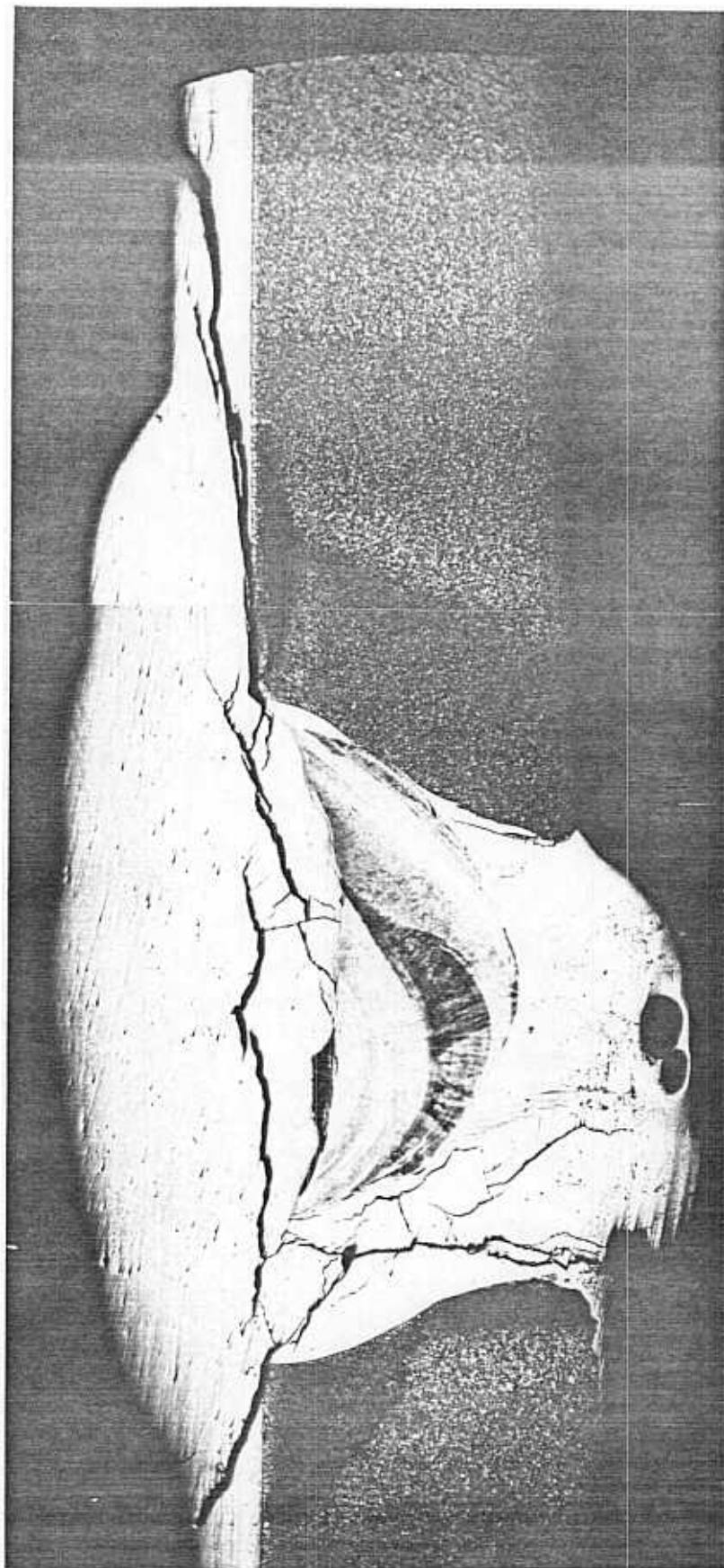


Kuva 4. Näytteen YEl poikkileikkaus Nitalilla syövytettynä, suurennus 8 x. Hitsin juuri syöpyy yhtä voimakkaasti kuin seostamaton perusaine.



Kuva 5. Näytteen 5E poikkileikkaus syövytettynä fluorivety-
typpihappoliuoksella, suurennus 8x. Hitsin pohja- ja
täyttöpalko syöpyvät pintapalkoa voimakkaammin, mutta
eivät kuitenkaan yhtä voimakkaasti kuin seostamaton
perusaine. Vertaa myös kuva 3.

Metallilaboratorio



Kuva 6. Näytteen 6E poikkileikkaus Nitalilla syövytettynä, suurennus 8 x. Koko hitsi on seostamatonta perusainetta heikemmin syöpynyt. Murtuma näyttää jännityskorroosion aiheuttamalta.