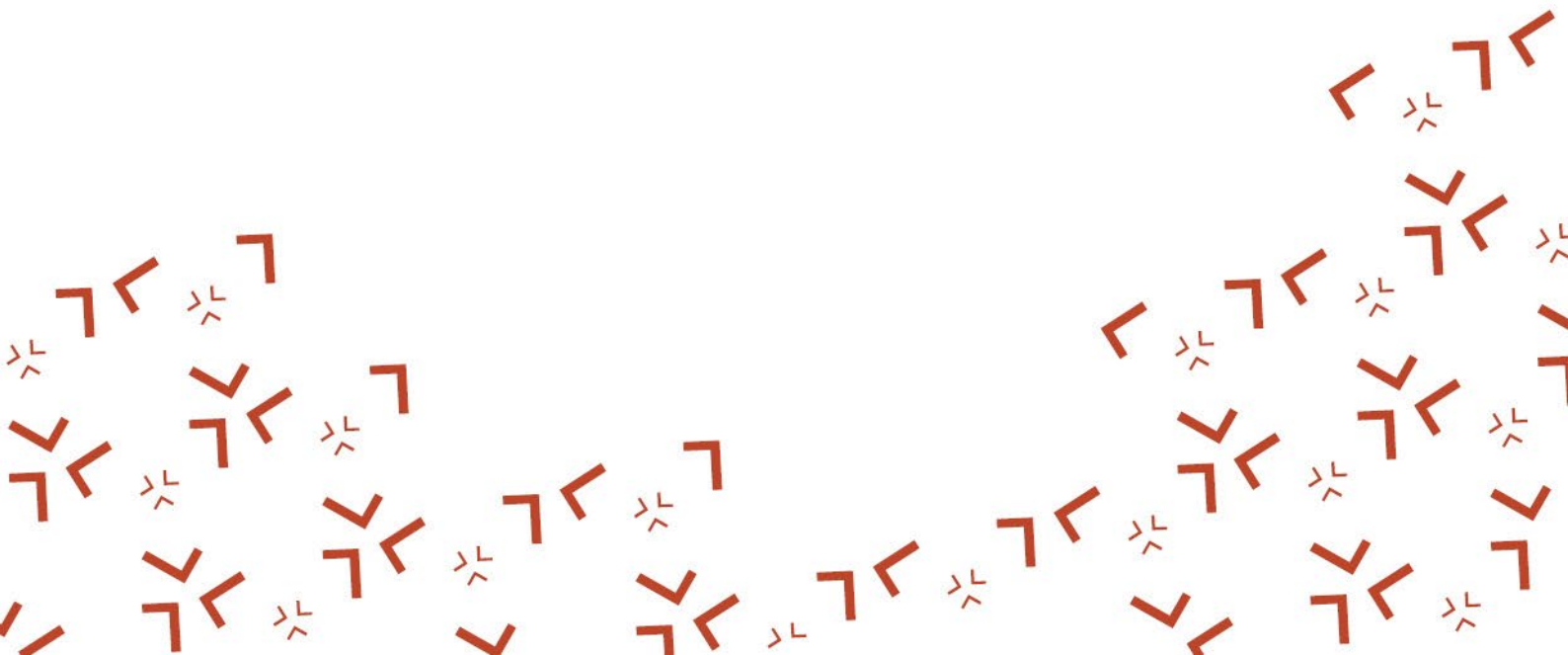


Tämä on alkuperäisen artikkelin rinnakkaistallenne (kustantajan versio).

Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat saattavat poiketa alkuperäisestä julkaisusta.

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Kauppi, T. 2022. Jäännöshappipitoisuuden ja juurensuojakaasun vaikutus ruostumattoman teräksen hitsin korroosionkestävyyteen. Hitsaustekniikka. 75 (2), 31-36.



## KÄYTÄNNÖN HITSAUSMETALLURGIAA. OSA 8:

# Jäännöshappipitoisuuden ja juurensuojakaasun vaikutus ruostumattoman teräksen hitsin korroosionkestävyyteen

■ Timo Kauppi



Tässä ”käytännön hitsausmetallurgiaa” artikkelissa tarkastellaan ruostumattomien teräsputkien hitsaukseen liittyen puutteellista juurensuojausta ja sen vaikutusta korroosionkestävyyteen. Jäännöshappipitoisuudella on merkittävä vaikutus juurenpuolen hapettumiseen, joka puolestaan lähtökohtaisesti heikentää korroosionkestävyyttä hitsin ja lämpövyöhykkeen alueella. Aiheesta julkaistut kansainväliset tutkimusartikkelit keskittyvät enimmäkseen taustalla olevien ilmiöiden tarkasteluun ja niistä on haastavaa löytää yhteys käytännön hitsaukseen.

### Tutkimusprojekti

Hitsaustekniikka lehden numerossa 4/2022 olleessa artikkelissa kerrottiin Lapin AMKilla ja Oulun yliopistolla käynnistetävästä tutkimuksesta, jossa oli tarkoitus tutkia juurensuojakaasun ja jäännöshappipitoisuuden vaikutusta EN 1.4307 (X2CrNi18-9) ja EN 1.4404 (X2CrNiMo17-12-2) teräsputkien hitsin korroosionkestävyyteen. Lähtökohtana tutkimuksessa oli se, että teollisuudessa ja julkisten rakennusten ruostumattomissa teräsputkilinjoissa esiintyy usein korroosiovaurioita, joiden juurisyyinä on heikosti tehty tai kokonaan puuttunut juurensuojaus.

Tutkimusprojektissa tehtiin tilastollista koesuunnittelua (DOE) hyödyntäen koehitsausmatriisi, jonka mukaan koehitsaukset tehtiin. Pistekorroosionkestävyyttä tutkittiin standardin ASTM G61 (Standard Test Method for Conducting Cyclic Potentiody-

namic Polarization Measurements for Localized Corrosion Susceptibility of Iron-, Nickel-, or Cobalt- Based Alloys) vaatimusten mukaisella potentiodynaamisella polarisaatiomittauksella ja standardin SFS-EN ISO 9227 (Korroosiokoheet keinotekoisissa kaasuympäristöissä. Suolasumukokeet) vaatimusten mukaisella suolasumukokeella. Tutkimukseen liittyvä korroosiotestaus tehtiin oppimisprojektina Lapin AMKin konetekniikan opetukseen liittyvässä opintojaksossa ”K502K2010J Työelämälähtöinen projekti”.

### Koehitsaukset

Tilastollinen koesuunnittelu (DOE = Design of Experiments) on tekniikka, jolla tehdään suunnitelma siitä, missä järjestyksessä kokeet suoritetaan, mitä käsittely-yhdistelmiä koeyksiköt sisältävät ja kuinka satunnaistaminen, toistaminen ja mahdollinen

Taulukko 1. Koematriisi.

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B	C
5	1	1	1	1.4307	Formier 10	10
4	2	1	1	1.4307	Ar	1000
12	3	1	1	1.4404	Ar	1000
2	4	1	1	1.4307	Ar	100
6	5	1	1	1.4307	Formier 10	100
14	6	1	1	1.4404	Formier 10	100
9	7	1	1	1.4404	Ar	10
1	8	1	1	1.4307	Ar	10
3	9	1	1	1.4307	Ar	500
10	10	1	1	1.4404	Ar	100
11	11	1	1	1.4404	Ar	500
16	12	1	1	1.4404	Formier 10	1000
8	13	1	1	1.4307	Formier 10	1000
7	14	1	1	1.4307	Formier 10	500
13	15	1	1	1.4404	Formier 10	10
15	16	1	1	1.4404	Formier 10	500

lohkominen toteutetaan. Tavoitteena tilastollisen koesuunnittelun käytössä on optimoitujen koematriisin luominen ja sen tulosten tilastollinen käsittely. Tämä prosessi nopeuttaa vasteiden ja niihin vaikuttavien muuttujien välisten vuorovaikutusten selvittämistä, josta kokeiden tekemisessä ylipäättään on kysymys.

Tutkimuksessa käytettiin nk. faktorisuunnitelmaa, joka tehtiin Lapin AMKin Minitab® 20.3 tilasto-ohjelmalla. Kokeissa tutkitut muuttujat olivat seuraavat:

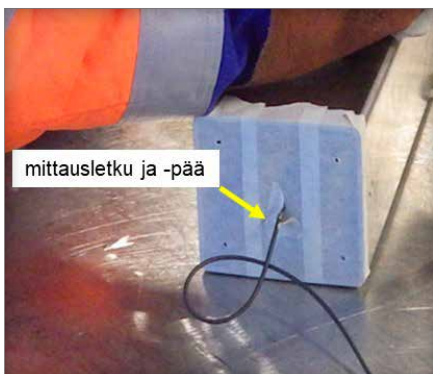
- Muuttuja A: Teräslaatu EN 1.4307 (X2CrNi18-9) ja EN 1.4404 (X2CrNiMo17-12-2).
- Muuttuja B: Juurensuojakaasu, argon ja Formier 10 (90%N<sub>2</sub> + 10%H<sub>2</sub>).
- Muuttuja C: Juurensuojakaasun happipitoisuus 10 ppm (0,001%), 100 ppm (0,01%), 500 ppm (0.05%) ja 1000 ppm (0,1%).

Kahdelle muuttujalle (teräslaatu ja juurensuojakaasu) määriteltiin kaksi (2) tasoa ja kolmannelle (juurensuojakaasun happipitoisuus) neljä (4) tasoa. Käytännön tilannetta ajatellen happipitoisuuden vaihtelulle jäljiteltiin juurensuojauksessa mahdollisesti kaasutettavaan tilaan jäävää jäännöshappia. Käytetty koematriisi on annettu taulukossa 1.

Kokeita varten tarvittiin neliöputkiprofilia ja suojakaasuja eri happipitoisuuksilla. Stalatube Oy:n teknologia ja T&K johtaja Lari Brask toimitti hitsauskokeissa tarvittavat materiaalit, Juha Nykänen ja Tuomo Rauhio puolestaan järjestivät Woi Koski Oy:ltä neljä pulloa argonia ja nel-



Kuva 1. Eemeli Ruonala hitsaamassa koehitsiä JN Titan Welding Oy:ssä.



Kuva 2. Jäännöshappimittauksen paikka juurensuojakaasun poistopäässä.

jä pulloa Formier 10 kaasuja halutuilla happipitoisuuksilla.

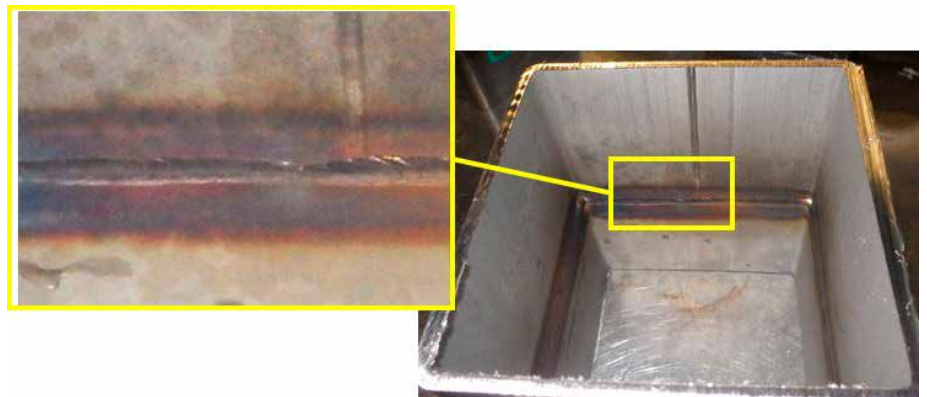
Koehitsaukset tehtiin JN Titan welding Oy:n toimitiloissa Kempeleessä TIG-hitsausprosessilla (141) joulukuussa (16.12.2022), ja hitsaajana toimi Eemeli Ruonala, kuva 1. Hitsattavat putket suljettiin toisesta päästä maalarinteipillä, kaasu johdettiin huuhdeltavaan tilaan Ladek Welding Oy:ltä tarkoitukseen saadulla hajottajalla. Kaasun poistopäässä maalarinteippiin tehtiin pieniä reikiä ja sen läpi työnnettiin myös jäännöshappimittarin mittauspää, kuva 2. Jäännöshappimittarilla varmistettiin se, että kaasutettavassa tilassa oli haluttu jäännöshappipitoisuus ennen hitsauksen aloittamista. Käytetty jäännöshappimittari oli Walter Schnorrenin malli WS OXY I. Kuvassa 3 nähdään esimerkkinä koehitsin pahasti hapettunut juurenpuoli, kun juurensuojakaasuna on käytetty 1000 ppm happea sisältänyttä argonia.

Koehitsien lisäksi Viafin Process Piping Oy:n projektijohtaja Janne Jauhola toimitti puikolla (111) hitsattuja EN 1.4307 ja EN 1.4404 putkia. Näitä haluttiin testata,

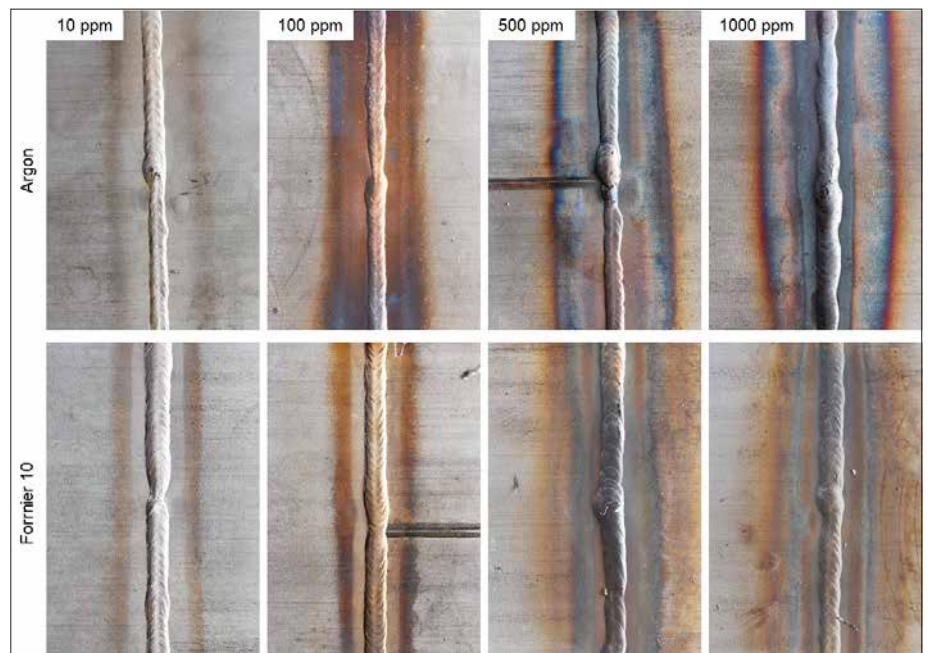
koska yleinen käsitys on se, että puikkohitsauksessa juuren puolelle syntyvä kuona suojaa hitsiä juuren puolen hapettumiselta. Edelleen tammikuussa 2023 tehtiin Tornion LVI-palvelu Oy:ssä koehitsejä, joissa käytettiin juurensuojatahnaa hapettumisen estämiseen. Näitä hitsejä tarkasteltiin erikseen, koska ne eivät kuuluneet varsinaiseen koematriisiin.

## Koehitsaukset

Kun koehitsauksia tehtiin, niin hämmästyttäviä aiheutti se, kuinka pienillä jäännöshappipitoisuuksilla hitsi ja sen ympäristö alkoi hapettumaan. Kuvassa 4 on esitetty EN 1.4307 teräksen koehitsien juurenpuolelta otettuja valokuvia. Kuvista nähdään selkeästi se, kuinka jäännöshappipitoisuuden kasvaminen vaikutti juuren puolen hapettumiseen. Matalimmalla eli 10 ppm (0,001%) pitoisuudella hapettumista ei käytännössä tapahtunut kummallakaan juurensuojakaasulla. Sen sijaan jo 100 ppm (0,01%) pitoisuus riitti aiheuttamaan päästövärejä eli hapettamaan teräksen pinnan ja tässä tapauksessa Formier 10:n

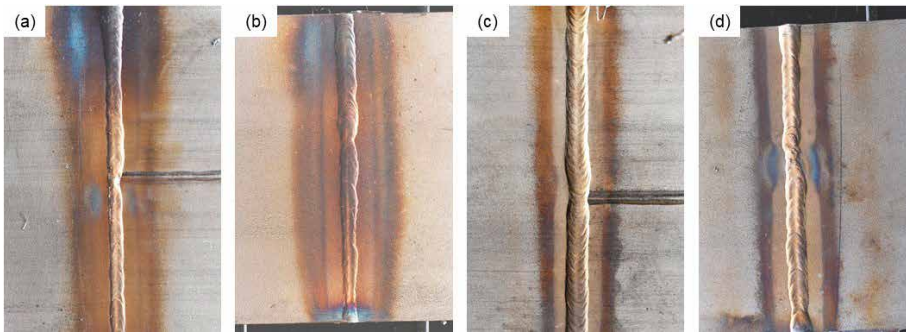


Kuva 3. Koehitsi nro 3, EN 1.4404, juurensuojakaasu argon, jonka happipitoisuus oli 1000 ppm (0,1%).

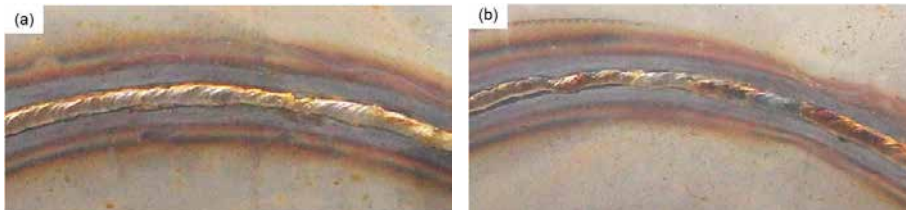


Kuva 4. Teräs EN 1.4307. Koehitsit hitsauksen jälkeen.

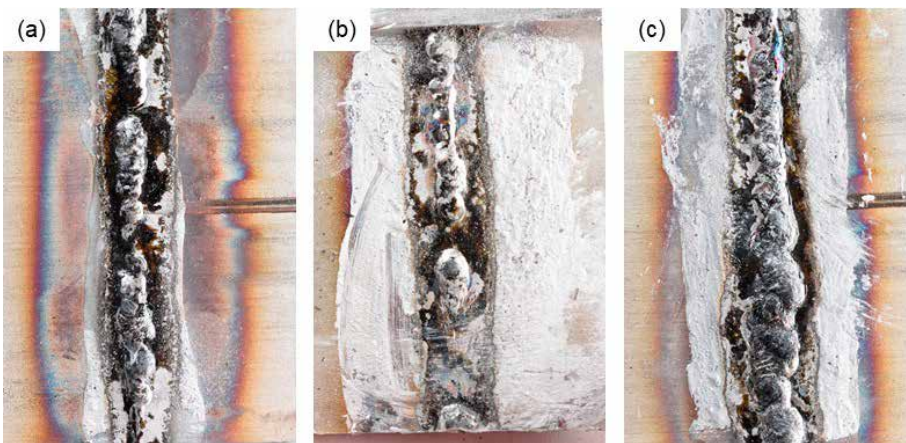




Kuva 5. a) Teräs EN 1.4307, Ar + 100 ppm O<sub>2</sub>, b) Teräs EN 1.4404, Ar + 100 ppm O<sub>2</sub>, c) Teräs EN 1.4307, Formier 10 + 100 ppm O<sub>2</sub>, d) Teräs EN 1.4404, Formier 10 + 100 ppm O<sub>2</sub>.



Kuva 6. Puikolla (111) hitsatut koehitsit a) Teräs EN 1.4307 ja b) Teräs EN 1.4404. Molemmissa käytetty lisäaineena puikkoa OK 63.30 (EN ISO 3581-A : E 19 12 3 L R 1 2).



Kuva 7. Juurensuojatahnalla suojatut koehitsit.

käyttö juurensuojakaasuna tuotti puhtaamman hitsin. Jäännöshappipitoisuuksilla 500 ja 1000 ppm (0,05 ja 0,1 %) juurenpuoli oli pahasti hapettunut Formier 10:llä suojatun hitsin pinnan ollessa hieman paremman näköinen. Kuvasta 5 on nähtävissä se, että teräslaadulla ei ollut paljon vaikutusta hitsin alueen värjäytymiseen.

Kuvassa 6 puolestaan on esitetty puikokohitsattujen (111) näytteiden juurenpuo-

lelta otettuja valokuvia. Juurenpuoli oli hapettunut tasaisesti hitsin vierestä, hitsin pinnan ollessa paikoitellen lähes kirkas. Tämän perusteella näyttää siltä, että juuren puolella syntynyt kuona oli osittain pystynyt suojaamaan hitsiä hapettumiselta.

Juurensuojatahnalla ei myöskään onnistuttu suojaamaan hitsiä hapettumiselta. Tämä on nähtävissä kuvasta 7, jonka perusteella hitsin vieressä oleva alue oli

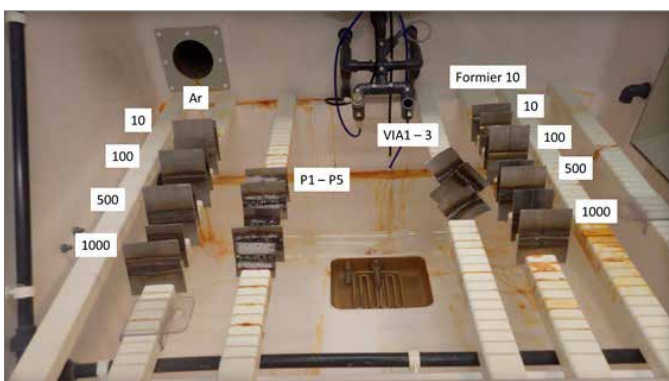
hapettunut selvästi. Joissakin hitseissä tämä johtui todellisuudessa siitä, että hitsauksen lämpövaikutus oli ulottunut yli tahnalla suojatun alueen.

### Koehitsien korroosiotestaus

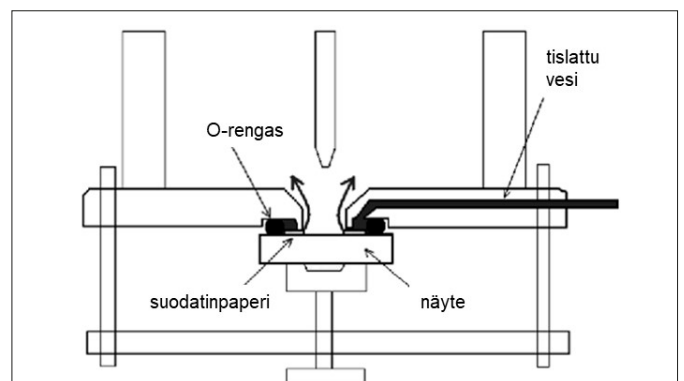
Jokaisesta koehitsistä laitettiin yksi näyte Lapin AMKin Ascott CC1000xp korroosiotestikammioon, jossa niille tehtiin suolasumukoe standardin SFS-EN ISO 9227:2022 (Korroosiokoeket keinotekoisissa kaasuympäristöissä. Suolasumukokeet) vaatimuksia soveltaen. Testissä käytettävässä liuoksessa riittävä määrä natriumkloridia liuotetaan tislattuun tai ionivaihdettuun veteen, jonka johtokyky saa olla enintään 20 µS/cm mitattuna lämpötilassa 25 °C ± 2 °C, siten, että liuoksen väkevyydeksi tulee 50 g/l ± 5 g/l (5 %). Liuosta ei saa sumuttaa suoraan koekappaleiden päälle, vaan sen pitää levitä koko kammioon, jotta se putoaa luonnollisesti koekappaleiden päälle. Koekappaleet punnittiin tarkkuusvaa'alla ja aseteltiin kammiossa olevaan näytteenpitimeen, jossa ne olivat testausstandardin vaatimusten mukaisesti 20° kulmassa vaakatasoon nähden, kuva 8.

Suolasumukoe aloitettiin 13.1.2023 ja se keskeytettiin 3-5 vuorokauden välein näytteiden silmämääräistä tarkastusta, valokuvausta ja stereomikroskooppitarkastelua varten. Käytännössä koe vaatii sumutettavan suolaliuoksen lisäämistä määrärajojen, mutta ei muita ylläpitotoimenpiteitä. Koetta jatkettiin niin kauan, että osassa näytteistä oli selvästi havaittavissa korroosiota. Näytteiden pinnan korroosiota arvioitiin silmämääräisesti valokuvien ja stereomikroskooppitarkastelun perusteella. Suolasumukokeen päätyttyä jokaiselle näytteelle annettiin korroosioindeksi KI (0 – 3), jota käytettiin vasteena Minitab® 20.3 tilasto-ohjelmalla tehdyssä koetulosten tilastollisessa tarkastelussa.

Tarkempia korroosionkestävyyteen liittyviä mittauksia tehtiin Oulun yliopiston Versastat-3 potentiostaattiin yhdistetyllä Avesta-kennolla (engl. Avesta Cell). Avesta-kennon on kehitetty erityisesti pistekorroosion testausta varten. Näyte sijoitetaan kennon pohjaan, johon on järjestetty näytteen reunoja huuhteleva vesikierto, jolla estetään näytteen ja kennon pohjan



Kuva 8. Näytteet aseteltuna suolasumukammioon.



Kuva 9. Avesta-kennon periaatekuva. (Westin 2010, 17, muokattu)

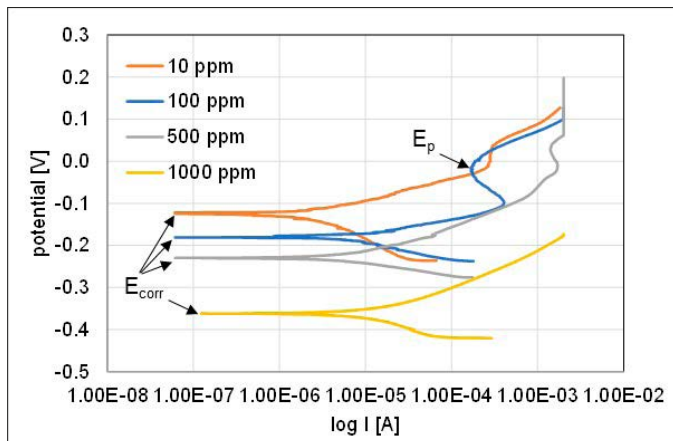


Kuva 10. Potentiodynaamisiin polarisaatiomittauksiin käytetty Avesta-kenno.

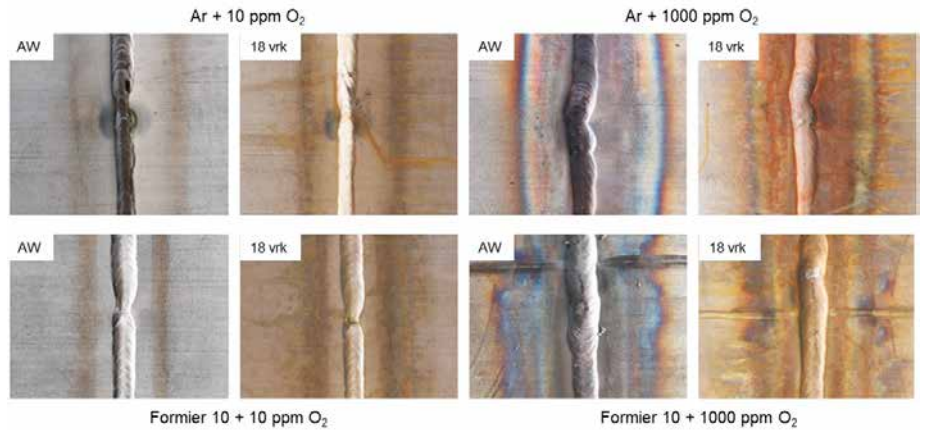
rajapinnassa muuten mahdollisesti tapahtuva rakokorroosio, kuva 9. Kuvassa 10 nähdään Oulun yliopiston Avesta-kenno mittaustilanteessa Lapin AMKin Kemian laboratoriossa. Näytteistä pyrittiin mittaamaan korroosipotentiaali  $E_{corr}$  ja pistekorroosipotentiaali  $E_p$ . Käytännössä yhden näytteen onnistuneeseen mittaukseen kului aikaa yksi työpäivä.

### Tulokset ja niiden tarkastelu

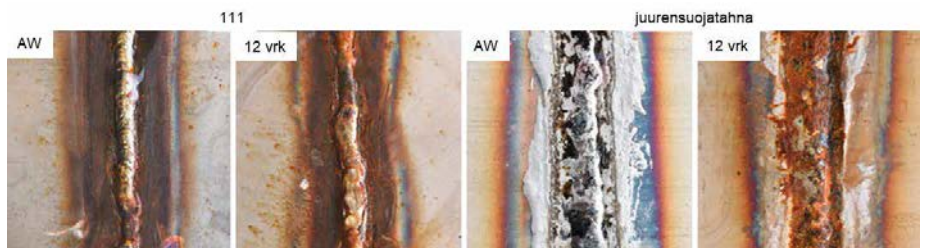
Suolasumukoe keskeytettiin viisi kertaa (16.1., 20.1., 25.1., 30.1. ja 2.2.2023), kokonaisaltistusajan ollessa 20 vuorokautta. Kuvassa 11 on esitetty esimerkkinä EN 1.4307 teräksen näytteitä valokuvattuna ennen suolasumukoetta (AW näytteet kuvassa) ja 18 vrk altistuksen jälkeen. Suurimmalla 1000 ppm (0,1 %) happipitoisuudella hitsauksen yhteydessä



Kuva 13. Teräksen EN 1.4307 potentiodynaamiset polarisaatiokäyrät, suojakaasu argon.



Kuva 11. Teräksen EN 1.4307 näytteitä ennen suolasumukoetta (AW) ja 18 vrk altistuksen jälkeen.



Kuva 12. Puikkohitsattu (111) ja juurensuojatahnalla suojattu näyte hitsauksen (AW) ja 12 vrk suolasumukokeen jälkeen.

hapettuneen hitsin alueella oli tapahtunut selvästi korroosiota.

Kuvassa 12 nähdään puikkohitsattu näyte ja juurensuojatahnalla suojattu näyte hitsauksen ja 12 vrk suolasumukokeen jälkeen. Molemmissa näytteissä hitsin alueella on tapahtunut korroosiota eli juurensuojaus on epäonnistunut.

Kuvassa 13 on esitetty argonilla juurensuojatun teräksen EN 1.4307 potentiodynaamiset polarisaatiokäyrät. Korroosipotentiaalin  $E_{corr}$  määrittäminen käyristä oli selkeää, mutta melkein kaikissa tapauksissa pistekorroosipotentiaalin  $E_p$  arvoa ei ollut erotettavissa. Pistekorroosipotentiaalin määrittäminen osoittautui niin haasteelliseksi, että tilastollisessa

tarkastelussa vasteena käytettiin näytteille mitattua korroosipotentiaalia  $E_{corr}$ .

Taulukossa 2 on annettu polarisaatiokäyristä määritetyt korroosipotentiaalin  $E_{corr}$  arvot. Taulukon perusteella ei voi todeta muuta kuin, että Formier 10 juurensuojakaasulla hitsatun teräksen EN 1.4307 korroosipotentiaali on muita selvästi alhaisempi. Toimitustilaisen teräksen EN 1.4307 korroosipotentiaali oli -0,066 V ja teräksen EN 1.4404 oli -0,018 V eli selvästi korkeampia kuin hitsattujen näytteiden. Juuri muuta korroosipotentiaalituloksista ei voi sanoa tavanomaisilla analysointitekniikoilla. Arvoa tulkitaan yleensä siten, että sen pienentyessä materiaali on alttiimpi korroosiolle testiympäristössä.

**Taulukko 2. Hitsatuista näytteistä mitatut korroosipotentiaalit ( $E_{corr}$ ) ja annettu korroosioindeksi (KI).**

Juurensuoja kaasu	O <sub>2</sub> [ppm]	$E_{corr}$ [V]		KI	
		EN 1.4307	EN 1.4404	EN 1.4307	EN 1.4404
-	0	- 0.066	- 0.018	-	-
Ar	10	- 0.125	- 0.150	0	0
Ar	100	- 0.181	- 0.193	1	1
Ar	500	- 0.229	- 0.234	2	2
Ar	1000	- 0.362	- 0.314	3	3
Formier 10	10	- 0.271	- 0.146	0	0
Formier 10	100	- 0.298	-	2	1
Formier 10	500	-	- 0.213	2	2
Formier 10	1000	- 0.317	- 0.248	3	3
tahna	-	- 0.249	-	3	-



Korroosioindeksin arvon perusteella kaikissa näytteissä, joissa  $E_{corr}$  oli alle -0.20 V, oli havaittavissa selvää korroosiota hitsin alueella. Juurensuojatahnalla suojatun EN 1.4307 hitsin korroosipotentiaali oli samaa luokkaa kuin Ar + 500 ppm jäännöshappipitoisuudella suojatussa hitsissä eli arvo oli  $E_{corr}$  oli alle -0.20 V ja näin ollen pinta on altis korroosiolle.

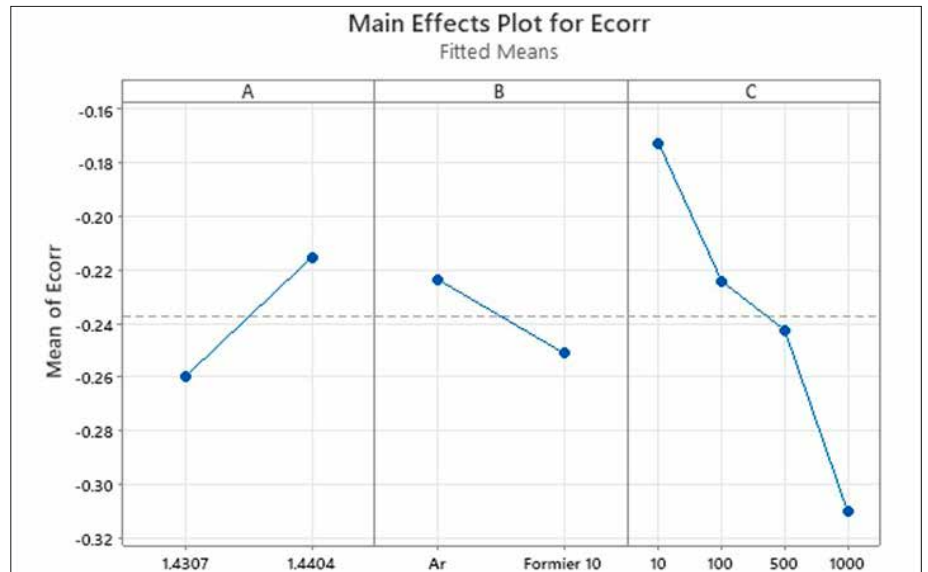
Koetulokset analysoitiin Minitab® 20.3 tilasto-ohjelmalla. Kuvassa 14 on esitetty tutkittujen muuttujien päävaikutukset (Main Effects Plot) vasteeseen  $E_{corr}$ . Kuvan tulokset olivat odotetun mukaiset eli: 1. Molybdeeniseosteisen EN 1.4404 teräksen  $E_{corr}$  - arvot olivat korkeampia, 2. Argon juurensuojakaasulla  $E_{corr}$ -arvot olivat korkeampia ja 3. jäännöshappipitoisuuden kasvaminen pienensi  $E_{corr}$ -arvoja huomattavan paljon. Kuvassa 15 puolestaan nähdään tutkittujen muuttujien keskinäisvaikutukset (Interaction plot) vasteeseen  $E_{corr}$ . Tässä kuvassa teräslaadun ja jäännöshappipitoisuuden keskinäinen vaikutus (kuva A \* C) on looginen eli jäännöshappipitoisuuden kasvaessa korroosipotentiaali  $E_{corr}$  pienenee ollen molybdeeniseosteisella teräksellä EN 1.4404 keskimäärin korkeampi. Kuvaa, jossa esitetään jäännöshappipitoisuuden ja juurensuojakaasun keskinäisvaikutus (kuva B \* C) on tulkittava siten, että pienillä jäännöshappipitoisuuksilla (10 ja 100 ppm) argonin käyttö juurensuojakaasuna tuottaa paremmin korroosiota kestävänsä hitsin. Suurimmalla eli 1000 ppm (0,1 %) jäännöshappipitoisuudella Formier 10 käyttö juurensuojakaasuna antaa korkeamman korroosipotentiaalin, joka selittyy siinä olevan vedyn pelkistäväällä vaikutuksella.

Kuvassa 16 on esitetty tutkittujen muuttujien (teräslaatu, juurensuojakaasu ja jäännöshappipitoisuus) päävaikutukset vasteeseen KI (korroosioindeksi). Kuvan perusteella vain jäännöshappipitoisuudella oli vaikutusta korroosioindeksin arvoon. Kuva 17 vahvistaa tämän tuloksen. Siinä nähdään molempien terästen näytteet, joiden hitsauksessa on käytetty juurensuojakaasuna argonia, jossa on ollut 1000 ppm jäännöshappipitoisuus. Niiden ulkonäössä terästen välillä ei ole silminnähtävää eroa, korroosipotentiaaleissa sen sijaan on selvä ero.

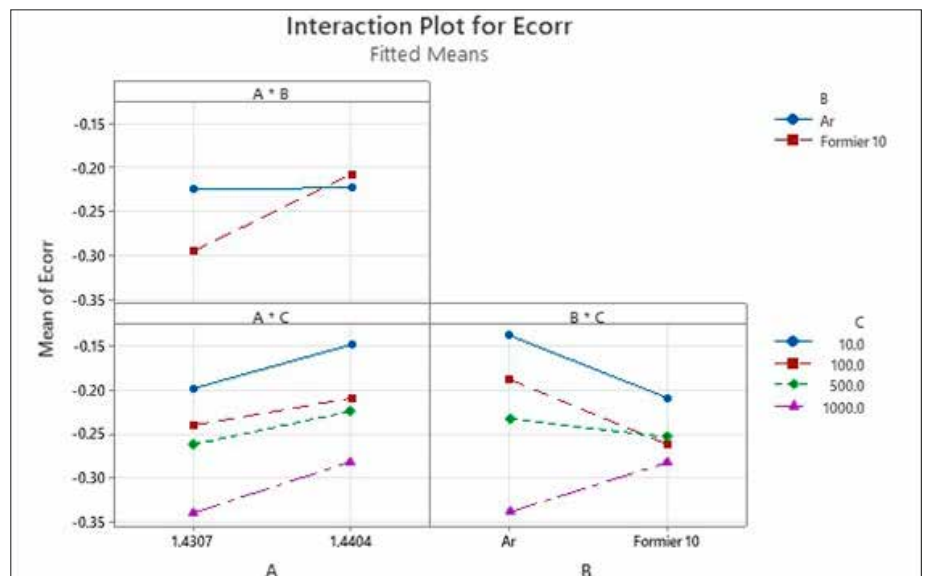
## Johtopäätökset

Tehtyjen tutkimusten perusteella on selvää, että jo vähäinenkin määrä happea heikentää ruostumattomien terästen korroosionkestävyyttä. Kirjallisuudessa esitetään jo 50-60 ppm (0,005-0,006 %) happipitoisuuden aiheuttavan ruostumattoman teräksen hapettumista hitsauksen yhteydessä. Tutkimustulosten perusteella tämä pitää ehdottomasti paikkansa.

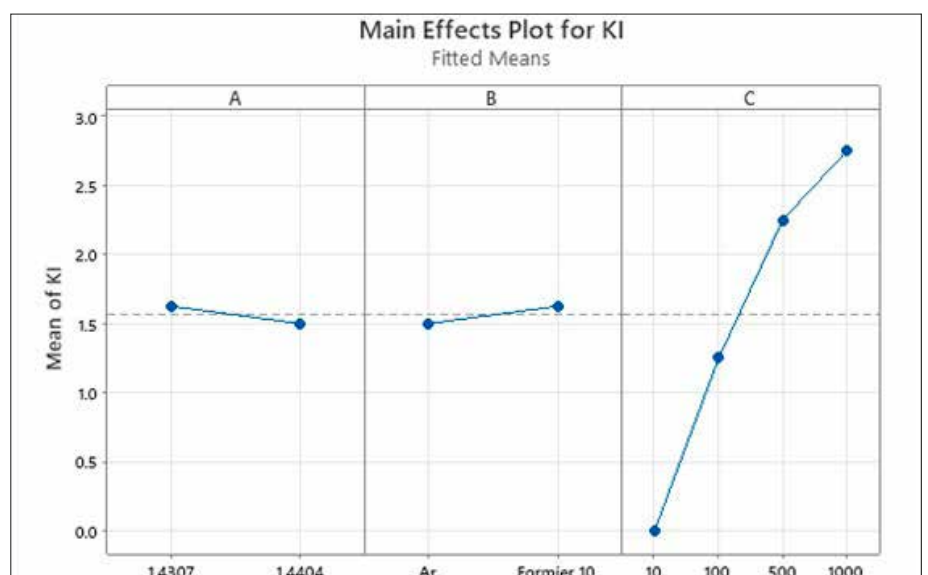
Korroosipotentiaalimittaukset antoivat tarkkaa tietoa pinnan hapettumisen vaikutuksesta. Suolasumukokeella saatiin korroosipotentiaalini ( $E_{corr}$ ) arvolle käytännön yhteys. Kun  $E_{corr}$  oli pienempi kuin n. -0,2



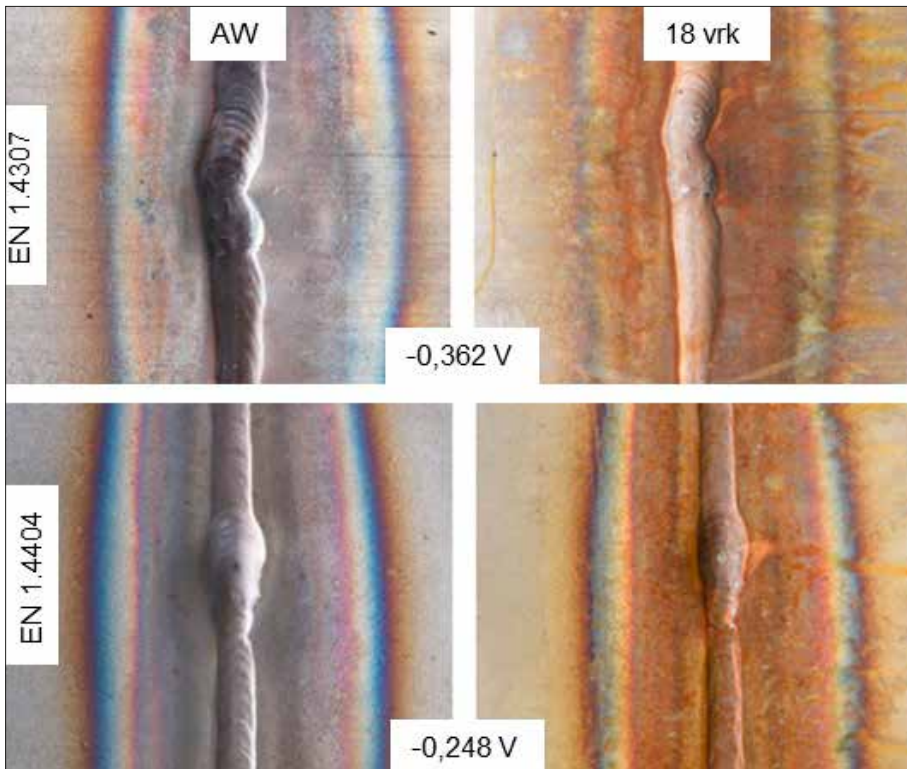
Kuva 14. Tutkittujen muuttujien (teräslaatu, juurensuojakaasu ja jäännöshappipitoisuus) päävaikutukset vasteeseen  $E_{corr}$ .



Kuva 15. Tutkittujen muuttujien (teräslaatu, juurensuojakaasu ja jäännöshappipitoisuus) keskinäisvaikutukset vasteeseen  $E_{corr}$ .



Kuva 16. Tutkittujen muuttujien (teräslaatu, juurensuojakaasu ja jäännöshappipitoisuus) päävaikutukset vasteeseen KI (korroosioindeksi).



Kuva 17. Juurensuojakaasu argon, jäännöshappipitoisuus 1000 ppm (0,1 %), AW = hitsattu tila, kuvassa annettu myös näytteistä mitattu korroosipotentiaalin  $E_{corr}$  lukuarvo.

V, niin hitsin alueella oli selvästi havaittavis-  
sissa korroosiota.

Puikkohitsauksessa juuren puolella oleva kuona ei pystynyt ehkäisemään hapettumista muuten kuin osittain itse hitsistä. Kaarevasta näytteestä ei pystytty mittaamaan korroosipotentiaalin arvoa, mutta suolasumukokeen perusteella näytteissä oli havaittavissa selvää korroosiota jo ensimmäisessä tarkastuksessa kolmen (3) vuorokauden jälkeen kokeen aloittamisesta. Tilanne oli sama käytettäessä juurensuojatahnaa.

Tutkimuksen päätulokset olivat seuraavat:

1. Vain pienimmällä 10 ppm (0,001%) jäännöshappipitoisuudella ei tapahtunut juurenpuolen hapettumista haitallisessa määrin.
2. Pinnan hapettuminen vaikutti korroosio-ominaisuuksiin heikentäen niitä selvästi.
3. Molybdeeniseosteisen teräksen ("haponkestävän") EN 1.4404 korroosipotentiaali oli keskimääräisesti 0,04 V korkeampi.
4. Argonilla tehdyssä juurensuojauksessa korroosipotentiaali oli keskimääräisesti 0,03 V korkeampi.
5. Puikkohitsaus ja juurensuojatahna eivät kyenneet estämään pinnan hapettumista, joten niitä ei voi suositella käytettäväksi vaativissa korroosio-olosuhteissa.
6. Syklinen polarisaatiomittaus on hyvä testausmenetelmä silloin, kun halutaan selvittää ruostumattoman teräksen hitsin korroosionkestävyyttä kvantitatiivisesti.

### Vertailunäytesarja

Yksi tulos tutkimuksessa oli se, että näytteitä tarkasteltaessa havaittiin yksi selkeä asia: valokuvattuna teräksen pinta ei ole koskaan samannäköinen kuin tarkastettaessa fyysistä näytettä silmämääräisesti. Suolasumukokeissa syntyi ainutlaatuinen näytekansio, joka lahjoitettiin Suomen hitsausteknilliselle yhdistykselle. Tätä 20 näytteen sarjaa voi kysyä lainaan yrityksiin ja koulutuslaitoksiin SHY ry:n koulutuspäälliköltä Juha Kauppilalta.

### Tutkimuksen lähtökohta ja toteutus

Tämän tutkimuksen lähtökohtana oli kirjoittajan henkilökohtainen mielenkiinto ruostumattomien teräsputkien hitsauksessa jo vuosia esiintyneisiin korroosio-ongelmiin, jotka ovat liittyneet puutteelliseen juurensuojaukseen. Tämän luonteisen tutkimuksen tekemiseen on erittäin haastavaa saada julkista rahoitusta, koska kyse on tunnettua teknologiaa koskevasta käytännön ongelmasta eikä uuden teknologian mahdollisuuksista. Yritykset ovat onneksi useasti valmiita satsaamaan tällaiseen tutkimukseen antamalla tarvittavia materiaaleja ja omaa työpanostaan, kuten tässäkin tapauksessa. Korkeakoulujen oppimisprojektit ovat tietysti hyvä tapa tehdä tutkimukseen liittyvää käytännön työtä.

Tämän tutkimuksen tekemisen mahdollisti suuri joukko organisaatioita sekä niissä työskenteleviä ja opiskelevia henkilöitä, jolle haluan osoittaa kiitokseni:

Lapin ammattikorkeakoulu, Oulun yliopisto, FH Technikum Wien, Stalatube Oy, Suomen hitsausteknillinen yhdistys r.y., Woikoski Oy, JN Titan Welding Oy, Ladek Welding, Viafin Process Piping Oy, Tornion LVI-palvelu Oy, Antonia Ehrenbrantner, Jennamaria Mustajärvi, Topias Oja, Jesse Ylitalo, Jussi Suopajarvi, Jouni Kanto, Soile Sääski, Mikko Rintala, Renata Latypova, Tun-Tun Nyo, Jyri Nukari, Eemeli Ruonala, Lari Brask, Juha Nykänen, Tuomo Rauhio, Aki Arposalo, Eelis Arposalo, Janne Uusitalo, Juha Lukkari ja Juha Kauppila.

### Lähteet

Westin E. M. 2010. Microstructure and properties of welds in the lean duplex stainless steel LDX 2101®. Doctoral thesis. Royal Institute of Technology. School of Industrial Engineering and Management. Department of Materials Science and Engineering. Division of Physical Metallurgy. ISBN 978-91-7415-801-4.

**Timo Kauppi, IWE, IWI-C, TkL**  
Oulun yliopisto / Lapin ammattikorkeakoulu  
timo.a.kauppi@oulu.fi