

NDT-menetelmistä ja niiden valinnasta tutkimustyössä

Santeri Anttila

Tekniikan alan opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri AMK

KEMI 2013

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun konetekniikan osastolle. Työn ohjaajana toimi projektipäällikkö Aslak Siimes, jota haluan kiittää hyvästä yhteistyöstä. Kiitos myös Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun materiaalien käytettävyyden tutkimusryhmälle testauskappaleiden järjestämisestä.

Kiitokset Dekra Oy:n ja Inspecta Oy:n yhteyshenkilöille ajantasaisista tiedoista uusiin NDT-menetelmiin liittyen. Tarkastuspalvelu NDT E.Huhta Oy:tä haluan kiittää ultraääni- ja röntgentestauksista sekä saadusta työkokemuksesta alan parissa.

Kemissä 12.5.2013

Santeri Anttila

TIIVISTELMÄ

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä:	Santeri Anttila
Opinnäytetyön nimi:	NDT-menetelmistä ja niiden valinnasta tutkimustyössä
Sivuja (joista liitesivuja):	78 (34)
Päiväys:	15.5.2013
Opinnäytetyön ohjaaja:	Ins. Aslak Siimes
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ainetta rikkomattomien NDT-testausmenetelmien toimintaperiaatteet sekä arvioida menetelmien hyödyntämistä tutkimustyössä. Työn sisältämien tietojen ja esimerkkien avulla hyvin soveltuvan NDT-menetelmän valinta tutkittavalle kappaleelle helpottuu.</p> <p>Opinnäytetyössä tutustuttiin perinteisten ja uusien testausmenetelmien toimintaperiaatteisiin. Uusilla menetelmillä on mahdollista löytää sellaisia vikoja, joita perinteisillä menetelmillä ei löydetä. Uudet menetelmät usein myös nopeuttavat ja tekevät testaus- ja tarkastusprosessista joustavamman.</p> <p>Aineistona työssä käytettiin NDT-tarkastajan koulutusmateriaalia, lehtiartikkeleita, haastatteluja sekä yritysten tarjoamia esitteitä. Tämän lisäksi opinnäytetyössä käytettiin hyväksi usean vuoden omakohtaista työkokemusta ainetta rikkomattoman testauksen ja tarkastuksen parissa.</p> <p>Ainetta rikkomattomien menetelmien avulla saadaan hyvä yleiskäsitys tutkimusnäytteiden laadusta. Menetelmiä hyödyntämällä on mahdollista poistaa tai korjata vialliset näytteet, jotka muuten voisivat vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Järjestelmälliset ja hyvin suunnitellut testaukset ylläpitävät ja myös parantavat valmistettävien näytteiden laatua.</p>	
Asiasanat: testaus, tarkastus, hitsaus, viat, hiiliteräs, ruostumaton teräs, tutkimustyö.	

ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Mechanical and Production Engineering
Author:	Santeri Anttila
Thesis title:	About NDT-methods and their Use in Research
Pages (of which appendices):	78 (34)
Date:	12/5/2013
Thesis instructor:	Aslak Siimes, BEng
<p>The aim of this final project was to examine non-destructive testing methods and evaluate their use for research purposes. The information and practical test results should help to consider which test method would be feasible for various samples.</p> <p>In this final project the operating principles of traditional and new testing methods were explored. By using new methods it is possible to find defects that cannot be found with the traditional methods. In addition, they often speed up and make the testing operations more flexible.</p> <p>NDT training materials, magazine articles, interviews, as well as brochures from various companies were used as references. In addition, a few years of experience in non-destructive testing was a valuable advantage in completing this final project.</p> <p>Non-destructive testing methods give a good overview about the quality of the samples intended for research purposes. Utilizing these methods, it is possible to remove or repair defective samples, which would otherwise affect the reliability of other test results. Systematic and well-designed tests maintain and improve the quality of the samples considerably.</p>	
<p>Keywords: testing, inspection, welding, defects, carbon steel, stainless steel, research</p>	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Alustus	7
1.2 Työn tavoite ja laajuus	7
2 NDT-TARKASTUS	9
2.1 Tausta	9
2.2 NDT Suomessa	10
3 NDT-MENETELMÄT	12
3.1 Visuaalinen tarkastus	12
3.2 Tunkeumanestetestausta	14
3.3 Magneettijauhetestausta	16
3.4 Ultraäänitestausta	18
3.5 Röntgenkuvaus	20
3.6 Pyörrevirta	22
3.7 Uudet NDT-menetelmät	22
3.7.1 Acoustic Eye	23
3.7.2 FST-GAGE (Fast scanning thickness gage)	24
3.7.3 Vaiheistettu ultraääni	24
3.7.4 Digitaalinen radiografia	25
3.7.5 Guided Wave	26
4 MENETELMÄN VALINTA JA KUSTANNUKSET	28
4.1 Menetelmän valinnasta	28
4.2 Menetelmien kustannuksista	28
5 KOKEELLINEN OSIO	30
5.1 Testimateriaalit	30
5.2 Visuaalinen tarkastus	33
5.3 Tunkeumanestetestausta	33
5.4 Magneettijauhetestausta	33
5.5 Ultraäänitestausta	34
5.6 Radiografia	34
6 TULOKSET	35
6.1 Hitsatut levyt	35

6.1.1 Puikkohitsatut levyt.....	35
6.1.2 TIG-päällehitsit.....	35
6.1.3 MIG/MAG-päittäishitsit.....	36
6.2 Hitsatut putket.....	37
6.2.1 Hiiliteräsputket.....	37
6.2.2 Ruostumattomat putket.....	37
6.2.3 Lämmönvaihtimen putki.....	38
7 YHTEENVETO TULOKSISTA.....	39
8 POHDINTA.....	40
8.1 NDT-menetelmät vikojen havaitsemisessa.....	40
8.2 NDT-menetelmien valinnasta tutkimusnäytteille.....	41
LÄHTEET.....	42
LIITTEET.....	44

1 JOHDANTO

1.1 Alustus

Ainetta rikkomattomalla testauksella (eng. *non-destructive testing*, NDT tai toisinaan *non-destructive evaluation*, NDE) tarkoitetaan aineenkoestusta, jossa tarkastettava kappale ei testauksen aikana koe muodonmuutoksia tai rikkoudu käyttökelvottomaksi. NDT-menetelmillä tarkoitetaan tämän aineenkoestustavan eri testausmenetelmiä. NDT-tarkastus sisältää menetelmäkohtaiset testit sekä niiden tulosten arvioinnin. Testausmenetelmät ovat tuttuja teollisuuden asennustöiden laadunvalvonnassa sekä eri teollisuudenalojen tuotteiden laadunvarmennuksesta valmistuksen yhteydessä. Myös jatkuva ja ennakoiva kunnossapito tarvitsevat avukseen menetelmiä, joilla voidaan seurata laitteiston kuntoa. Näihin ainetta rikkomattomilla testausmenetelmillä on tarjota useita vaihtoehtoja.

Teollisuuden tuotteille on lähes aina asetettu tiukat laatuvaatimukset. Halutun laadun ylläpitämiseksi ja näiden vaatimusten todentamiseen voidaan käyttää testausmenetelmiä, jotka paljastavat tuotteen viat sekä mahdolliset valmistusvirheet. Ainetta rikkova (*destructive testing*, DT) ja ainetta rikkomaton testaus ovat yleisesti käytössä olevia tarkastustapoja. Näitä molempia tapoja yhdistelemällä voidaan tarkastaa tuotetta, löytää vikoja ja tutkia materiaalien ominaisuuksia hyvin kattavasti.

NDT-menetelmät ovat teollisuudessa hyvin laajassa käytössä, koska menetelmillä voidaan nopeasti arvioida tuotteen laatueroamat ja tehdä jatkuvaa kunnonseurantaa keskeyttämättä itse prosessia. Menetelmien hyödyntäminen tutkimustyön yhteydessä on kuitenkin vähäisempää, koska ainetta rikkovat menetelmät ovat tällä alalla niin yleisiä ja helposti tehtävissä.

1.2 Työn tavoite ja laajuus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää NDT-menetelmien soveltuvuutta tutkimustyössä. Työn ensimmäisessä osassa esitellään perinteiset sekä uudet NDT-menetelmät. Uusilla menetelmillä tarkoitetaan perinteisten testausmenetelmien sovelluksia tai kokonaan uuden tekniikan omaavaa testausmenetelmää. Menetelmät on valittu silmälläpitäen sitä, mitkä voisivat olla tulevaisuudessa yleisesti käytössä.

Opinnäytetyön toisessa osassa arvioidaan NDT-menetelmien käyttöä terästudkimuksessa. Työssä ohjeistetaan oikean testausmenetelmän valintaan etsittävien vikojen sekä kustannusten kannalta, lisäksi tätä täydennetään kokeellisella osiolla, jossa muutamille näytteille suoritettiin esimerkinomaisia testauksia. Työn kokeellinen osio rajattiin ns. perinteisiin testausmenetelmiin: visuaaliseen tarkastukseen, tunkeumaneste- ja magneettijauhetestaukseen, ultraäänitestaukseen sekä radiografiaan.

Opinnäytetyön tuloksena on saada kattavaa tietoa NDT-menetelmistä, esittää käytännön testausta, tulosten raportointia ja analysointia.

2 NDT-TARKASTUS

2.1 Tausta

Ei voida määritellä tarkkaa aikaa milloin NDT-tarkastukset ovat saaneet alkunsa, mutta varhaisimmat käytännön esimerkit johtavat 1800–1900 luvun taitteeseen. Testausmenetelmien kerrotaan tulleen laajempaan tietoisuuteen 1920-luvulla. Alkuaikoina tarkastuksia tehtiin rautatiekiskoihin, tykkeihin ja muihin sotateollisuuden kohteisiin. Varhaiset menetelmät poikkesivat suuresti nykyaikaisista, mutta osassa menetelmistä on nähtävissä myös yhteisiä piirteitä. Rautatiekiskojen silloinen testaus muistuttaa suuresti nykypäivän tunkeumanestetestausta. Testauksessa käytettiin tunkeumanesteen sijasta petroolia, jonka annettiin tunkeutua vikaan. Huolellisen puhdistuksen jälkeen testattavan kappaleen pintaan levitettiin kalkkikerros, jonka avulla vioista tiheä öljy näkyi selkeinä näyttäminä. Tarkastettavaa kappaletta voitiin myös lyödä vasaralla, jolloin kappaleeseen kohdistuva värinä edesauttoi öljyn poistumista ja täten tehosti menetelmän toimivuutta. (Zuuk Inspection 2011. Hakupäivä 5.4.2013)

Ainetta rikkomattomilla sekä ainetta rikkovilla menetelmillä on eroa siinä, mitä tarkastuksilla voidaan tarkastettavasta kappaleesta todeta. Rikkovilla menetelmillä tarkastetaan pääsääntöisesti materiaalin mekaanisia ominaisuuksia ja käyttäytymistä esim. standardin vaatimuksiin nähden. NDT-menetelmät ovat taasen erinomaisia tuotteen laadun ylläpitomittareita valmistuksen yhteydessä. Näissä testauksissa tarkastettava kappale ei joudu fyysisen rasituksen alle, joten tarkastus ei vaikuta heikentävästi tuotteen keskeisiin mekaanisiin ominaisuuksiin. Menetelmien automatisoinnilla saadaan luotua käytännöllinen tarkastuslinjasto tai osasto, joka on kiinteä osa tuotteen valmistusketjua. Tavallisimmista testausmenetelmistä esimerkiksi tunkeumaneste- ja magneettijauhemenetelmät ovat helposti automatisoitavissa. Tarkastuksessa havaitut viat tai valmistusvirheet edesauttavat laadun ylläpitoa ja sen parantamista. Tarkastusosastolla havaittu vika edesauttaa mahdollisen vian aiheuttajan löytymiseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, ajoissa löydetty vika tuo suuria säästöjä valmistuksessa. Mitä myöhempään vika pysyy näkymättömissä, sitä kalliimmaksi sen korjaaminen tulee ja pahimmillaan tämä ilmenee tuotteen takuukorjauksina tai takaisinkutsuntoina.

2.2 NDT Suomessa

Suomessa NDT-testaajien pätevittäminen aloitettiin 1970-luvulla VTT:n toimesta. Osaavan tarkastushenkilöstön koulutuksesta on koko tämän ajan huolehtinut AEL (Ammatin edistämislaitos). Pohjoismaiden yhteinen Nordtest-pätevöintijärjestelmähänke kehitettiin myös 1970-luvun loppupuolella. (Ukkonen ym. 2006, 1)

NDT-henkilöt voidaan jakaa kolmeen ryhmään, ns. tasoihin. Tasolle 1 sertifioitu henkilö saa suorittaa NDT-toimintoja tarkastusohjeiden mukaan, joko tason 2 tai 3 henkilön valvonnassa. Tason 1 henkilön on kyettävä laittamaan testauslaitteisto toimintakuntoon, suorittamaan testauksia, kirjaamaan sekä luokittelemaan tulokset sekä raportoimaan näistä tuloksista. Henkilö ei ole vastuussa käytettävän testausmenetelmän tai tekniikan valinnasta, eikä tulosten arvioinnista tai tulkinnasta. Tason 2 sertifioitu henkilö saa suorittaa ja johtaa vahvistetun tai yleisesti tunnetun ohjeen mukaan suoritettavaa testausta. Tason 2 henkilön on kyettävä valitsemaan käytettävä tarkastustekniikka, määrittämään kyseisen menetelmän rajoitukset, ymmärtämään standardeja sekä tulkitsemaan niitä käytännön työohjeiksi, asettaa laitteisto toimintakuntoon sekä kalibroida laitteisto tarvittaessa, tulkita testaustuloksia, laatia työohjeita, opastaa ja perehdyttää alemmilla tasoilla olevia henkilöitä. Tasolle 3 sertifioitun henkilön tehtäviin kuuluu johtaa sekä valvoa hänen sertifiointialueensa piiriin kuuluvaa toimintaa. Tason 3 henkilön on kyettävä ottamaan täysi vastuu tarkastuksen henkilöstöstä sekä laitteistosta, laatimaan tekniikoita ja ohjeita, tulkitsemaan alueensa standardeja sekä säännöstöjä, valitsemaan oikeat menetelmät, arvioimaan sekä tulkitsemaan tuloksia. Henkilöllä tulee myös olla vahva käsitys sekä käytännön kokemus materiaalien käytöstä, valmistuksesta ja tuotantotekniikoista, kykyä ymmärtää muita testausmenetelmiä, kykyä avustaa alemmilla tasoilla olevia henkilöitä. Tason 3 henkilö voi myös tarpeen vaatiessa järjestää tai valvoa pätevyystutkintoja. (Ukkonen ym. 2006, 2–10)

Nykypäivän tarkastajien pätevöinnit on tehty Nordtest Doc gen 010:n vuonna 2001 hyväksytyyn version mukaisesti. Vuonna 2006 Nordtest-järjestelmän mukaisen tutkinnon Suomessa oli suorittanut 1161 henkilöä. Suomessa ehdottomasti suurin ryhmä on tason 2 henkilöt, joiden osuus tarkastajista on yli 90 %. (Ukkonen ym. 2006, 1) Koulutus tähtääkin suoraan tasolle 2, eikä alemmalle tasolle sertifioituja testaajia juuri ole. Poikkeuksina tästä ovat kuitenkin radiografinen kuvaus sekä pyörrevirtatestaus. Radiografi-

sessä kuvauksessa usein kuvaaja on pätevoidetty vain tasolle 1, kuvien luokittelun eli arvostelun tekee myöhemmin tason 2 tarkastaja.

Henkilöiden pätevoidttäminen tapahtuu kurssiluontoisesti ja käymällä tämän jälkeen joikaista menetelmää koskevat tentit hyväksytysti läpi. Koulutuskurssit sisältävät 8–80 tuntia opetusta menetelmien teoriasta sekä käytännöstä. Ennen tutkintoon osallistumista on kokelaalla oltava työkokemusta menetelmää vastaavasta työstä 1–12 kuukautta, riippuen menetelmästä. Kun työkokemuksen vähimmäisaika on täynnä ja koulutuskurssit suoritettuna, voi kokelas halutessaan osallistua sertifiointielimen laatimaan tenttiin ja täten pätevoidtyä testaajan työhön. Sertifiointin voimassaoloaika on viisi vuotta, jonka jälkeen luvat tulee uusia. (Ukkonen ym. 2006, 7–8)

Suomessa on lukuisia yrityksiä, jotka tarjoavat ainetta rikkomattomia testauspalveluja. Suurin osa näistä yrityksistä on pienyrityksiä, joissa työskentelee pääsääntöisesti 1–2 työntekijää. Keskisuuria 3–17 hengen testausyrityksiä ei ole kuin joitain kymmeniä. Suomessa suuriksi luokiteltuja NDT-alan yrityksiä on vain kaksi, Inspecta Oy ja Dekra Oy.

3 NDT-MENETELMÄT

NDT-menetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään, pintatestausmenetelmiin ja muihin testausmenetelmiin. Pintatestausmenetelmillä tarkastuslaajuus rajoittuu nimensä mukaisesti vain kappaleen pintaan tai sen välittömään läheisyyteen. Näin ollen materiaalin mahdolliset sisäiset viat eivät näy näissä tarkastuksissa lainkaan. Menetelmät, joilla voidaan havaita materiaalin sisäisiä vikoja ovat mm. radiografia- ja ultraäänitestaus. Nämä menetelmät ovat yleisesti ottaen luotettavampia, mutta on olemassa joitain vikatyyppejä, jotka löytyvät paremmin pintatestausmenetelmillä. Esimerkiksi materiaalin pinnasta lähtevä väsymissärö voidaan havaita ja hioa pois ennen kuin särö etenee materiaalin sisälle. Hionnan aiheuttama materiaalin poistaminen on parempi vaihtoehto kuin jättää alkava särö kappaleen pintaan. Taulukossa 1 esitetään standardisoidut menetelmät ja niiden tunnuksot.

Taulukko 1. SFS-EN 473, NDT-menetelmien tunnuksot.

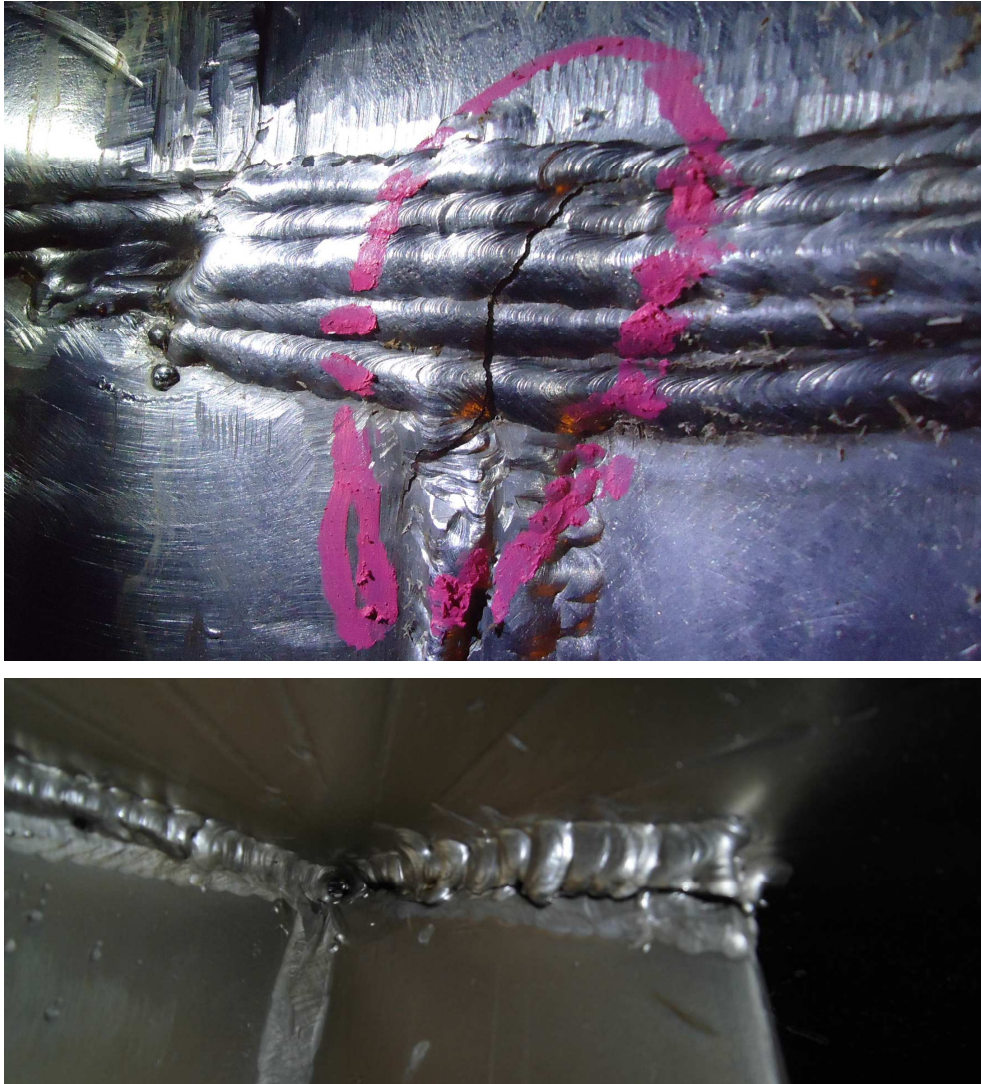
NDT-menetelmä	Tunnus
Akustinen emissio	AT
Pyörrevirtatestaus	ET
Vuototestaus	LT
Magneettijauhetestaus	MT
Tunkeumanestetestaus	PT
Radiografinen kuvaus	RT
Ultraäänitestaus	UT
Silmämääräinen testaus	VT

3.1 Visuaalinen tarkastus

Visuaalisella tarkastuksella tarkoitetaan kaikessa yksinkertaisuudessaan silmämääräistä tarkastusta. Se on vanhin ja eniten käytetty tarkastusmenetelmä mm. hitsien tarkastuksessa. (Åström 1990, 21). Tarkastus suoritetaan pääosin näköaistia käyttäen, mutta apuna voi kuitenkin olla useita apuvälineitä. Visuaalista tarkastusta voidaan suorittaa lähes kaikissa kohteissa ja se tulisi suorittaa aina ennen muita tarkastuksia.

Visuaalinen tarkastus perustuu tarkastajan näköaistiin ja ennen kaikkea asiantuntemukseen. Tarkastajan tulee tai olisi hyvä tietää tarkastettavan kappaleen tai kohteen toiminnasta sekä sen vaatimuksista. Visuaalisen tarkastuksen edellytys on pintojen puhtaus. Esimerkiksi ennen tarkastusta hitsi tai tarkastettava pinta tulee olla puhdistettu kaikesta epäpuhtaudesta, kuten kuonasta tai muusta liasta. Sertifioidun näkökyvyn täytyy täyttää

EN 473 vaatimustaso ja se tulisi tarkastaa 12 kuukauden välein. Tarkastusta suorittaessa valaistusvoimakkuudeksi suositellaan 500 luksia, mutta kuitenkin vähintään 350 luksia. (SFS-EN 970 1999, 58) Tämä usein tarkoittaa kohdevalaistusta tai kirkasta taskulamppua. Esimerkkejä visuaalisesti havaittavista vioista on kuvassa 1.



Kuva 1. Visuaalisesti havaittavia halkeamia hitseissä.

Tarkastusta suorittaessa on varmistettava riittävä luoksepäästävyys tarkastettavalle kohteelle. Etäisyys kohteelle ei saa ylittää 600 mm ja katselukulman on oltava 30° tai enemmän. Tilanteesta riippuen tarkastaja voi käyttää apuvälineenä esimerkiksi peiliä, endoskooppia tai kuituoptiikkaa, mutta näitä välineitä hyödyntäessä tulee tarkastus määrittellä tarkoin sopimusosapuolten välisessä sopimuksessa. (SFS-EN 970 1999, 58). Viime vuosina endoskooppilaitteet ovat kehittyneet huomattavasti, laitteiden koko on pienentynyt sekä hankintakustannukset ovat pienentyneet suuremman tarjonnan vuoksi. Tallennus mahdollistaa kuvatun aineiston analyysin myös myöhemmin.

Visuaalista tarkastusta voidaan suorittaa monessa eri työvaiheessa. Esimerkiksi hitsauksessa tarkastus voidaan suorittaa joka vaiheessa; ennen hitsausta, hitsauksen aikana ja sen jälkeen. Ennen hitsausta suoritettavassa visuaalisessa tarkastuksessa tarkastellaan edellytykset onnistuneelle hitsaustapahtumalle. Tarkastuksessa varmistetaan että railon mitat ja muoto täyttää vaadittavat vaatimukset, hitsattava railo ja pinnat ovat puhtaita ja että yhteen hitsattavat osat ovat liitetty oikein toisiinsa. Liitoksen oikeellisuus selviää piirustuksista tai/ja hitsausohjeesta. Hitsauksen aikana suoritettavassa tarkastuksessa varmistetaan esimerkiksi, että jokainen palko tai palkokerros on puhdistettu riittävän huolellisesti ja ettei hitsitapahtumaan tuoda muita tarpeettomia epäpuhtauksia. Tarkastuksella varmistetaan myös, että hitsauksen yhteydessä ei tule hitsausvirheitä, jotka jäisivät pinnan alle piiloon tuotteen lopputarkastuksessa. Hitsauksen jälkeen suoritettavassa tarkastuksessa hitsi tarkastetaan sovitun hyväksymisrajastandardin mukaan tai sopimusosapuolten välisen sopimuksen mukaan. Tarkastuksessa varmistetaan, että kaikki ylimääräinen aines on poistettu hitsin pinnalta, kuten kuona, hilse ja roiskeet. (SFS-EN 970 1999, 60)

Hitsin viimeistely ei myöskään saa aiheuttaa turhia työkalujen painaumia tai hakkaumajälkiä, hitsin pinnan on oltava tasaisesti viimeistely. Tarkasteltaessa hitsiä keskitytään siihen, että hitsin mitat ja profiili vastaa haluttua tasoa. Hitsin pinnan täytyy olla säännöllinen, joka tarkoittaa että sivuttaisliikkeen ja etenemän täytyy olla tasaista, kuvun korkeus täytyy pysyä sallituissa rajoissa, hitsin leveys täytyy pysyä yhdenmukaisena koko liitoksen matkan. Jos kyseessä on päittäishitsi, varmistetaan että railo on täyttynyt kokonaan ja hitsi ei ole jäänyt vajaaksi pinnasta eikä juuresta. (SFS-EN 970 1999, 60)

Visuaalisessa tarkastuksessa käytetään yleisesti apuvälineenä suorakulmaa tai mittanauhaa, työntömittaa, rakomittaa, sädetulkkia ja suurennuslasia. Erikoistapauksissa apuna voidaan käyttää profiilin mittauslaitetta, jäljennöstä hitsistä, endoskooppeja, boroskooppeja ja kuituoptisia laitteita. Lisäksi sopimusosapuolten kanssa voidaan sopia esimerkiksi yhtenevä mittalaite tietyn tyyppisille hitseille. (SFS-EN 970 1999, 64)

3.2 Tunkeumanestetestausta

Tunkeumanestetestausta kuuluu pintatestausmenetelmiin. Tunkeumanesteen avulla voidaan havaita muun muassa säröjä, halkeamia, huokoisuutta, vuotoja sekä reikiä. Tämä

menetelmä on erittäin nopea ja helppo tarkastuskeino useille eri kohteille, mutta sillä ei voida kuitenkaan todeta tarkastettavan materiaalin sisäisiä vikoja. Menetelmään kuuluu useita työvaiheita, joista jokaisella on vaikutuksensa lopputulokseen. Yleisimpiä tarkastuskohteita ovat alumiinit, ruostumattomat ja haponkestävät teräkset, muovit, keraamit, pulverimetallurgian tuotteet ja lasituotteet. Tunkeumanestetestaus on verrattain edullinen menetelmä, sen laitteisto on edullinen sekä helppo kantaa mukana työmaaolosuhteissa. Testaustulosten analysointi on suhteellisen vaivatonta ja nopeaa, tarkastetusta kohteesta saadaan tavallisesti myös tallenne, valokuva. Nämä piirteet ovat tehneet tunkeumanestetestauksesta yleisen ja hyvin suositun menetelmän. (Toivonen n.d., 2)

Suoritettaessa tunkeumanestetestausta kohteen pintojen tulee aina olla erityisen puhtaita kaikesta epäpuhtaudesta, koska rasva, öljy, kuona tai hilse voi aiheuttaa virhenäyttymiä ja näin estää menetelmän toimintaa. Tarkastuksessa tunkeumanestettä levitetään tasaisesti tarkastettavan kohteen pinnalle suihkupullolla, pensselillä tai muuten levittäen. Tunkeumanesteellä on alhainen viskositeetti, joten sen tunkeutuminen vikoihin on suhteellisen nopeaa, viskositeetti ei kuitenkaan vaikuta tunkeutumiskykyyn. Tunkeutumiskykyyn vaikuttavat ominaisuudet ovat pintajännitys ja adheesio. Tunkeutumisaikana (5–10 min) neste kulkeutuu materiaalissa oleviin koloihin, halkeamiin, huokosiin, eli niin sanottuihin vikoihin. Tämän jälkeen ylimääräinen tunkeumaneste poistetaan kohtalaisen varovasti kappaleen pinnasta siten, että vioissa olevaa tunkeumanestettä ei vahingossa poisteta. Tämä usein tarkoittaa sitä, että suoraa vesisuihkua ei suositella käytettävän, eli mm. painepesurin käyttö on kielletty. Tavallisesti ylimääräinen tunkeumaneste poistetaan käyttämällä suihkepulloa ja liinoja. Ylimääräisen tunkeumanesteen poiston jälkeen voidaan kohdetta tarkastella joko suoraan tai kehitteen avulla. Mikäli tunkeumaneste alkaa nousta viasta adheesiovoimien avulla, ei kehitettä välttämättä tarvita lainkaan. Kuitenkin melkein aina ylimääräisen tunkeumanesteen poiston jälkeen kohteeseen levitetään kehiteaine, joka mm. tarjoaa hyvän kontrastin tunkeumanesteen havaitsemiseen. Kehitteen kuivumista sekä mahdollisten näyttämien ilmestymistä seurataan taukoamatta. Tunkeumaneste antaa kehitteen avulla 50–500 kertaisen suurennoksen viasta. (Toivonen n.d., 10–11) Tunkeumanestetestaus, kuten myös myöhemmin esiteltävä magneettijauhetestaus, voidaan suorittaa myös fluoresoivana menetelmänä. Tällöin tarkastus suoritetaan ultravioletivalossa, jolloin pienemmät viat voidaan mahdollisesti havainnoida paremmin.

Huolellinen esivalmistelu on tärkeä osa onnistunutta tunkeumanestetestausta. Tarkastettavan kohteen pinnassa ei saa olla irtonaisia roskia, ruostetta tai likaa. Rasvat, öljyt ja muut epäpuhtaudet voivat estää tunkeumanesteen tunkeutumisen vikoihin ja näin vääristää tuloksia. Materiaalin huokoisuus ja pinnanlaatu voivat myös vaikeuttaa tulosten tulkitsemista. Värillinen tunkeumanestetestaus tulee standardin mukaan tehdä vähintään 500 luksin valossa ja fluoresoiva testaus enintään 20 luksin valossa. Tarkastettavan kappaleen lämpötilan tulee olla välillä +10...+50 °C, tätä kylmemmissä aineilla on jäätymisvaara ja kuumissa kohteissa tunkeumaneste voi kuivua. Kuivunut tunkeumaneste ei välttämättä nouse pintaan edes kehitteen avulla, jolloin viat voivat jäädä havaitsematta. (Toivonen n.d., 6–7)

Menetelmässä käytettäviin aineisiin kuuluvat tyypillisesti tunkeumaneste, puhdistusaine sekä kehite. Kaikkien tuotteiden tulisi olla samasta tuoteperheestä tai muuten tulee varmistua siitä, että aineet soveltuvat käytettäväksi keskenään. Aineiden lisäksi tarkastajalla voi olla apunaan kuonapiikki, viila, suurennuslasi ja lamppu.

3.3 Magneettijauhetestaus

Magneettijauhetestaus kuuluu myös pintamenetelmiin, se on vanhimpia käytössä olevia NDT-menetelmiä. Tämä menetelmä on suuresti arvostettu ja yhä paljon käytetty. Menetelmää käytetään ferromagneettisten aineiden pinnassa ja pinnan läheisyydessä olevien epäjatkuvuuskohtien havaitsemiseen. Menetelmällä löydetään erityisesti kapeita epäjatkuvuuskohtia kuten säröjä. Magneettijauhetestaus on hyvin herkkä indikoimaan viat ja sen toimintavarmuus on hyvä. Se on nopea ja edullinen tarkastusmuoto jota voidaan hyödyntää monessa kohteessa. Magneettijauhetestaus, kuten myös tunkeumanestetestaus, on erittäin helppo automatisoida ja tämän vuoksi menetelmä on hyvin yleinen laadunvarmennuksessa. (Åström n.d., 4–6)

Menetelmässä hyödynnetään suoraviivaista fysikaalista ilmiötä eli vuokenttien syntymistä materiaalin epäjatkuvuuskohdissa. Magneettijauhetestauksessa tarkastettavaan kohteeseen synnytetään magneetikenttä käyttäen magnetointilaitetta. Epäjatkuvuuskohdissa kuten säröissä tai halkeamissa syntyy yksittäisiä vuokenttiä, joilla on kappaleeseen nähden vastakkainen napaisuus. Nämä vuokentät keräävät ympärilleen ferromagneettisia hiukkasia, jotka muodostavat vian päälle sillan. Särön leveys voi olla vain 0,1 mm, mutta menetelmän näyttämä indikaatio on tästä jopa 1000-kertainen. Magneettijauhetes-

tausta voidaan käyttää kaikille aineille, joiden suhteellinen permeabiliteetti on yli sata ts. $\mu > 100$. Menetelmän haittapuolena on sen soveltuvuus vain ferromagneettisille materiaaleille. (Åström n.d., 4–6) Näin ollen esimerkiksi austeniittisten ruostumattomien terästen testaaminen ei onnistu. Lisäksi mainittakoon, että täydellinen testaus edellyttää aina tarkastettavan kappaleen magnetointia sekä pitkittäin että poikittain.

Magneettijauhetestausta käytetään paljon valujen, taottujen tuotteiden, hitsien sekä koneistettujen osien tarkastukseen. Menetelmän varmuus, helppous ja hintataso edesauttavat sen suosiota. Usein viat, kuten säröt ja halkeamat, lähtevät aineen pinnasta joten nämä löytyvät menetelmällä hyvin, kuvat 2 ja 3. Menetelmä soveltuu hyvin kenttäolosuhteisiin sillä tarvittava laitteisto on helppo kantaa mukana. Tarkastus voidaan tarvittaessa suorittaa myös ilman sähköä kestomagneetin avulla. Testaus suoritetaan joko värillisenä tai fluoresoivana menetelmänä, märkänä tai kuivana. Värillinen menetelmä tarkoittaa luonnollisessa valossa nähtävää näyttämää, kun fluoresoivassa menetelmässä näyttämiä etsitään ultraviolettivalossa. Märkämenetelmä on Suomessa selvästi käytettyin, siinä magneettijauhe on sekoitettuna kantonesteeseen. Kuivamenetelmässä magneettijauhe levitetään sumuttamalla kappaleen pintaan. Kuivamenetelmä sopii pinnoille, jotka ovat kuumia tai eivät kemiallisesti kestä märkämenetelmää. Magneettijauhe tehdään puhtaasta raudasta (karbonyylirauta) tai rautaoksidista Fe_2O_3 (hematiitti) tai Fe_3O_4 (magnetiitti). (Åström n.d., 30–31)



Kuva 2. Magneettijauheella löytynyt särö savukaasupuhaltimen siipipyörässä.



Kuva 3. Särö lähtenyt hitsipalon vierestä ja jatkunut perusaineeseen.

Magneettijauhetestausta voidaan suorittaa useilla tavoilla. Kenttäolosuhteissa yleisimmin käytetty magnetointilaitte on vaihtovirtaies. Nykyiset ieslaitteet ovat käyttövarmoja, kevyitä ja tehokkaita, laitteen hintakin on varsin edullinen. Iesmagnetointilaitte toimii yleensä verkkovirralla. Ieksen navat ovat liikuteltavissa, mutta normaali napaväli on 165 mm. Laitteen toimintakyky voidaan tarkistaa suorittamalla nostokoe, jossa laitteen tulee voida nostaa 44 N (4,5 kp) kuorma. Tämä antaa kuvan laitteen magnetointikyvystä. Kuten jo mainittiin, magneettijauhetestausta voidaan suorittaa myös kestmagneetin avulla, ja se soveltuukin hyvin ympäristöön missä sähköä ei ole tai tiloihin missä on räjähdysvaara. Kestomagneettien teho on verrattain heikko, joten yleisstandardissa sen käyttöä on rajattu. (Åström n.d., 25–27)

Konepajoissa ja kohteissa, joissa tarkastaminen on toistuvaa ja säännöllistä voidaan käyttää siirrettäviä tai kiinteitä virtalähteitä. Verkkovirralla toimivat tasa- tai vaihtovirtaa tuottavat laitteet ovat monikäyttöisiä. Laitteiden apuna voidaan käyttää käsielektrodeita, kaapeleita, kohtioita, keloja sekä erilaisia apujohtimia. Virtalähteiden virranvoimakkuudet ovat luokkaa 1000–15000 A. Magnetointipenkissä on yleensä sekä virtaettä vuomagnetointimahdollisuus. Tämä tarkoittaa, että magnetointipenkillä voidaan samanaikaisesti tuottaa kappaleeseen poikittais- ja pitkittäismagnetointi ja nopeuttaa testausta. Menetelmää käytetään erityisesti valmistustarkastukseen sekä väsymissäröjen etsintään korjaustöiden yhteydessä. (Åström n.d., 27–28)

3.4 Ultraäänitestausta

Ultraäänitestausta on tarkastusmuoto, jossa periaatteena on äänen etenemisen seuraaminen tarkastettavassa materiaalissa. Kaikille materiaaleille on olemassa oma äänennopeutensa, eli nopeus millä ääni materiaalissa kulkee. Ultraäänitestaustuksessa tätä hyödyntä-

mällä voidaan tutkia materiaalin sisäisiä ominaisuuksia. Materiaalin sisäisten vikojen havaitseminen perustuu äänen heijastumiseen kaikista epäjatkuvuuskohdista, kuten säröistä, halkeamista, rajapinnoista ja huokosista. Ultraäänitestauksella voidaan mitata siis ainepaksuutta tai aineessa olevia sisäisiä vikoja. Menetelmällä voidaan mitata aineenpaksuuksia jopa 0,01 mm tarkkuudella, mitattavan alueen ollessa väliltä 1–200 mm. (Mikkonen 2009, 450) Koska menetelmällä voidaan havaita sisäisiä vikoja, soveltuu se erinomaisesti hitseille, hammaspyörille, akseleille, valuille, takeille ja muille kohteille, joissa tarkastus pelkillä pintatestausmenetelmillä ei ole riittävä.

Onnistuneen tarkastuksen edellytyksenä on hyvä ja monipuolinen laitteisto. Ultraäänilaitteistoon kuuluu ultraäänilaite, kaapeleita sekä erilaisia luotaimia. Ultraäänitestauksessa luotain lähettää lyhyen ultraäänitaajuisen pulssin tarkastettavaan materiaaliin. Ääni etenee kappaleessa ja heijastuu takaisin luotaimen, joka toimii myös mikrofonina. Perinteinen ultraäänitestaus voidaan jakaa käytettävien luotainten mukaan kahteen ryhmään, normaali- tai kulmaluotaimiin. Normaaliluotaimella mitataan useimmin ainepaksuuksia, kerrostumia tai ohentumia materiaalissa. Kulmaluotauksessa materiaalista tai hitsistä etsitään kulmassa tulevan äänen alulla vikoja, kuten säröjä ja halkeamia. (Mikkonen 2009, 450)

Ultraäänimenetelmää käytetään paksuuden mittauksissa, valuvirheiden havainnoinnissa, pinnoitteiden mittauksissa esim. liukulaakerien pinnoitteet, siipipyörien materiaalivirheissä, materiaalien sekä hitsien tarkastukset. (Mikkonen 2009, 451) Materiaalin pinnanlaatu vaikuttaa myös luotaimen valintaan. Huonon pinnanlaadun omaavalla materiaalilla ei voida käyttää korkeita taajuuksia. Epätasaiset ja kaarevat pinnat vaativat pienen luotaimen, lisäksi kappaleen muodosta johtuvat kaiut voivat haitata tarkastusta. (Härkölä & Toivonen 1998, 40)

Mitattaessa ainepaksuuksia tai kerrostumia, käytetään niin sanottua normaaliluotainta, joka lähettää ääntä kohtisuoraan. Näistä luotaimista käytetään myös nimitystä “nollaluotain”, eli lähetettävän äänen kulma on 0° , kuva 4. Yksikiteisten luotaimien taajuus vaihtelee välillä 0,5–15 MHz ja niiden koko on 3–100 mm. Yleisimmät taajuudet ovat 4 tai 5 MHz. Yksikiteisiä luotaimia käytetään usein kohteissa joissa seinämänpaksuus on yli 5 mm, kuten säiliöissä tai isoissa putkissa. Kaksoisluotaimien taajuus on vastaavasti välillä 2–10 MHz ja niiden fyysinen koko välillä 6–25 mm. Kaksoisluotaimia käytetään

lähinnä pienten putkien ja ohuiden seinämäpaksuuksien mittaukseen. (Härkölä & Toivonen 1998, 76)



Kuva 4. Putken seinämäpaksuusmittausta ultraäänellä (nollaluotausta).

3.5 Röntgenkuvaus

Röntgenkuvaus luokitellaan teollisuusradiografiaksi, jossa tuotetaan ionisoivaa säteilyä joko keinotekoisesti sähkön avulla tai isotoopin avulla. Röntgenkuvauksen avulla tarkastettava kohde saadaan läpivalaistua ja kohteesta saadaan monista muista NDT-menetelmistä poiketen tallenne, joka on tavallisesti kehitetty filmi tai vastaava digitaalinen tallenne. Perinteisesti röntgenkuvausta on käytetty vaativien hitsisaumojen tarkastukseen. Röntgenkuvauksella voidaan tarkastettavasta kohteesta saada kattavia kolmiulotteisia kuvia vikojen havaitsemiseksi. (Mikkonen 2009, 451) Röntgenkuvausta voidaan suorittaa kahdella eri tavalla, sähköisesti röntgenputkilla tai isotoopilla. Kuvattavan kohteen sijainti, koko, paksuus ja materiaali vaikuttavat olennaisesti tarkastustapaan.

Wilhelm Conrad Röntgen löysi vuonna 1895 keinon tuottaa siihen aikaan vielä täysin tuntematonta säteilyä. Tuo säteily nimettiin löytäjänsä mukaan röntgensäteilyksi. Alun perin valmistava teollisuus ei nähnyt tarvetta käyttää kyseistä menetelmää, joten se kehittyi lääketieteellisuuden tarpeisiin. Alkuvaiheessa säteilyn ei tiedetty vahingoittavan ihmistä, jonka vuoksi moni ihminen menehtyi suureen säteilyannokseen. (Deutsch 2000. Hakupäivä 14.4.2013)

Röntgenputkella tarkoitetaan laitetta, jonka sisällä on tyhjiössä oleva lasiputki jossa on anodi- ja katodinavat. Sähkökentän vaikutuksesta katodilta irtoavat elektronit lentävät kohti anodia muuttuen lämmöksi ja röntgensäteilyksi. Lämmön osuus tässä reaktiossa on jopa 99 %, säteilyn osuuden ollessa 1 % luokkaa. Elektronien kiihdyttämiseksi napojen välillä on jännite, ns. putkijännite, jonka säädettävyys on kymmenistä kilovolteista muutama sataan. (Leinio n.d.) Isotooppikuvauksella tarkoitetaan gammasäteilyllä tapahtuvaa kuvausta. Gammasäteily sekä röntgensäteily ovat lähes samankaltaista säteilyä, erona syntymekanismi, mutta myös se, että gammasäteily sisältää vain yhtä tai muutamaa energiaa. Keinotekoisesti tuotettu säteilyn lisäksi voidaan hyödyntää luonnossa esiintyviä atomiytimiä, joiden protonien ja neutronien suhteet eivät ole sopivia. Atomin ydin hajoaa radioaktiivisesti, tämän yhteydessä vapautuu energiaa. (Tikkinen n.d.) Yleisimmät gammasäteilylähteet ovat iridium-192 ja koboltti-60.

Röntgentarkastuksessa kohteeseen kohdistetaan röntgensäteilyä esimerkiksi röntgenputken avulla. Tarkastettavan kohteen taustalle asetetaan säteilyherkkä filmi, jolle tallentuu kuva kuvatusta kohteesta. Filmin tummuuseroista voidaan selvittää materiaalin sisäisiä virheitä, epäjatkuvuuskohtia, huokosia ja säröjä. (Mikkonen 2009, 448) Röntgenkuvauksella nähdään erinomaisesti kolmiulotteisia vikoja ja epäjatkuvuuskohtia, kuten esim. hitseissä esiintyviä huokosia, kuonasulkeumia, vajaata tunkeumaa ja juurivikoja. Myös korroosion tai eroosion aiheuttamat syöpymät ja viat voidaan havaita. (Järviö ym. 2007, 264)

Isotooppikuvausta käytetään kun laitteistolta vaaditaan helppoa siirrettävyyttä, työmaalla ei ole sähköä, kuvattaessa suuria ainepaksuuksia (paksuuserot samassa kuvassa), kun kuvattava kohde on ahtaassa paikassa tai se on muodoltaan vaikea kuvattava. Haittapuolina isotooppikuvauksessa on, että säteily on jatkuvaa, eikä säteilyenergiaa voida säätää. Säteilyn aktiivisuus heikkenee ajan myötä ja suhteellisen korkea säteilyenergia heikentää kuvanlaatua. (Ukkonen 1991, 23–26)

Teollisuudessa käytetään pääasiassa kolmea eri laitteistoryhmää: isotooppi, puoliaalto- ja tasajännitekoneita. Yleisimmät isotooppikuvauslaitteet ovat projektiotyypisiä. Säteilylähde on suljetussa säiliössä, josta se siirretään ulos ohjausputkea pitkin valotuksen ajaksi. Ohjausputken toiminta on yleensä kampikäyttöinen. (Ukkonen 1991, 23–26) Puoliaaltokoneen hyviä puolia ovat keveys ja liikuteltavuus, kaapeli on suhteellisen ohut ja pitkä, läpäisykyky hyvä. Tasajännitekoneiden hyviä ominaisuuksia ovat rönt-

genputken koko sekä suuri annosnopeus, hyvä kuormitusaikasuhte (jopa 100 %), yleensä kaksi erikokoista polttopistettä, tehokas. (Ukkonen 1991, 14–15)

3.6 Pyörrevirta

Pyörrevirtatestaus voidaan luokitella ns. sähköisiin ainetta rikkomattomiin testausmenetelmiin. Tämä menetelmä on tekniikaltaan hyvin lähellä magneettijauhetestausta. Ensimmäisiä pyörrevirran sovelluksia on käytetty erilaisissa mittareissa sekä induktiivuu-neissa ja -vastuksissa. Kun metallikappale saatetaan vaihtelevan magneettivuon alaisuuteen, syntyy kappaleeseen sähkömotorinen voima. Kappaleeseen syntyy tällöin sähkövirtoja ja näitä kutsutaan pyörrevirroiksi. (Saariaho 1995, 4–19) Pyörrevirtatekniikkaa käytetään pääasiassa materiaalivikojen etsintään. Pyörrevirtatestausta käytetään lisäksi myös pinnoitteiden paksuusmittauksessa, materiaalipaksuuksien mittauksessa, komponenttien muotojen, paikan ja aseman mittauksissa sekä niiden välisen välyksen mittauksissa. (Saariaho 1995, 95)

Pyörrevirtatestaus voidaan jakaa kahteen päätekniikkaan: absoluutti- ja differentiaali-menetelmään, joskin näitä voidaan käyttää myös rinnakkain. Absoluuttimenetelmä soveltuu parhaiten laaja-alaisten vikojen etsintään, kun taas differentiaalimenetelmä käytetään pistemäisten vikojen tai muiden nopeiden muutosten havaitsemiseen. Pyörrevirta-testauksella on rajoituksensa, tarkastettavan materiaalin sähköiset sekä magneettiset ominaisuudet on tunnettava ennen aloittamista, lisäksi testauksessa vastaavan kalibrointikappaleen valmistus on tärkeää. Menetelmää voidaan soveltaa kaikille sähköä johtaville materiaaleille, myös veden alla sekä kemikaaleissa. (Saariaho 1995, 94)

Tarkastuslaitteistoon kuuluu anturiosa ja erillinen mittaustietokone. Etuna menetelmässä on se, että anturiosan ja mittaustietokoneen välinen kaapeli voi olla jopa 100 metriä pitkä. Pyörrevirtatarkastuksessa mittausdatan avulla laite muodostaa mittausarvon, tämän arvon avulla tarkastettavasta kohteesta voidaan todeta mm. syöpymät. (Pasonen & Hakkarainen 2006, 16)

3.7 Uudet NDT-menetelmät

Täysin uusia menetelmiä ei ole suoranaisesti keksitty, vaan vanhoja perinteisiä tarkastusmenetelmiä on paranneltu ja niille on keksitty lisää käyttökohteita hyödyntäen lisälaitteita. Uusilla sovellutuksilla on pyritty parantamaan käytössä olevia menetelmiä,

esim. tarkastuksen suoritusta on pyritty nopeuttamaan mm. vaiheistetulla ultraäänitar- kastuksella, jossa luotainta ei tarvitse vaihtaa eri luotauskulman aikaansaamiseksi. Röntgenkuvauksen modernisoinnilla filmi saadaan digitoitua suoraan tietokoneen näy- tölle, näin nopeuttaen huomattavasti tulosten tarkastelua.

Uusilla menetelmillä on paljon hyviä puolia, mutta vastavuoroisesti ne usein myös mak- savat enemmän. Laitteiston ja menetelmien kehitys, kokeilu ja standardisointi vie aikaa ja on kallista. Suomessa uusien menetelmien käyttöönotto rajoittuu pääosin suuriin tar- kastusalan yrityksiin.

3.7.1 Acoustic Eye

Acoustic Eye -menetelmä perustuu äänipulssin taajuuden muutokseen. Laitteen luotain asetetaan putken suulle, jonka jälkeen laite lähettää ääni-impulssia putken sisälle, kuva 5. Laite erottelee virheiden sekä poikkeamien aiheuttamia vastakaikuja. Ihannetapauk- sessa laite osaa kertoa patentoidun menetelmän avulla vian paikan, tyypin ja koon. Vas- taaviksi menetelmiksi voidaan lukea pyörrevirta, IRIS-ultraääni sekä muutamia optisia menetelmiä. (Laiche 2011. Hakupäivä 13.04.2013)



Kuva 5. AcousticEye menetelmän laitteistoa. (AcousticEye. Hakupäivä 13.04.2013)

Acoustic Eye on erittäin nopea testausmenetelmä. Se soveltuu putkistoille, joiden sisä- halkaisija on välillä 8–104 mm. Putken materiaalilla tai muodolla ei ole merkitystä. Menetelmän suorituskyky ylittää jopa 25 m matkalle kerrallaan, tosin tämä riippuu put- ken kunnosta ja tyypistä. Menetelmällä voidaan havaita jopa alle 1 mm reikiä, tuk- keumia (min. 1 % sisähalkaisijasta), eroosiota (min. 5 % sisähalkaisijasta) sekä syöpy- miä (min. 20 % seinämänpaksuudesta). Menetelmän suosituimpia käyttökohteita ovat

mm. lämmönvaihdinputket, kattilaputket sekä siirtoputket. (Laiche 2011. Hakupäivä 13.04.2013)

3.7.2 FST-GAGE (Fast scanning thickness gage)

FST-GAGE (Fast Scanning Thickness Gage) on nopea testausmenetelmä, joka on kehitetty erityisesti kattilan seinämäputkien tarkastukseen. Menetelmä ei sinällään ole uusi, mutta sitä on vastikään alettu käyttämään enemmän. Menetelmä perustuu EMAT-tekniikkaan, jossa käytetään hyväksi magneettikentän ja pyörrevirtojen tuottamaa mekaanista ääniaaltoa. (Babcock & Wilcox Co. 2001. Hakupäivä 13.04.2013)

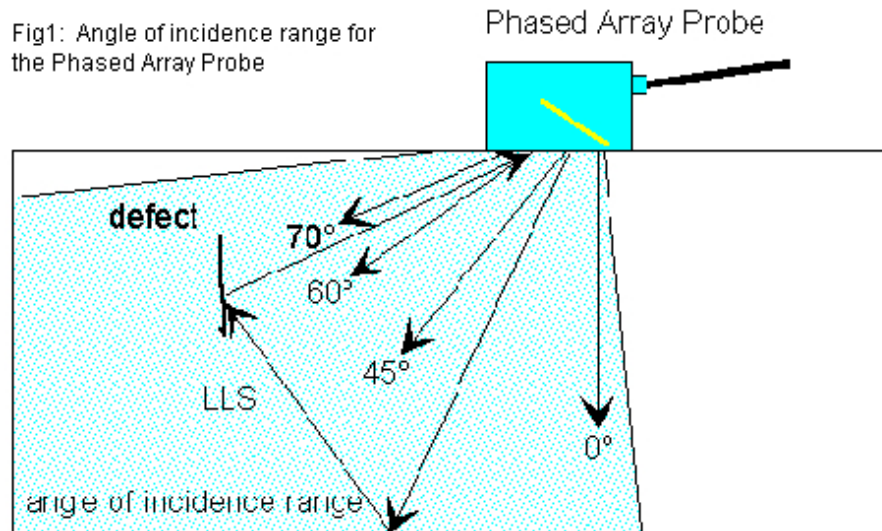
Menetelmällä voidaan tunnistaa mm. putkien ohentumia, pistekorroosiota, kerrostuman alla olevia syöpyimiä sekä vetyhyökkäyksiä. Hiiliteräksellä mitta-alue on 1,25–25 mm +/- 0,1 mm. Menetelmä on nopea, luotettava ja erittäin kattava, sillä paksuusmittaustulokset saadaan jopa 10 mm välein. Menetelmä soveltuu myös pinnoitettuihin putkiin. Tarkastus vaatii yleensä tarkastettavan pinnan hyvän puhdistuksen, tavallisesti hiekkatai soodapuhalluksen tai korkeapainepesun. (Babcock & Wilcox Co. 2001. Hakupäivä 13.04.2013)

3.7.3 Vaiheistettu ultraääni

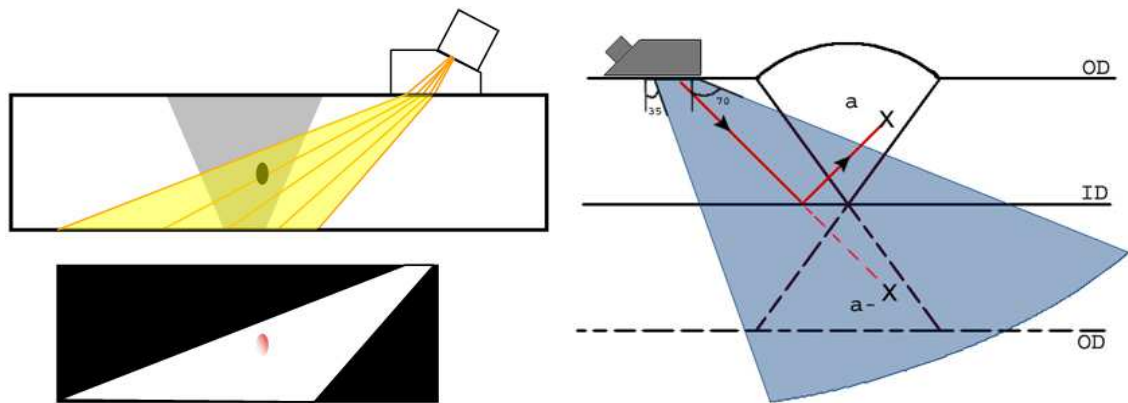
Vaiheistettu ultraääni on ultraäänitekniikan uusin sovellus. Menetelmä ei poikkea periaatteeltaan perinteisestä ultraäänitestauksesta, tekniikka on ainoastaan kehittyneempi ja monipuolisempi. Vaiheistetussa ultraäänitarkastuksessa käytetään luotainta, jossa on useampia värähtelijöitä ja näitä yksittäisiä värähtelijöitä voidaan ohjata, eli vaiheistaa, erikseen.

Kun perinteisessä ultraäänitestauksessa luotaus tulee suorittaa vähintään kolmella eri kulmaluotaimella, voidaan vaiheistetussa menetelmässä käyttää yhdellä luotainpaketilla jopa 80 eri kulmaa. Tarkastusten simulointi ja suunnittelu on helppoa, testaustulokset voidaan myös visualisoida jälkikäteen ohjelmistolla. (Olympus n.d. Hakupäivä 13.04.2013) Kuvissa 6 ja 7 esimerkkejä vaiheistetun ultraäänien keilan laajuudesta ja laitteiston näytölle ilmestyvästä näyttämästä ihannetilanteesta.

Fig1: Angle of incidence range for the Phased Array Probe



Kuva 6. Vaiheistettu ultraääni, toimintaperiaate. (Ritter 1996)



Kuva 7. Esimerkkejä vaiheistetun ultraäänen laajuudesta ja näyttämästä. (Wikipedia Commons ja NDE Associates, Inc. Hakupäivä 13.04.2013)

3.7.4 Digitaalinen radiografia

Digitaalinen radiografia ei menetelmänä eroa juurikaan perinteisestä röntgentestauksesta. Kuvausmenetelmä ja tallenteen saaminen sähköiseen muotoon erottavat menetelmät toisistaan. Laitteisto koostuu pulssiröntgenlaitteesta tai perinteisestä röntgenlaitteesta, tietokoneesta, ohjausyksiköstä sekä detektorilevystä (flat panel), kuva 8.

Digitaalisessa röntgenkuvauksessa perinteisen filmin tilalla on niin sanottu detektorilevy, johon kuvattu kohde tallentuu. Paneelin herkkyys on noin 50–100 kertainen verrattuna perinteiseen filmiin. Detektorilevyjä on useita eri kokoja. Paneelista kuva saadaan sähköisesti tietokoneen näytölle ja näin kuvasta on helppo tehdä varmuuskopio ja kuvan etsiminen arkistosta on nopeaa. Paneelin haittapuolia ovat iso fyysinen koko ja se, että

paneelia ei voi taivuttaa. Käytännön tilanteissa, esimerkiksi ahtaissa paikoissa, on usein välttämätöntä taivuttaa filmiä esim. putken ympärille. (Vidisco. Hakupäivä 13.04.2013)



Kuva 8. Digitaalinen röntgenkuvauslaitteisto. (Vidisco. Hakupäivä 13.04.2013)

Digitaalisessa röntgenkuvauksessa valotusajat ovat huomattavasti lyhyempiä verrattuna perinteiseen filmitekniikkaan, näin ollen kuvaaja altistuu vähemmän haitalliselle säteilylle. Digitaalisen kuvantamisen edut ovat kuvankäsittelymahdollisuus ja tietojen lisääminen kuvaan. Käsittelemällä kuvaa tietokoneella, voidaan huonosti näkyvää vikaa korostaa. (Vidisco. Hakupäivä 13.04.2013) Laitteisto soveltuu hyvin korroosiokuvaukseen teollisuudessa ja kiinteistöissä, valujen tarkastuksessa, muovien ja komposiittien tarkastuksessa sekä hitsaajien koulutuksessa.

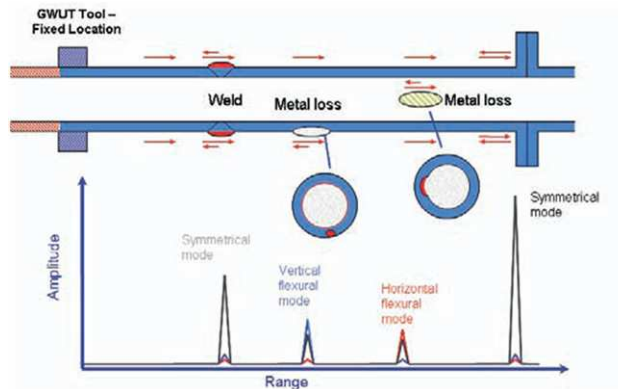
3.7.5 Guided Wave

Guided Wave -tekniikka perustuu perinteiseen ultraäänitekniikkaan. Menetelmän etu on sen nopeus ja laajuus. Menetelmällä voidaan optimiolosuhteissa tarkastaa jopa 100 metriä maanpäällistä putkilinjaa yhdestä tarkastuskohdasta, kuva 9. Näin ollen esim. putkilinjasta ei tarvitse irrottaa eristeitä kuin paikoitellen.



Kuva 9. Guided Wave käytössä. (International Inspection Centre W.L.L. Hakupäivä 13.04.2013)

Guided Wave -menetelmässä luotaimista koostuva panta lähettää putkea pitkin ultraäänisignaalia. Kaikujen perusteella laite muodostaa kuvan tarkastetusta putkesta, kuva 10. Laite ei suoranaisesti kerro esimerkiksi seinämänpaksuutta, vaan se näyttää että kyseisessä kohdassa on jotain muusta poikkeavaa. Eroosio ja korroosio erottuvat laitteella hyvin, mutta myös valenäyttämiä voi esiintyä, esimerkiksi hitsattu kiinnike. Kun tiedetään, että tietyssä kohdassa putkilinjaa on näyttämä, voidaan kyseisestä kohdasta poistaa eristeet ja tutkia perinteisin menetelmin onko kyse oikeasta viasta vai valenäyttämästä. Menetelmän suurin hyöty on sen nopeus, perinteiseen ultraäänitestaukseen verrattuna menetelmä on huomattavasti nopeampi. (SPI Matrix Ltd n.d. Hakupäivä 15.4.2013)

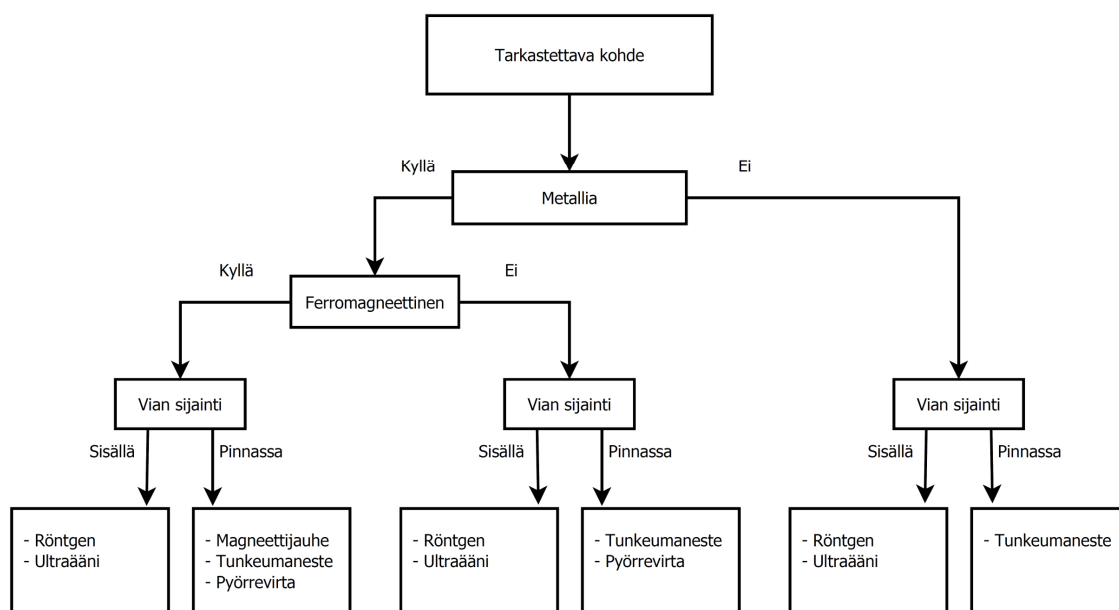


Kuva 10. Guided Wave -tekniikan periaatekuva. (TCR-Arabia LLC. Hakupäivä 13.04.2013)

4 MENETELMÄN VALINTA JA KUSTANNUKSET

4.1 Menetelmän valinnasta

Ennen tarkastuksen suoritusta tarkastettavalle kohteelle on syytä tehdä tarkastusohje. Tarkastusta suoritettaessa tarkastajan tulisi tietää millaisia kriittisiä vikoja kohteessa mahdollisesti on. Tunnetut vikatyypit nopeuttavat tarkastusta huomattavasti. Kuvaan 11 on hahmoteltu peruseriaatteita testausmenetelmän valintaan. Huomaa, että visuaalista tarkastusta ei ole erikseen mainittu. Se tulee aina suorittaa ennen muita menetelmiä.



Kuva 11. Esimerkki NDT-menetelmän valintapuusta, mukailen standardia SFS EN-ISO 12062.

Menetelmää ei voi valita pelkästään oman harkintakyvyn mukaan, vaan monille kohteille on olemassa standardissa määrätty testausmenetelmä sekä hyväksymisrajat. Tuotteen valmistusvaiheessa tehtäviin tarkastuksiin ei välttämättä ole standardissa ohjetta, joten menetelmiä sovelletaan käyttökohteeseen. Tuotteen valmistaja voi itse määrittellä hyväksymisrajat valmistettavalle tuotteelle. Tutkimuksen laadunvarmennuksessa voidaan soveltaa samaa periaatetta, joskin nämä hyväksymisrajat on syytä kirjata ylös.

4.2 Menetelmien kustannuksista

Testausmenetelmää valittaessa on tärkeää tietää myös työhön liittyvät kustannukset. Usein ei ole taloudellisesti kannattavaa tehdä ”liian” kattavaa tarkastusta. Tällä tarkoitetaan sitä, että jokaiselle kohteelle täytyy löytää oikea testausmenetelmä ja tarkastusten

hyväksymisrajat. Oikean menetelmän valinta perustuu kappaleessa olevien mahdollisten vikojen kokoon ja niiden haitallisuuteen. On hyödytöntä käyttää tarkastuksissa uusia ja monimutkaisia menetelmiä, jos perinteinen yksinkertainen ja edullinen menetelmä paljastaa samat viat tai vähintäänkin kriittiset viat tarkastettavasta kohteesta.

Monimutkaisen kappaleen testausmenetelmän valinta ja myös itse käytännön testaus ja tulosten analysointi voi tuntua hankalalta. Teoriassa NDT-menetelmät vaikuttavat yksinkertaisilta, mutta käytännön toteutus on aina oma lukunsa. Tuotteen suunnitteluvaiheessa tulisi myös huomioida ja edesauttaa helppoa ja edullista tarkastusta. Monimutkaisten rakennelmien/tuotteiden suunnittelu ja valmistaminen on kallista, tämä pätee myös näiden kohteiden tarkastuksiin. Monimutkaisen hitsatun rakenteen ultraäänitesta-
us voi olla erittäin vaikea toteuttaa käytännössä, vaikka tiedetäänkin materiaalin aine-
vahvuudet etukäteen.

Aina ei voida miettiä pelkkiä kustannuksia. Tärkeintä ei ole löytää tarkastusmenetelmää, joka olisi edullisin sekä helpoin. Standardi määrittelee monille tarkastuskohteille valmiiksi tarkastusmenetelmän sekä hyväksymisrajat. Tällöin on noudatettava standardin antamia ohjeita, esim. hitsauskokeet. Menetelmien kustannusvertailua on listattu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Menetelmien kustannusarvio. (Manninen 1992, 16)

Menetelmä	Perustamis- kustannukset	Lisälait- teet	Esival- mistelu	Tarkastus	Ammatti- taito	Kokonais- kustannukset
Tunkeumaneste	L	–	M	L	L	L
Magneettijauhe	M	L	L	L-M	L	L
Radiografia	H	L	L	H	H	H
Ultraääni	M	M	L	M	H	M
Pyörrevirta	M	M	L	M	M	M
L = alhainen, M = keskisuuri, H = korkea kustannus						

5 KOKEELLINEN OSIO

5.1 Testimateriaalit

Tutkittavia testikappaleita oli yhteensä 17 kpl. Testikappaleina oli tutkimuskäyttöön soveltuvia hitsattuja levyjä ja viisi putkinäytettä, esimerkkejä kappaleista on kuvissa 12–17. Testikappaleet oli hitsattu käyttäen TIG, MIG/MAG ja puikkohitsausta. Taulukossa 3 on esitetty kaikki kappaleet sekä niihin käytetyt NDT-menetelmät. Tarkastukset suoritettiin noin 22 °C lämpötilassa.

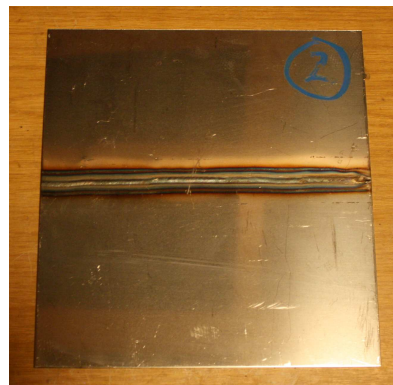
Testikappaleiden kunto ja pinnanlaatu olivat pääosin moitteettomat. Pintakäsittelyinä käytettiin teräsharjaa, kulmahiomakonetta kiillotuslaikalla sekä hiekkapuhallusta. Hiekkapuhalluskalustona toimi 1,5 kW kompressori, jonka säiliön tilavuus oli 50 l. Hiekkapuhalluspistooli sekä suutin olivat suunniteltu pienimuotoisiin korjaustöihin. Puhallushiekkana käytettiin hiekkapuhallushiekkaa, jonka raekoko oli 0,5–1,2 mm.

Taulukko 3. Testikappaleet ja niille tehdyt NDT-testit.

#	NÄYTE	VT	PT	MT	UT	RT
Hitsatut levyt						
1,9,10	Puikkohitsejä V-railoon	x	x			x
2,11,12	TIG-päällehitsejä	x	x	x		x
3	MIG/MAG-hitsi X-railoon	x	x			x
4	MIG/MAG-hitsi V-railoon	x	x			x
5–8	MIG/MAG-päittäishitsejä	x	x	x		
Hitsatut putket						
1,2	Hiiliteräsputket	x	x	x		x
3,4	Ruostumattomat putket	x	x			x
5	Lämmönvaihtimen putki	x	x		x	



Kuva 12. Puikkohitsattu päittäishitsi V-railoon. Huomaa kolme erillistä hitsiä.



Kuva 13. Päällehitsattu TIG-hitsejä.



Kuva 14. MIG/MAG-päittäishitsejä.



Kuva 15. Yleiskuva hiiliteräsputkista 1 ja 2.



Kuva 16. Yleiskuva ruostumattomista putkista 1 ja 2.



Kuva 17. Lämmönvaihtimen putki, pinta kerrostuman peitossa.

5.2 Visuaalinen tarkastus

Hitsattujen levyjen ja putkinäytteiden visuaalinen tarkastelu tehtiin hyvin valaistussa tilassa silmämääräisesti, apuna käytettiin taskulamppua, a-mittaa, työntömittaa, rullamittaa, peiliä, teräsharjaa, kuonapiikkiä ja hiekkapuhallusta. Tarkastettavista kappaleista etsittiin tavallisimpia hitsausvirheitä, kuten huokosia, reunahaavaa, vajaata hitsiä, halkeamia, onteloita, muotovirheitä ja muita virheitä. Visuaalisen tarkastelun havainnot kirjattiin tarkastuskohdeselvitykseen.

5.3 Tunkeumanestetestaus

Kaikkien ei-ferromagneettisten kappaleiden pintamenetelmänä käytettiin värillistä tunkeumanestetestausta. Testaus suoritettiin mukailien standardia SFS-EN 571-1. Testattavien kappaleiden pintoja puhdistettiin epäpuhtauksista käyttäen apuna liuotinta, teräsharjaa, hiekkapuhallusta sekä paineilmaa. Puhdistuksen jälkeen testattavien kappaleiden annettiin rauhassa kuivua ennen tunkeumanesteen levitystä. Tunkeumanesteenä käytettiin Bycotest RP20 (BATCH 377). Tunkeumaneste levitettiin kappaleen pintaan sumuttamalla spray-pullosta, vaikutusaika 20–30 minuuttia. Pesu suoritettiin käyttäen Bycotest C10 (BATCH 1860) puhdistusainetta, pesuainetta ruiskutettiin liinaan, jolla tarkastettavat pinnat huolellisesti pyyhittiin. Tämän jälkeen kappaleisiin levitettiin kehite Bycotest D30 (BATCH 688). Kehite levitettiin sumuttamalla spray-pullosta tasaisesti kappaleiden pintaan, kehitysaika 5–20 minuuttia. Näyttämien tarkastelu aloitettiin välittömästi kehitteen kuivumisen jälkeen ja sitä seurattiin aina 20 minuutin ajan. Kaikenlaiset näyttämät arvosteltiin ja raportoitiin tarkastuspöytäkirjaan.

5.4 Magneettijauhetestaus

Magneettisille materiaaleille valittiin pintamenetelmäksi pääosin magneettijauhetestaus. Testaus suoritettiin sekä värillisenä että fluoresoivana käyttäen ies-magnetointilaitetta Parker Contour Probe B300 AC. Tarkastuksessa mukailtiin yleisohjetta SFS-EN 1290. Ennen kontrastimaalin levitystä kappaleiden pinnat puhdistettiin kaikesta irtonaisista epäpuhtauksista. Valon määrä tarkistettiin ja todettiin riittäväksi. Kontrastiväri Bycotest 104A (BATCH 193) levitettiin hitsin alueelle (10–30 mm perusaineelle molemmin puolin) sumuttamalla spray-pullosta. Kontrastivärin kuivuttua kappale testattiin kahdensuuntaisesti, jotta kaikensuuntaiset indikaatiot nähtäisiin. Magneettijauheeksi valittiin Bycotest 103 (BATCH 1474). Fluoresoivassa menetelmässä magneettijauheena oli By-

cotest 101 (BATCH 1363), tällöin käytettiin ultraviolettivaloa Super Glo Black-Light 100 W. Magneettijauhetta puhallettiin tarpeen vaatiessa, näin edesautettiin nesteen liikkuvuutta kappaleen pinnassa. Kaikenlaiset näyttämät arvosteltiin ja raportoitiin tarkastuspöytäkirjaan.

5.5 Ultraäänitestaus

Varsinaista kulmaluotausta ei näytteille tehty. Lämmönvaihtimen putkelle suoritettiin nollaluotaus käyttäen Panametrics Epoch LT ultraäänilaitetta. Tarkastettava kohde vaati huolellisen puhdistuksen koneellisesti ennen tarkastusta. Tarkastettavan kappaleen pintaan levitettiin väliaine (geeli) jonka jälkeen luotain asetettiin haluttuihin mittapisteisiin putken ulkopinnalla. Testauksen aikana ultraäänilaitteen näyttöä seurataan mahdollisten virhenäyttämien varalta, ja varmat näyttämät tulkittiin. Kaikki tulokset kirjattiin ylös ja tarkastuksesta tehtiin tarkastuspöytäkirja. Nollaluotauksessa arvioitiin lähinnä seinämänpaksuuden muutoksia.

5.6 Radiografia

Hitsattujen levyjen röntgenkuvauksen ja filmien kehityksen suoritti NDT E.Huhta Oy. Tarkastuksissa mukailtiin SFS-EN 1435. Näihin tarkastuksiin valittiin muutamia erilaisia hitsejä, jotta voitiin arvioida röntgenkuvauksen soveltuvuutta eri testikappaleille. Röntgenkuvaus suoritettiin suojatussa kuvaustilassa. Apuvälineenä kuvauksessa käytettiin levykannaketta. Kuvauslaitteena toimi Yxlon Smart 225-röntgenputki, jonka maksimi toimintajännite on 225 kV. Filmien merkki oli Kodak ja ne kehitettiin kehityskoneella. Katselulaitteena toimi Kowolux -merkkinen laite. Kaikenlaiset näyttämät arvosteltiin ja raportoitiin tarkastuskohdeselvitykseen, varsinaista tarkastuspöytäkirjaa ei tehty. Mustumaa filmeistä ei mitattu.

6 TULOKSET

6.1 Hitsatut levyt

Yhdeksästä testikappaleesta tehtiin yhteensä 20 tarkastuspöytäkirjaa, joissa esitetään kaikki havainnot. Nämä löytyvät työn liitteistä 1–9.

6.1.1 Puikkohitsatut levyt

Päittäishitsattujen levyjen ainevahvuus oli 4,0 mm. Materiaalina puikkohitseissä oli ferriittinen ruostumaton teräs (EN 1.4003) ja hitsauslisäaineena austeniittinen 308L-15. Levyissä on vain yksi hitsipalko. Levyt koostuvat useista hitseistä, jotka ovat tarkoituksella erillään toisistaan. Aloitus ja lopetuskohdat risteävät näytteissä. Tarkastuskohdeselvitys ja pöytäkirjat ovat liitteissä 1, 7 ja 8.

Hitsien pinnat olivat hitsauksen jäljiltä hieman kuonaisia (liitteet 1.1, 7.1 ja 8.1). Silmämääräisesti hitsin pinta vaikutti hyvältä pois lukien aloitus- ja lopetuskohtien virheet. Ennen NDT-tarkastuksia pinnat puhdistettiin teräsharjalla, kuonapiikillä ja hiekkapuhaltamalla. Puhdistuksen jälkeen kappaleista paljastui toistuvaa vajaata tunkeumaa, jonka laajuus ei paljastunut ennen puhdistusta. Tunkeumanestetestausta antoi kuonasta runsaasti valenäyttämiä, joka korjautui hiekkapuhalluksella. Varsinaisessa tunkeumanestetarkastuksessa todettiin imuonteloita sekä muita aloitus/lopetuskohdan hitsausvirheitä (liitteet 1.2 ja 7.2). Kappaleelle 1 tehtiin myös röntgenkuvaus mahdollisten sisäisten hitsausvikojen varalta. Röntgenfilmeistä havaittiin muutamia huokosia, selkeä juuren puolen vajaa tunkeuma ja puikon sytytysjälki (liite 1.1).

6.1.2 TIG-päällehitsit

Päällehitsattujen levyjen ainevahvuudet vaihtelivat 1,5–2,0 mm. Materiaaleina oli ferriittisiä ruostumattomia teräksiä (EN 1.4521, AISI 443). Kaikki hitsit olivat lisäaineetomia täyden tunkeuman hitsejä. Aloitus- ja lopetuskohdat sijaitsevat levyjen päissä. Tarkastuskohdeselvitys ja pöytäkirjat ovat liitteissä 2 ja 9.

Silmämääräisesti hitsit olivat erittäin siistejä muodoltaan, hitsien pinnoilla nähtävissä päästövärejä. Muutamissa kohdissa keskellä hitsiä oli havaittavissa kuonalauttoja. Poikkeamia hitseissä oli vain aloitus- ja lopetuskohdissa, imuonteloita kuten liitteissä 9.2 ja 9.3. Hitsien erityisen hyvän laadun vuoksi pintamenetelmänä käytettiin myös fluoresoi-

vaa magneettijauhetausta, jolla on mahdollista havaita hyvin pieniä pintavikoja. Kuonalauttojen arveltiin näkyvän valeindikaatioina PT-testauksessa, mutta näin ei käynyt (liite 9.1). Yhdelle hitseistä tehtiin lisäksi röntgenkuvaus, jotta nähtäisiin mahdolliset sisäiset viat. Röntgentarkastuksessa ei havaittu huokoisuutta tai muita virheitä hitsissä (liite 2.1).

6.1.3 MIG/MAG-päittäishitsit

Levyjen ainevahvuudet vaihtelivat 2,0–4,0 mm. Perusaineet olivat ferriittisiä ruostumattomia teräksiä (EN 1.4003, 1.4016 ja 1.4509), hitsauslisäaineina oli käytetty austeniittista 308LSi ja ferriittisiä lisäaineita 430LNb ja 430Ti. 2,0 mm paksuisissa levyissä oli vain yksi hitsipalko ja 4,0 mm levyissä kaksi palkoa. Ohuet levyt oli päittäishitsattu käyttäen noin 0,5 mm ilmarakoa. Paksummat levyt oli hitsattu V- ja X-railoon. Tarkastuskohdeselvitykset ja pöytäkirjat näistä ovat liitteissä 3–6.

Silmämääräisesti hitsien pinnat olivat melko siistit, kuten liitteissä 5 ja 6. Kaikkien MIG/MAG-hitsien pinnassa oli selkeää hapettumista, joka johtuu mm. suojakaasussa olevasta hapestä ja/tai hiilidioksidista. Hapettuneeseen hitsiin tehtiin kokeellinen tunkeumanestetestaus, jossa selvisi että hapettuma antaa valeindikaation koko hitsin matkalta (liite 6.1). Pinnat puhdistettiin irtoliasta ja osassa levyistä hitsin hapettunut pinta lisäksi puhdistettiin ruostumattomalla teräsharjalla tai kiillotuslaikalla.

Ohutlevyissä palko oli hieman korkea sekä hitsin juuri hieman ylimitoitettu. Paksummissa levyissä hitsit V-railoon olivat siistit, mutta tunkeuma oli paikoin vajaa (liite 4.1). X-railon hitsit muodoltaan toivottavia, tosin muutamassa kohdassa oli havaittavissa vajaa hitsiä ja ylimittaa (liite 3.1). V- ja X-railoihin hitsatut 4,0 mm kappaleet myös röntgenkuvattiin ja näistä havaittiin vajaa hitsi/juuri, korkea kupu ja muutamia huokosia (liitteet 3.1 ja 4.1).

Liitteessä 5.1 testatuissa levyissä ei havaittu säröjä, mutta menetelmän toiminnan esittämiseksi levyille tehtiin taivutustesti. Levyä taivutettiin, kunnes hitsistä kuului halkeilun ääniä. Silmämääräisesti säröjä ei nähty, mutta fluoresoivassa magneettijauhetaustassa säröt näkyivät selkeästi (liitteet 5.1 ja 5.2).

6.2 Hitsatut putket

Viidestä testikappaleesta tehtiin 8 tarkastuspöytäkirjaa, joissa esitetään kaikki havainnot. Nämä löytyvät työn liitteistä 10–12.

6.2.1 Hiiliteräspanputket

Hiiliteräspanputket (170x20mm) olivat hitsattu keskeltä V-railoon käyttäen todennäköisesti puikkohitsausmenetelmää. Putket oli radiografisesti hyväksytysti tarkastettu Inspecta Oy:n toimesta ennen kappaleiden vastaanottoa. Tarkastettavat pinnat olivat melko puhtaat, kuonaa ja muuta epäpuhtauksia löytyi kuitenkin hieman. Putkelle 2 tehtiin hiekkapuhallus ulko- ja sisäpinnalle pinnanlaadun parantamisen vuoksi. Hiekkapuhallus helpotti visuaalista tarkastusta ja kontrastivärin levitystä sekä edesauttoi tarkastuksen luotettavuutta. Tarkastuskohdeselvitys ja pöytäkirjat ovat liitteessä 10.

Molemmille putkille tehtiin visuaalinen tarkastus sekä magneettijauhetestaus (liitteet 10.1 ja 10.2). Putkien silmämääräisessä tarkastuksessa todettiin putkissa olevan mm. vajaata hitsiä pinnasta sekä juuren puolelta, reunahaavaa, jyrkkää liittymää, valumaa sekä roiskeita. Putken 2 juurelle tehtiin lisäksi tunkeumanestetestausta, koska sisäpinnalle ei kyetty tekemään magneettijauhetestausta (liite 10.3). Magneettijauhetaustuksessa ei todettu säröjä, tosin valenäyttymiä havaittiin palkojen välissä (liite 10.1). Tunkeumaneste juuren puolella ei itsessään indikoinut, mutta kehite korosti silmämääräisesti todettuja vikoja. Putki 1 tarkastettiin sisäpuolelta vain visuaalisesti.

6.2.2 Ruostumattomat putket

Putket (170 x 20 mm) olivat myös hitsattu keskeltä V-railoon, käyttäen luultavasti puikkohitsausmenetelmää. Putket oli tarkastettu radiografisesti ennen kappaleiden vastaanottoa, kuten edellä. Tarkastettavat pinnat olivat melko puhtaat. Toiselle putkesta suoritettiin hiekkapuhallus pinnanlaadun parantamiseksi sekä tunkeumanestetarkastuksen viikaindikaatioiden välttämiseksi. Visuaalisen tarkastuksen jälkeen molemmat putket tunkeumanestetarkastettiin. Tarkastuskohdeselvitys ja pöytäkirja ovat liitteessä 11.

Silmämääräisessä tarkastuksessa havaittiin mm. reunahaavaa, roiskeita, vajaata hitsiä, vajaata juurta, muotovikoja sekä jyrkkää liittymää palkojen välillä (liite 11.1). Tunkeumanesteellä ei kuitenkaan todettu näyttymiä (liite 11.2).

6.2.3 Lämmönvaihtimen putki

Hajonnut lämmönvaihtimen putki (AISI 310S) oli toimitettu tutkittavaksi, ja se oli luultavasti kärsinyt korkean lämpötilan korroosioaurioista. Putken pinta oli tasaisen hilsekerroksen peitossa, putken ulkoprofiilissa oli havaittavissa kerrostumaa jota sisäpinnalla ei havaittu. Tarkastuskohdeselvitykset ja testauspöytäkirja ovat liitteessä 12.

Ulkopinnan hilsekerros poistettiin mekaanisesti kiillotuslaikalla. Tämän jälkeen havaittiin putken pituussuuntaisessa hitsissä selvää pistemäistä syöpymää (liite 12.1). Pinta tarkastettiin tunkeumanesteellä (liite 12.2). Tunkeumanesteellä ei kuitenkaan todettu raportoitavia indikaatioita. Johtuen siitä, että tunkeumaneste ei indikoinut, voidaan päätellä että syöpymät ovat laakeita. Lähes kaikki tunkeumaneste peseytyy pois pesun yhteydessä.

Nollaluotauksella kartoitettiin putken seinämänpaksuusprofiilia (liite 12.3). Pistekoemaisessa paksuusmittauksessa ei todettu huomattavaa syöpymistä perusaineessa, vaan mittaustulokset vaihtelivat välillä 5,0–5,3 mm.

7 YHTEENVETO TULOXSISTA

NDT-menetelmien avulla voidaan kartoittaa kaikenlaisia vikoja. Perinteiset menetelmät soveltuivat varsin hyvin tutkimuskäyttöön. Menetelmän valinta tulee perustua visuaaliseen tarkastukseen. Tällä vältetään väärän menetelmän valinta, joka pahimmassa tapauksessa on täysin turhaa työtä.

Visuaalisen tarkastuksen tärkeys korostui työn monessa kohdassa, mutta riittämätön puhdistus voi peittää alleen keskeisiä hitsausvirheitä. Esimerkiksi puikkohitsauksessa kuona peitti alleen useita hitsausvirheitä. Kuonan puhdistus onkin ensiarvoisen tärkeää laadukkaiden testikappaleiden tekemiseen. Visuaalisen tarkastuksen tärkeyttä korosti myös se, että silmin nähty täysin raaka juuri ei indikoinut lainkaan tunkeumanesteellä tai merkittävästi röntgentestauksessa.

Aloitukset ja lopetuskohtien hitsausvirheitä löytyi runsaasti, mutta niillä ei ole kriittistä merkitystä tutkimusnäytteiden valmistuksen kannalta. Radiografialla löydettiin hitsatuista levyistä muutamia huokosia, joita ei muilla menetelmillä löydetty. Nämä voivat aiheuttaa poikkeamia mekaanisessa testauksessa. Huokosia löydettiin melko vähän, joka johtuu siitä että hitsaukset oli tehty laboratoriossa.

Kuonalautat eivät indikoineet tunkeumanestetestauksessa lainkaan, hapettuman kiillotuksella oli suuri vaikutus testitulokseen. Hapettuneen hitsin tunkeumanestetestausta ei ole suotavaa, koska hapettuma värjää koko hitsin punertavaksi ja tulkitseminen vaikeutuu. Hapettuneen hitsin tunkeumanestetestausta tulee tehdä harjattuun tai kiillotettuun pintaan, vaihtoehtoisesti on suositeltavaa käyttää magneettijauhetausta, mikäli perusaine ja hitsi ovat ferromagneettisia.

8 POHDINTA

8.1 NDT-menetelmät vikojen havaitsemisessa

Testausmenetelmää valittaessa on hyvä tietää, millaisia vikoja tarkastettavassa kohteessa mahdollisesti on. Vikojen laatu ja koko vaikuttavat huomattavasti menetelmän valintaan. Jos kohteessa todetaan vikoja pelkästään kappaleen pinnalla, soveltuvat pintatestausmenetelmät siihen hyvin, nämä menetelmät ovat edullisia ja nopeita toteuttaa, joten ne eivät juuri hidasta tutkimustoimintaa. Mikäli kappaleissa arvellaan olevan sisäisiä vikoja, on syytä käyttää menetelmiä joilla nämä voidaan nähdä, kuten ultraääni ja röntgen. Väärän menetelmän valinta voi johtaa siihen, ettei vikaa tarkastettavasta kappaleesta löydy lainkaan. Täten onkin syytä tarkasti miettiä sekä kokeilla eri testausmenetelmiä parhaan mahdollisen lopputuloksen varmistamiseksi. On yleisesti tiedossa että esimerkiksi väsymismurtumiset/säröt lähtevät kappaleen pinnasta, joten tällaisten vikojen etsimiseen riittää pintatarkastusmenetelmät.

Tarkastusmenetelmien valinta perustuu muun muassa standardiin SFS-EN 12062. Standardi käsittelee yleisohjeita metallisille materiaaleille ja esittelee yleisesti hyväksytyt tarkastusmenetelmät päittäis- ja T-liitoksille. Näytteille voidaan käyttää myös toista testausmenetelmää vaikka standardi ei sitä vaatisikaan. Näin tarkastettavasta kappaleesta voidaan saada enemmän tietoa. Eri NDT-menetelmiä yhdistämällä voidaan kattavasti etsiä vikoja materiaalin pinnoilta ja sisältä. Enemmän kuin yhden menetelmän käyttö on usein suotavaa, koska jokaisella menetelmällä on heikkoutensa. Esimerkiksi ultraäänitarkastettu hitsi voi sisältää sopivassa kulmassa olevan vian, joka ei heijasta voimakasta kaikua takaisin luotaimen. Tällainen vika, kuten särö, voi löytyä esimerkiksi koneistetusta pinnasta helposti magneettijauhetestauksella.

Tutkimustyössä tärkein tarkastusmuoto on ehdottomasti silmämääräinen tarkastus. Visuaalisella tarkastuksella voidaan usein päätellä, tarvitseeko kappale muita NDT-testausmenetelmiä. Kouluttaminen visuaaliseen tarkastukseen on ensiarvoisen tärkeää, koska ”koulutettu silmä” löytää puutteita herkemmin kuin asiaan perehtymätön. Ulkonäöltään moitteeton hitsi voi silti sisältää hitsausvirheitä. Tässäkin työssä todettiin muutamia huokosia ulkonäöltään moitteettomissa hitseissä.

Ultraäänitestauksessa löydetty vahvan takaisin kaiun aiheuttanut vikaa on mahdollista tutkia myös röntgenin avulla. Mikäli tarkastaja on epävarma, onko kyseessä esimerkiksi

liitosvika tai kuonaa, voi röntgen auttaa konkretisoimaan vikatyypin. Röntgenkuvauksen hyviin ominaisuuksiin kuuluu selkeä ja kattava läpivalaisu hitsistä ja tallenne. Joissakin tapauksissa ultraäänitarkastusta voidaan käyttää röntgenkuvauksen sijaan, esimerkiksi hankalasti luoksepäästävät kohteet.

8.2 NDT-menetelmien valinnasta tutkimusnäytteille

Kun tutkimustyössä halutaan käyttää apuna NDT-menetelmiä, tulisi jo projektin suunnitteluvaiheessa miettiä, mitkä testausmenetelmät kyseiseen projektiin parhaiten sopivat. Onko esimerkiksi tarkastettavat kappaleet etupäässä hitsejä vai tutkitaanko pelkkää perusainetta? Hitsien sekä valujen tarkastukseen voidaan käyttää olemassa olevia standardeja, jotka määrittelevät testausmenetelmän sekä hyväksymisrajat. Tärkeintä tutkimusnäytteissä lienee laadunvarmistus, eli se että jokainen testattava kappale olisi mahdollisimman virheetön ja vertailukelpoinen. Tutkimustarkoituksessa hitsien aloitus- ja lopetuskohtia ei yleensä oteta huomioon, sillä koekappaleita valmistetaan hitsin tasalaatuiselta osuudelta. Näin ollen myös tarkastelu tulee kohdentaa tälle alueelle. Tässäkin työssä havaittiin lukuisia aloitus- ja lopetuskohtien virheitä, mutta koska nämä eivät vaikuta tutkimusnäytteiden laatuun, ei näillä virheillä ole suurta merkitystä.

Tutkimusnäytteiden valmistus ja valinta perustuu pääsääntöisesti silmämääräiseen tarkastukseen. Näytteitä ei valmisteta tai ei ainakaan tulisi valmistaa kohdista missä havaitaan tavallisimpia hitsausvirheitä, kuten reunahaavaa, vajaata tunkeumaa, liitos- tai sovituskvikaa. Hitsatussa näytteessä, jonka pinnassa on vielä kuonaa tai muuta epäpuhtautta voi olla piilossa pintavikoja. Kuona voi esimerkiksi täyttää vajaan hitsin tai peittää alleen reunahaavan, kuten nähtiin testatuissa kappaleissa. Mikäli hitseille ei tehdä visuaalisen tarkastuksen lisäksi mitään muita NDT-testauksia, tulee hitsin sekä hitsin ympäristö puhdistaa hyvin, jotta näytteet tehtäisiin aina mahdollisimman virheettömiltä alueilta.

Toisinaan hitsattujen kappaleiden kuvut hiotaan tai jyrsitään pois ennen esim. mekaanista testausta. Tällöin hitsauksen jälkeinen puhdistus ei ole niin tärkeää, mutta sisäiset viat kuten nyt löydetty huokoset voivat silti aiheuttaa poikkeamia esimerkiksi vetokokeessa tai muussa mekaanisessa testauksessa.

LÄHTEET

- AcousticEye n.d. Dolphin G3™ method. Kuvatiedosto. Hakupäivä 13.04.2013.
<<http://www.acousticeye.com/shared-images/dolphin-3G.jpg>>
- Babcock & Wilcox Co. 2001. Babcock & Wilcox Power Generation Group. Condition Assessment Services. FST-GAGE® Allows Rapid Assessment of Boiler Tubes. Hakupäivä 13.04.2013. <<http://www.babcock.com/library/pdf/ps-368.pdf>>
- Deutsch, Volker 2000. History of NDT-instrumentation. Karl Deutsch. Prüf-und Meßgerätebau GmbH & Co.KG Wuppertal. Hakupäivä 14.4.2013.
<<http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn378/idn378.htm>>
- Härkölä, Jukka & Toivonen, Juha 1998. Ultraäänitestaus 1- ja 2-tasolle. Opetusmoniste. AEL NDT-tekniikka, Helsinki.
- International Inspection Centre W.L.L n.d. Guided ultrasonic testing. Kuvatiedosto. Hakupäivä 13.04.2013.
<http://www.intrexkw.com/Guided_Ultrasonic_Testing.html>
- Järviö, Jorma & Piispa, Taina & Parantainen, Timo & Åström, Thomas 2007. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja no 10. 4. painos. KP-Media Oy. Helsinki.
- Laiche, Erika C 2011. Evaluation and characterization of the AcousticEye technology. Southwest Research Institute. San Antonio. Texas. Hakupäivä 13.04.2013.
<<http://www.acousticeye.com/Assets/acousticeye%20evaluation%20southwest%20research%20institute%20report.pdf>>
- Leinio, Aulis n.d. Röntgensäteilystä. Opetusmoniste. Säteilysuojelu teollisuusradiografiassa 1999. AEL NDT-tekniikka. Helsinki.
- Manninen, Pekka 1992. Pyörrevirtatarkastus pinta- ja paikallistarkastusmenetelmänä. Opetusmoniste. AEL Metalli- ja koneosasto. Vantaa.
- Mikkonen, Henry 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. KP-Media Oy. Helsinki.
- NDE Associates. Inc n.d. Phased Array Ultrasonic Testing (PAUT). Phased Array Technology. Kuvatiedosto. Hakupäivä 13.04.2013.
<http://www.nde.com/phased_array_technology.htm>
- Olympus n.d. OmniScan MX PA specifications. Kuvatiedosto. Hakupäivä 13.04.2013.
<<http://www.olympus-ims.com/en/omniscan-pa/>>
- Pasonen, Markku & Hakkarainen, Toni 2006. Kaukolämpöjen elinikä ja NDT. VTT Working Papers 53. Espoo. Hakupäivä 13.04.2013.
<<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W53.pdf>>
- Ritter, J 1996. Universal Phased Array UT Probe for Nondestructive Examinations using Composite Crystal Technology. NDTnet. vol. 1 no 12.
- Saariaho, Pekka 1995. Pyörrevirtatarkastus I ja II. Opetusmoniste. AEL NDT-tekniikka. Helsinki.
- SFS-EN 970 1999. Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Sulahitsausliitosten silmämääräinen tarkastus. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki.
- SPI Matrix Ltd. Guided Wave Testing GUL. Hakupäivä 16.5.2013. <<http://www.spindt.com/guided-wave-testing.php>>
- TCR-Arabia LLC n.d. Long Range Guided Wave Ultrasonic Technique (LRGUT) in Saudi Arabia. Kuvatiedosto. Hakupäivä 13.04.2013. <<http://www.tcr-arabia.com/ndt/Long-Range-Guided-Wave-Ultrasonic-Testing-LRGWUT-saudi-arabia.shtml>>
- Tikkinen, Jaakko. Säteilysuojelu teollisuusradiografiassa. Opetusmoniste. Säteilysuojelu teollisuusradiografiassa 1999. AEL NDT-tekniikka. Helsinki.
- Toivonen, Juha. Tunkeumanestetarkastus 1- ja 2-tasolle. Opetusmoniste. AEL NDT-tekniikka. Helsinki.
- Ukkonen, Pentti 1991. Radiografinen tarkastus. 1.painos. Helsinki: Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y.

- Ukkonen, Pentti & Pasonen, Markku & Packalén, Tapani 2006. NDT-testaajien päte-
vöimistöiminta. Inspecta sertifiointi.
- Vidisco n.d. BlazeXPro portable digital X-ray system. Hakupäivä 13.04.2013.
<<http://www.vidisco.com/BlazeXPro.asp>>
- Wikipedia Commons n.d. Phased array weld. Kuvatiedosto. Hakupäivä 13.04.2013.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/Phased_array_weld.jpg>
- Zuuk inspection, 2011. History of NDT inspection. Hakupäivä 15.4.2013.
<<http://www.zuukinspection.com/ndtnde/history-of-non-destructive-testing/>>
- Åström, Thomas n.d. NDT-tarkastuskäsikirja. Magneettijauhetarkastus. Opetusmoniste.
Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys r.y. Helsinki.
- Åström, Thomas 1990. Pintamenetelmien kehitysnäkymät hitsausliitosten tarkastukses-
sa. Hitsaustekniikka 3/90.

LIITTEET

- Liite 1.1 Hitsattu levy no 1, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 1.2 Hitsattu levy no 1, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 2.1 Hitsattu levy no 2, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 2.2 Hitsattu levy no 2, magneettijauhetarkastuspöytäkirja
- Liite 3.1 Hitsattu levy no 3, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 3.2 Hitsattu levy no 3, magneettijauhetarkastuspöytäkirja
- Liite 4.1 Hitsattu levy no 4, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 4.2 Hitsattu levy no 4, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 5.1 Hitsatut levyt no 5 ja 6, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 5.2 Hitsatut levyt no 5 ja 6, magneettijauhetarkastuspöytäkirja
- Liite 6.1 Hitsatut levyt no 7 ja 8, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 6.2 Hitsattu levy no 7, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 6.3 Hitsattu levy no 8, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 7.1 Hitsattu levy no 9, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 7.2 Hitsattu levy no 9, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 8.1 Hitsattu levy no 10, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 8.2 Hitsattu levy no 10, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 9.1 Hitsatut levyt no 11 ja 12, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 9.2 Hitsattu levy no 11, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 9.3 Hitsattu levy no 12, magneettijauhetarkastuspöytäkirja
- Liite 10.1 Hiiliteräspuutket, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 10.2 Hiiliteräspuutket, magneettijauhetarkastuspöytäkirja
- Liite 10.3 Hiiliteräspuutket, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 11.1 Ruostumattomat puutket, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 11.2 Ruostumattomat puutket, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 12.1 Lämmönvaihtimen putki, tarkastuskohdeselvitys
- Liite 12.2 Lämmönvaihtimen putki, tunkeumanestetarkastuspöytäkirja
- Liite 12.3 Lämmönvaihtimen putki, paksuusmittauspöytäkirja

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-017 Sivun 1/3

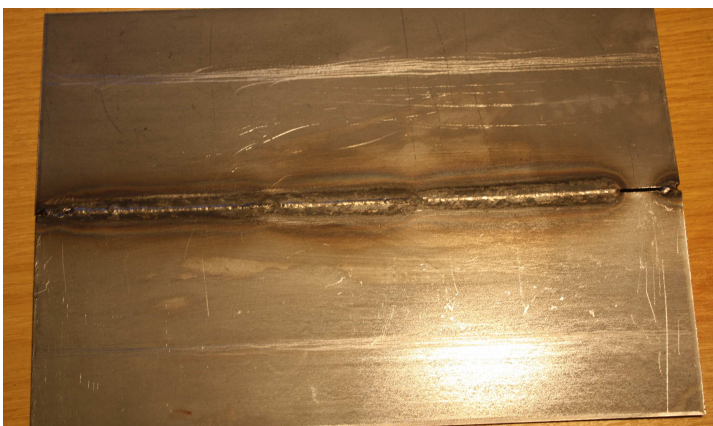
Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 1		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT, RT		

Levy 1 oli hitsattu puikkohitsausmenetelmällä V-railoon. Tarkastettavassa levyssä oli kolme eri hitsiä, joten aloitus/lopetuskohtia oli myös levyn keskivaiheilla. Levylle tehtiin visuaalinen tarkastus, tunkeumanestetestausta ennen ja hiekkapuhalluksen jälkeen, sekä röntgenkuvaus.

Visuaalisessa tarkastuksessa todettiin hitsin onnistuneen hyvin. Aloitus ja lopetuskohdissa vajaata hitsiä . sekä imuontelo. Tunkeumanestetarkastuksessa todettiin lopetuskohdan imuontelo (PTK-016). Röntgenkuvauksella havaittiin vajaa juuri, imuontelo, aloitus- ja lopetuskohdat sekä raapaisu jälki.



Kuva 1. Yleiskuva levystä 1



Kuva 2. Juuren puoli

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

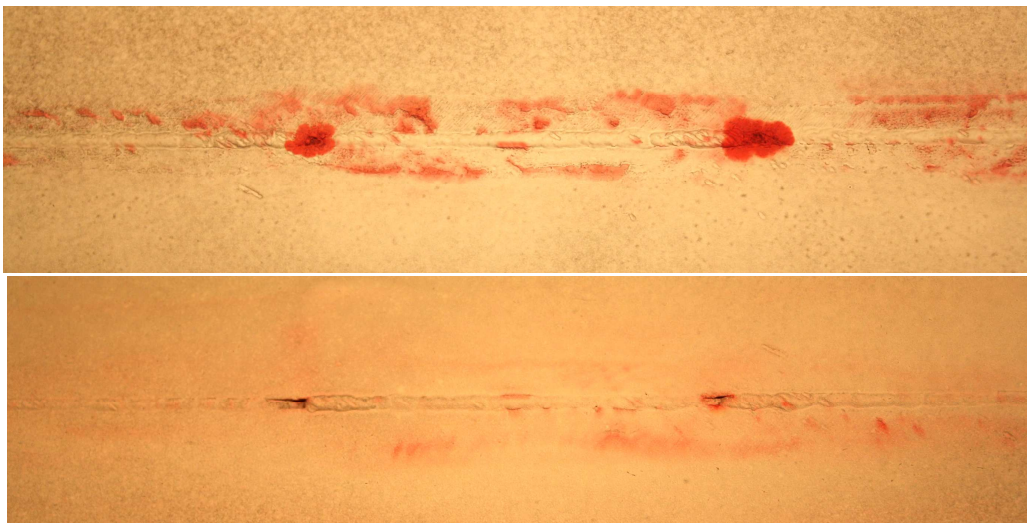
TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-017 Sivun 2/3

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 1		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT, RT		



Kuva 3. PT-tarkastus ennen hiekkapuhallusta (yllä) ja hiekkapuhalluksen jälkeen (alla).



Kuva 4. Juuren puoli ennen hiekkapuhallusta (yllä) ja sen jälkeen (alla)

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 9.5.2013

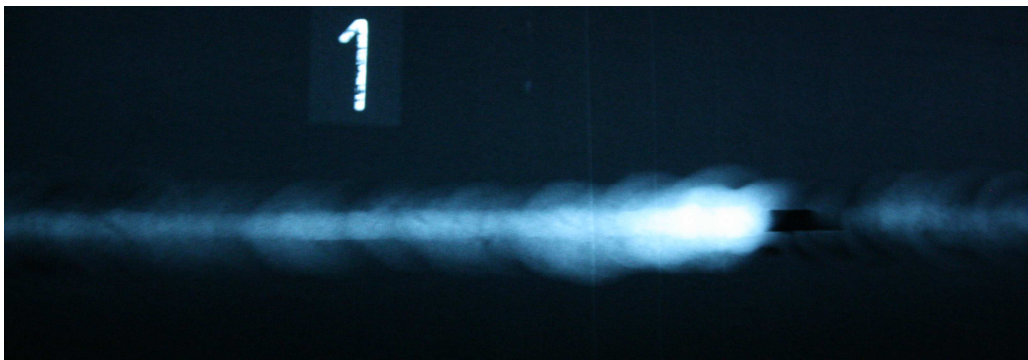
Nimi

Santeri Anttila

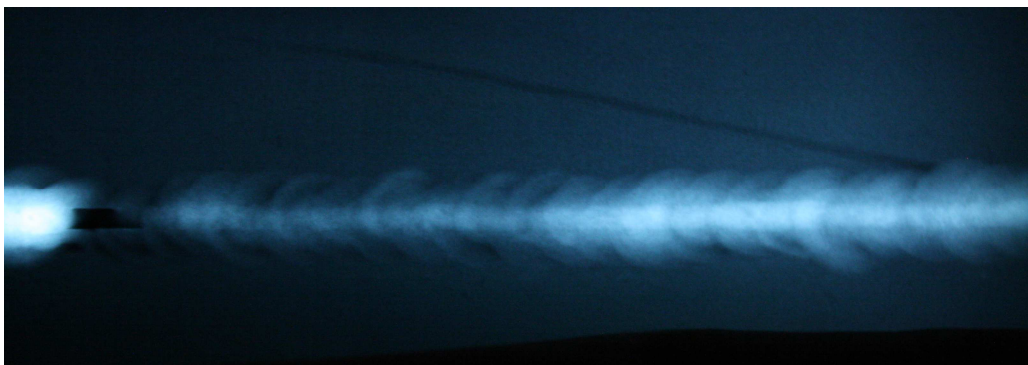
TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-017 Sivun 3/3

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 1		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT, RT		



Kuva 5. RT-tarkastus havaitsi vajaan juuren sekä hitsien alku- ja loppukohtat.



Kuva 6. RT-tarkastuksessa havaittiin myös puikon raapaisujälki

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-016

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 27.04.2013
Kohde: Hitsattu levy 1	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro Levy 1	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, EN 1.4003, paksuus 4,0 mm	Pinnan laatu: Hiekkapuhallettu
Valmistusvaihe: Hitsattu, lisäaine 308L-15	Lämpökäsittelytila: Ei
Puhdistusmenetelmä: Hiekkapuhallus	Tarkastuslämpötila: 22 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: Ei
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Tarkastettiin hitsattu levy 1. Tunkeumanestetarkastuksessa todettiin hitsin lopetuskohdan imuontelo. Näytteiden valmistuksessa huomiota ei kiinnitetä aloitus/lopetuskohtiin. Levy koostui kolmesta eri hitsistä, joten aloitus/lopetuskohtia on myös keskellä levyä.</p>	
	
Kuva 1. Yleiskuva levystä, hitsit numeroitu	Kuva 2. Lopetuskohdan imuontelo

Huom!

Paikka & Pvm.

9.5.2013

Tarkastaja

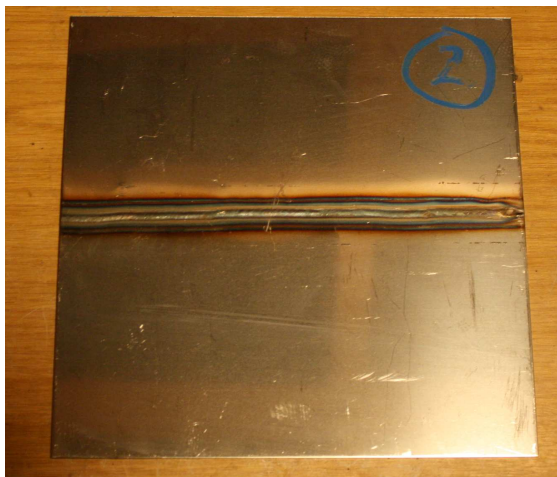
Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

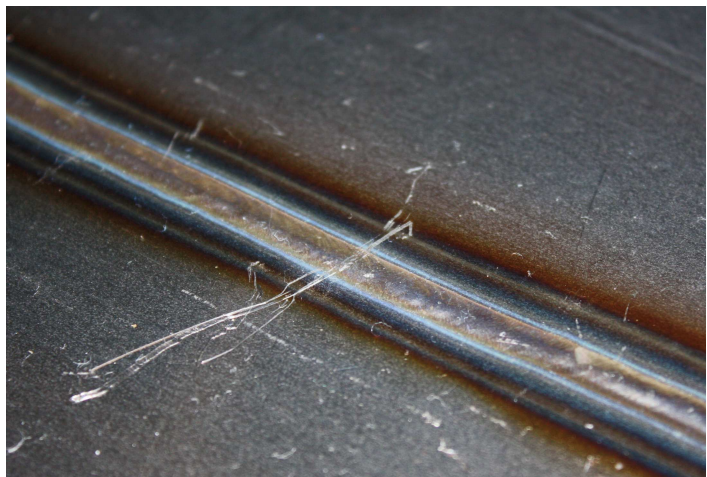
PTK-027

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 5.5.2013
Kohde: Hitsattu levy 2		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, MT, RT		

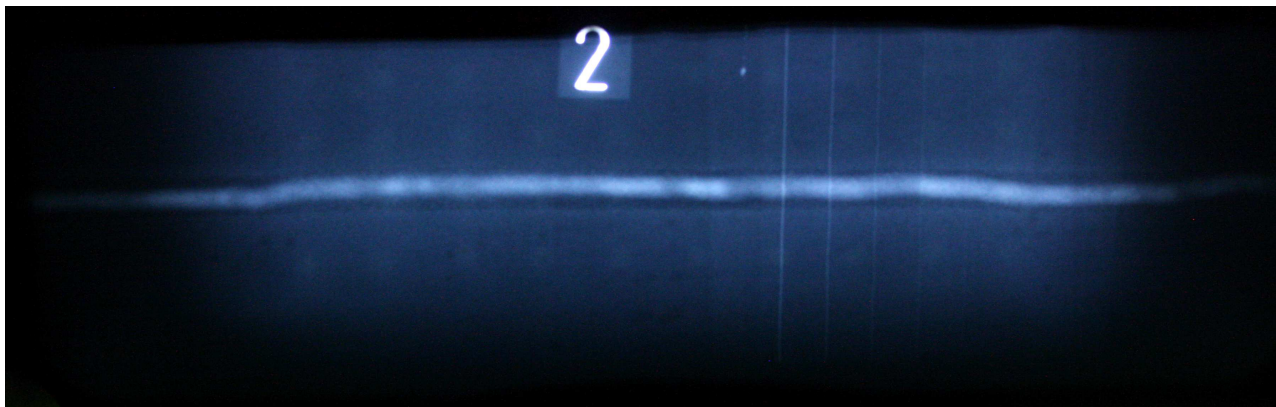
Tarkastettiin TIG-hitsattu levy 2. Levyn visuaalisessa tarkastuksessa ei todettu hitsausvirheitä. Levyn magneettijauhetaikastuksessa ei todettu indikaatioita (PTK-024). Röntgenkuvauksessa ei todettu sisäisiä vikoja materiaalissa, kts. kuva 3.



Kuva 1. Yleiskuva levystä



Kuva 2. Lähikuva hitsin pinnasta (naarmu)



Kuva 3. Hitsin RT-testausta, ei havaittuja huokosia tai muita hitsausvirheitä.

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 10.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

MAGNEETTIJAUHETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-024

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 5.5.2013
Kohde: Hitsattu levy 2	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10 mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro -	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, EN 1.4521, paksuus 2,0 mm	Pinnan laatu: Hitsattu
Valmistusvaihe: Hitsattu	Lämpökäsittelytila: -
Puhdistusmenetelmä: Liutinpesu	Peittoväri: -
Magnetointimenetelmä: IES CONTOUR PROBE	Magneettijauhe: BYCOTEST 101 BATCH 1363
Magneettivuon suunta: VASTAKKAISET	Magneettijauheen levitys: SPRAY
Magnetointiarvot: 220V / 4,5 KG AC OHJE SFS-EN 1290	Jäännösmagnetismin poisto: EI
Valaistuksen laatu: UV-valo, SUPER GLO BLACK-LIGHT 100 W	Jälkipuhdistusmenetelmä: EI
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 1290, SFS-EN 1291	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
Tarkastettiin levy 2 fluoresoivalla menetelmällä. Testauksessa ei todettu näyttäviä hitsin alueella.	
	
Kuva 1. Yleiskuva testistä	Kuva 2. Testaus UV-valossa

Paikka & Pvm.

Kemi 7.5.2013

Tarkastaja

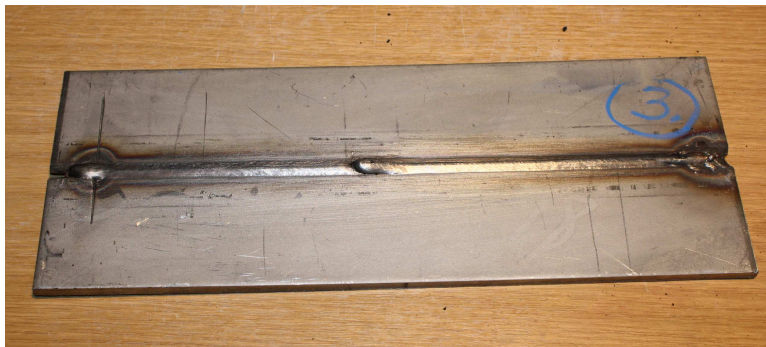
Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

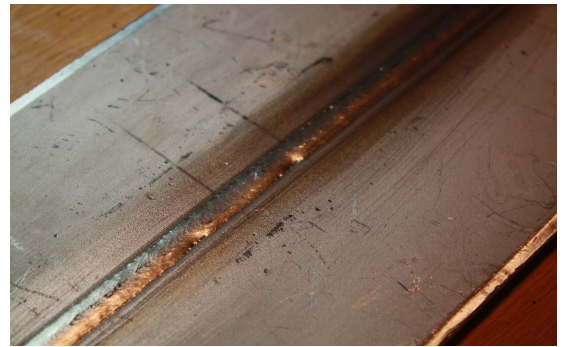
PTK-014 Sivun 1/2

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 3		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT, RT		

Hitsattu levy 3 oli hitsattu MIG/MAG menetelmällä X-railoon. Levy harjattiin teräsharjalla ennen tarkastusta. Visuaalisessa tarkastuksessa todettiin vajaata hitsiä molemmin puolin sekä ylisuuri kupu keskellä hitsiä. PT-tarkastuksessa ylisuuren kuvun valuma (alapinta) antoi selkeän näyttämän. RT-tarkastuksessa todettiin: korkea kupu, vajaata hitsiä (erityisesti aloitus/lopetuskohdissa) ja huokonen.



Kuva 1. Yleiskuva levyä 3



Kuva 2. Vajaata hitsiä



Kuva 3. Ylisuuri kupu antaa vaalean näyttämän RT-filmissä

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 9.5.2013

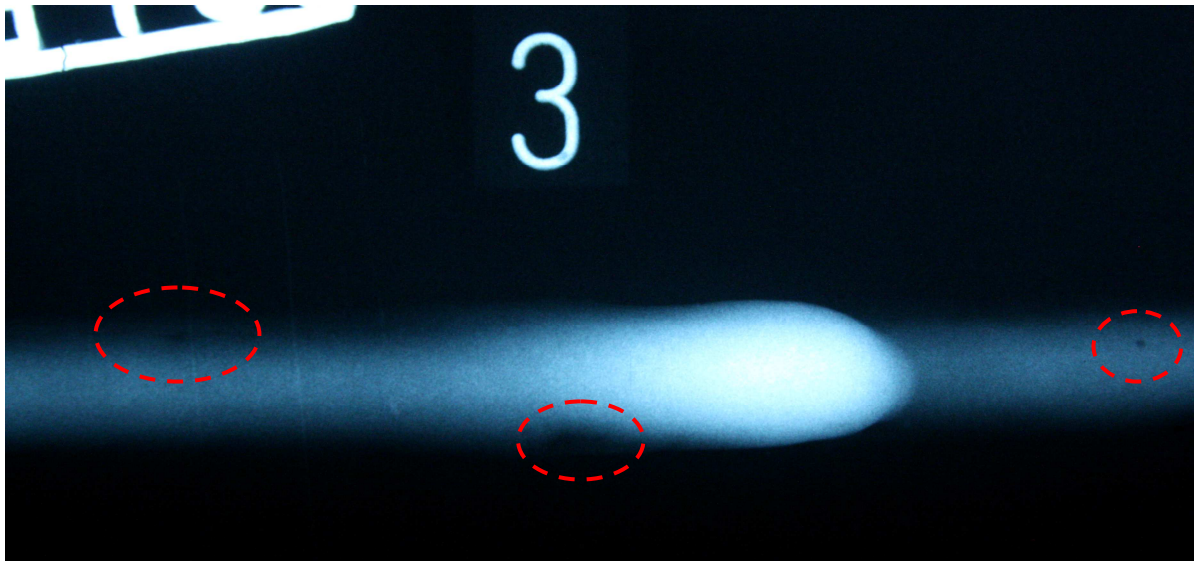
Nimi

Santeri Anttila

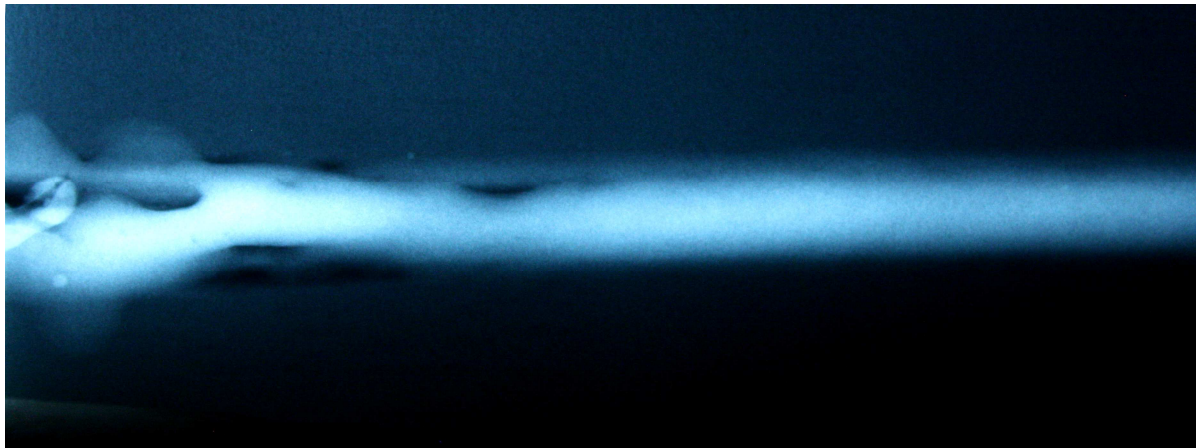
TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-014 Sivun 2/2

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 3		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT, RT		



Kuva 4. Tarkempi kuva hitsistä, huomaa huokonen sekä vajaa hitsi



Kuva 5. Aloituskohdan erinäisiä hitsausvirheitä, mm. vajaata hitsiä ja reunahaavaa

Huomautukset:

Paikka & Pvm.


Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-013

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 3	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10 mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro Levy 3	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, EN 1.4003, paksuus 6,0 mm	Pinnan laatu: Harjattu
Valmistusvaihe: Hitsattu, lisäaine 308LSi	Lämpökäsittelytila: -
Puhdistusmenetelmä: TERÄSHARJA	Tarkastuslämpötila: 22 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: EI
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Tunkeumanestetarkastettiin hitsattu levy 3. Tarkastus tehtiin levyn molemmin puolin. Tarkastuksessa todettiin kappaleessa vajaata hitsiä, sekä liian suurta kupua. Ylisuuri kupu valunut. Aloitus ja lopetuskohtien näyttämät eivät ole kriittisiä.</p>	
	
Kuva 1. Yleiskuva levystä 3	Kuva 2. Ylisuuri kupu, valuma

Huom!

Paikka & Pvm.

Kemi 9.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

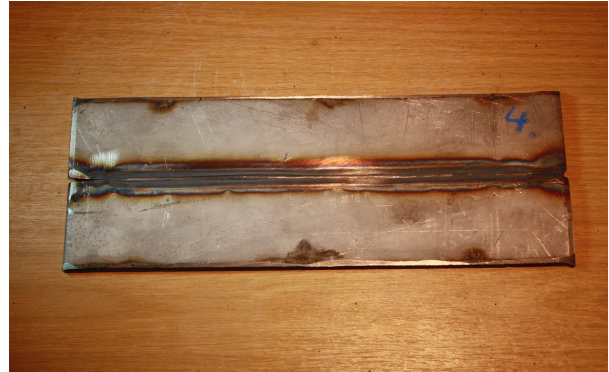
PTK-015 Sivun 1/2

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 4		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT, RT		

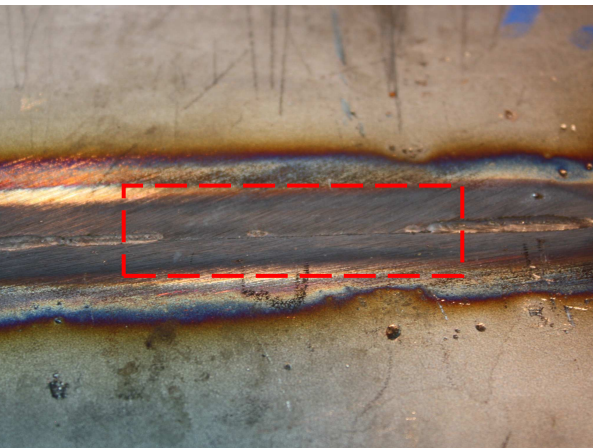
Hitsattu levy 4 oli hitsattu MIG/MAG menetelmällä V-railoon. Tarkastusmenetelmiksi valittiin VT, PT ja RT. Ennen tarkastusta levyn pinta konekiillotettiin hitsin hapettuman vuoksi. Visuaalisessa tarkastuksessa todettiin levyn juuressa vajaata tunkeumaa. Juuri paikoin täysin raaka. Tunkeumanestetarkastus ei yllättäen indikoinut raakaa juurta. Väri indikoi ainostaan lopetuskohdan imuontelon. (PTK-012) Röntgentarkastuksessa havaittiin kaksi huokosta kts. kuva 6. Vajaa juuri ei näy selvästi filmeissä.



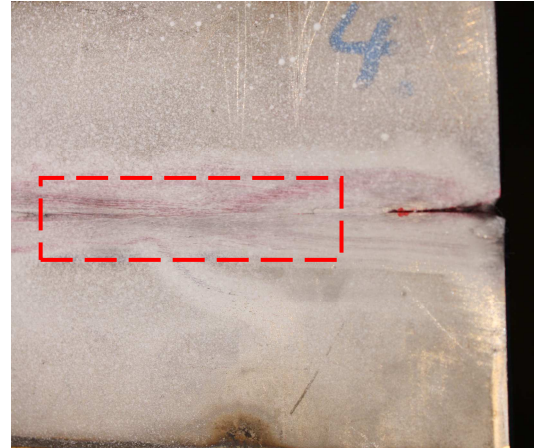
Kuva 1. Yleiskuva levystä 4



Kuva 2. Juuren puoli levystä 4.



Kuva 3. Vajaa tunkeuma



Kuva 4. Vajaa tunkeuma ei indikoi PT-tarkastuksessa

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

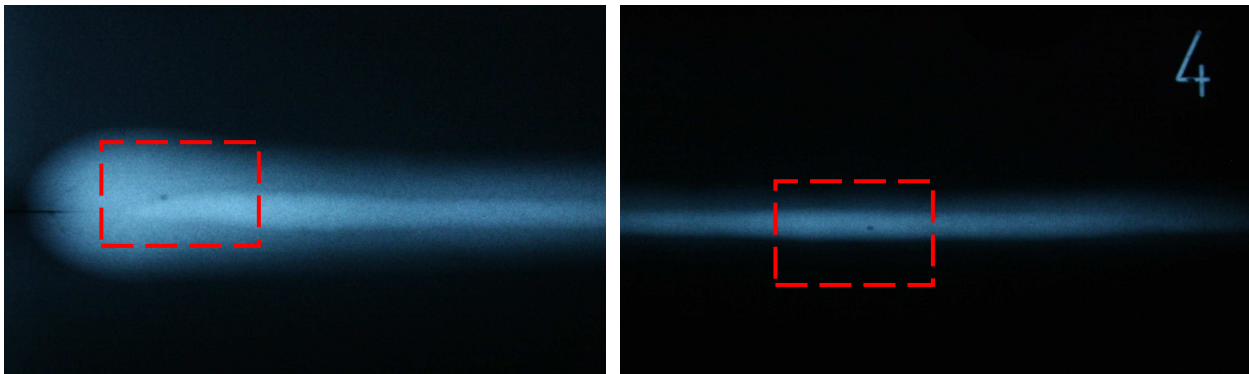
TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-015 Sivun 2/2

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 4		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT, RT		



Kuva 5. RT-testaus levyille 4.



Kuva 6. Lähikuva huokosista.

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-012

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 4	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10 mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro Levy 4	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, EN 1.4003, paksuus 6,0 mm	Pinnan laatu: Kiillotettu
Valmistusvaihe: Hitsattu, lisäaine 308LSi	Lämpökäsittelytila: -
Puhdistusmenetelmä: Konekiillotus	Tarkastuslämpötila: 22 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: EI
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Tunkeumanestetarkastettiin hitsattu levy no 4. Tarkastus tehtiin levyn molemmin puolin, myös hitsin juurelle. Hitsin lopetuksessa todettiin pieni hitsin imuontelo ns. paippi. Aloitus ja lopetuskohtien virheet eivät ole näytteiden valmistuksessa oleellisia. Vain keskialueen hitsausvirheet ovat kriittisiä.</p>	
	
Kuva 1. Yleiskuva levystä 4	Kuva 2. Lopetuskohdan imuontelo

Huom!

Paikka & Pvm.

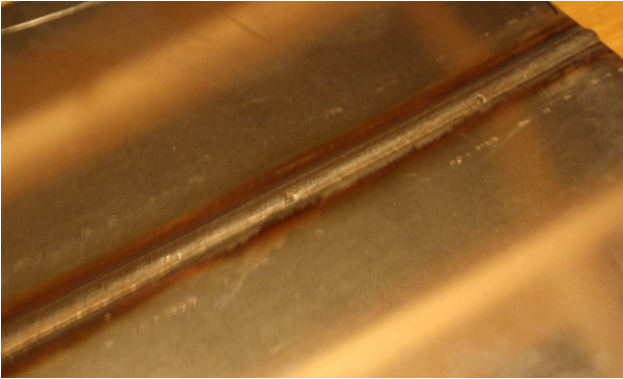
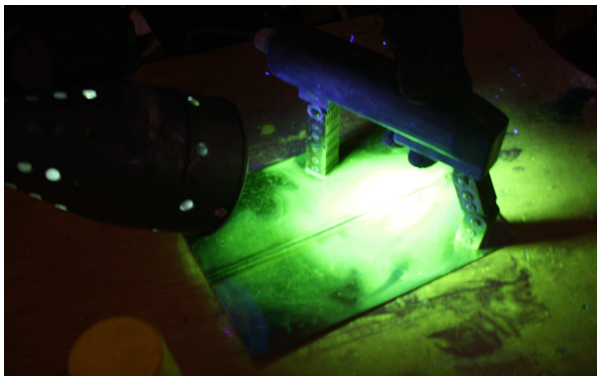
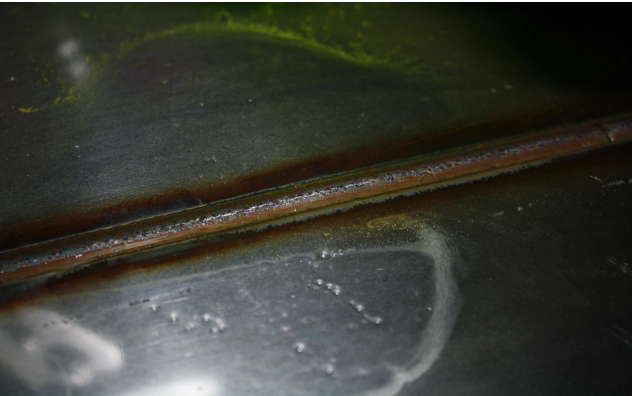
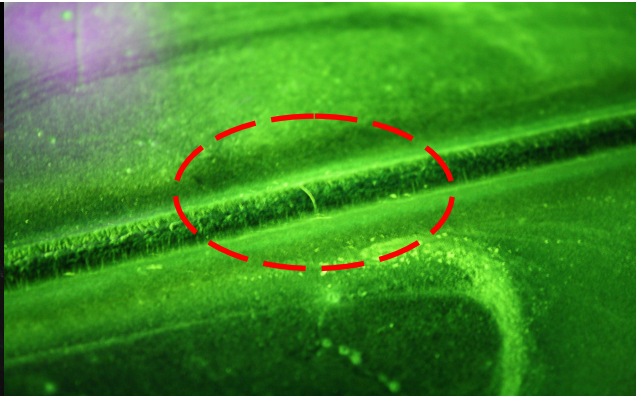
Kemi 9.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-028

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 9.5.2013
Kohde: Hitsatut levyt 5 ja 6		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, MT		
<p>Tarkastettiin levyt 5 ja 6. Levyt on hitsattu käyttäen MIG/MAG menetelmää. Levyille suoritettiin visuaalisen tarkastuksen lisäksi magneettijauhetaikastus (PTK-026).</p> <p>Visuaalisessa tarkastuksessa molemmissa levyissä havaittiin selkeää hapettumista hitsin pinnassa. Levyjen hitseissä ei todettu hitsausvirheitä, joskin juuri oli melko runsas.</p> <p>Magneettijauhetaikastuksessa levyjen pinnat eivät indikoineet säröjä. Säröjen havaitsemiseksi levyjä taivutettiin hieman ruuvipenkissä, kunnes kuului halkeiluääniä. Taivutuksessa syntyneet säröt havaittiin helposti MT-menetelmällä, vaikka silmämääräisesti niitä ei nähty.</p>		
		
Kuva 1. Levyn 6 yleiskuva	Kuva 2. Levyn 6 MT-testaus	
		
Kuva 3. Levy 5 taivutuksen jälkeen. MT-menetelmällä havaittiin säröt, joita ei silmin näkynyt.		

Huomautukset:

Paikka & Pvm.


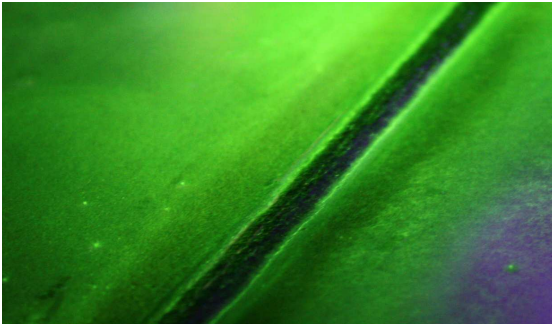
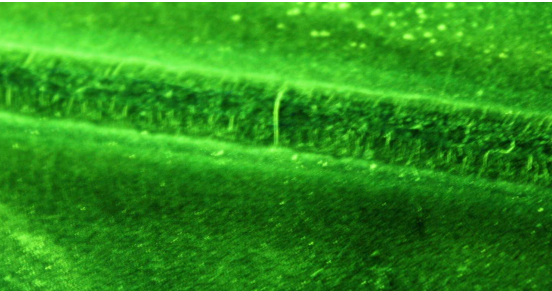
Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

MAGNEETTIJAUHETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-026

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 5.5.2013
Kohde: Hitsatut levyt 5 ja 6	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10 mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro -	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, EN 1.4016, paksuus 2,0 mm	Pinnan laatu: Hitsattu
Valmistusvaihe: Hitsattu, lisäaine 430Ti	Lämpökäsittelytila: -
Puhdistusmenetelmä: Liutinpesu	Peittoväri: -
Magnetointimenetelmä: IES CONTOUR PROBE	Magneettijauhe: BYCOTEST 101 BATCH 1363
Magneettivuon suunta: VASTAKKAISET	Magneettijauheen levitys: SPRAY
Magnetointiarvot: 220V / 4,5 KG AC OHJE SFS-EN 1290	Jäännösmagnetismin poisto: EI
Valaistuksen laatu: UV-valo, SUPER GLO BLACK-LIGHT 100 W	Jälkipuhdistusmenetelmä: EI
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 1290, SFS-EN 1291	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Tarkastettiin levyt 5 ja 6 fluoresoivalla menetelmällä. Testauksessa ei todettu näyttäviä hitsin keskialueella. Taivutuskokeen jälkeen levyissä todettiin säröjä.</p>	
	
<p>Kuva 1. Yleiskuva testauksesta</p>	<p>Kuva 2. Testaus ennen taivutusta, ei indikaatioita</p>
	
	<p>Kuva 3. Testaus taivutuskokeen jälkeen, särö</p>

Paikka & Pvm.



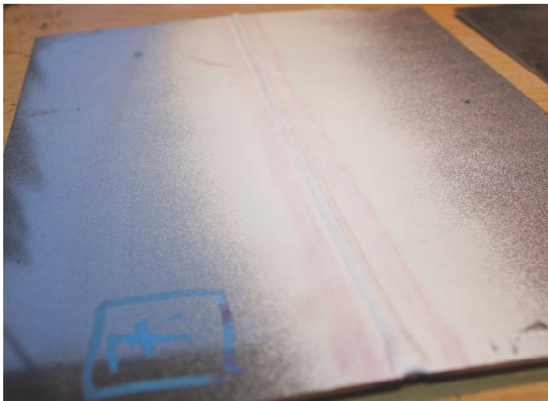

Kemi 5.5.2013

Tarkastaja

 Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-011

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsatut levyt 7 ja 8		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT		
<p>Tarkastettiin levyt 7 ja 8. Levyt on hitsattu käyttäen MIG/MAG menetelmää. Levyille suoritettiin visuaalisen tarkastuksen lisäksi tunkeumanestetarkastus (PTK-009, PTK-010).</p> <p>Visuaalisessa tarkastuksessa molemmissa levyissä havaittiin selkeää hapettumista hitsin pinnassa. Levyn 7 hitsi konekiillotettiin ja levyn 8 hitsi puhdistettiin vain liuottimella. Levyjen hitseissä ei todettu hitsausvirheitä.</p> <p>Tunkeumanestetarkastuksessa levyn 7 pinta ei indikoi, levyn 8 hapettuma antaa tasaisen näyttämän hitsin pintaan. Voidaan todeta, että hapettuma antaa niin sanotun valenäyttämän.</p>		
		
Kuva 1. Levyn 7 kiillotettu hitsi	Kuva 2. Levyn 8, hapettunut hitsi	
		
Kuva 3. Levy 7	Kuva 4. Levy 8, hapettuma aiheuttaa tasaisen näyttämän	

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-009

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 27.04.2013
Kohde: Hitsattu levy 7	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro Levy 7	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, EN 1.4509, paksuus 2,0 mm	Pinnan laatu: Konekiillotus
Valmistusvaihe: Hitsattu, lisäaine 308LSi	Lämpökäsittelytila: Ei
Puhdistusmenetelmä: Konekiillotus	Tarkastuslämpötila: 22 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: Ei
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Suoritettiin tunkeumanestetarkastus hitsatulle levyille 7. Hitsin pinta konekiillotettiin valeindikaatioiden välttämiseksi.</p> <p>Tarkastuksessa ei raportoitavia indikaatioita.</p>	
	
Kuva 1. Yleiskuva levystä 7	Kuva 2. Ei raportoitavia indikaatioita

Huom!

Paikka & Pvm.



Kemi 9.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-010

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 27.04.2013
Kohde: Hitsattu levy 8	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro Levy 8	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, EN 1.4509, paksuus 2,0 mm	Pinnan laatu: Hitsattu
Valmistusvaihe: Hitsattu, lisäaine 430Ti	Lämpökäsittelytila: Ei
Puhdistusmenetelmä: Teräsharja	Tarkastuslämpötila: 22 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: Ei
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Suoritettiin tunkeumanestetarkastus hitsatulle levyllä 8. Hitsin pinnassa hapettumista. Hapettuma jättää tasaisen näyttämän hitsin päälle. Vertailussa levyyn 7. näyttämä poistuu, kun hapettuma hiotaan mekaanisesti.</p>	
	
Kuva 1. Yleiskuva levyistä 8	Kuva 2. Näyttämä johtuen hapettumasta

Huom!

Paikka & Pvm.

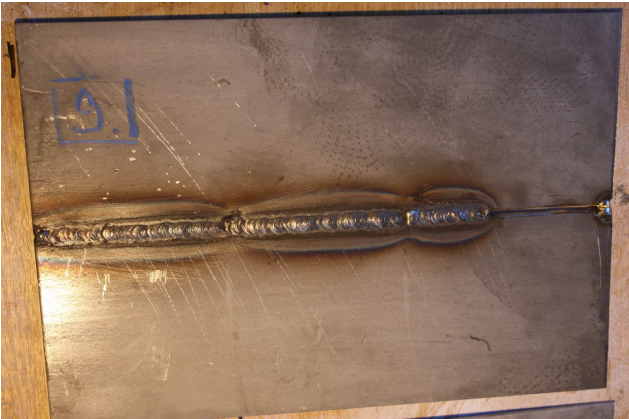
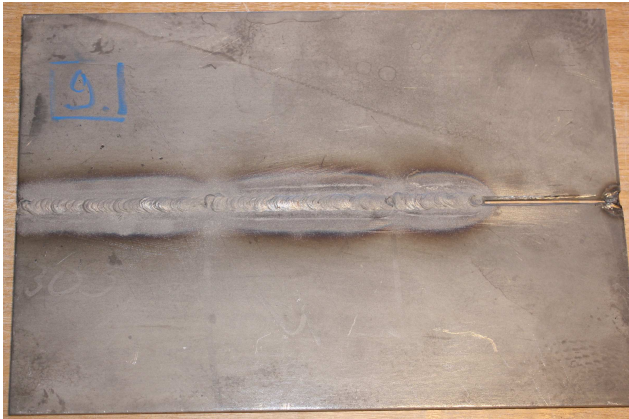

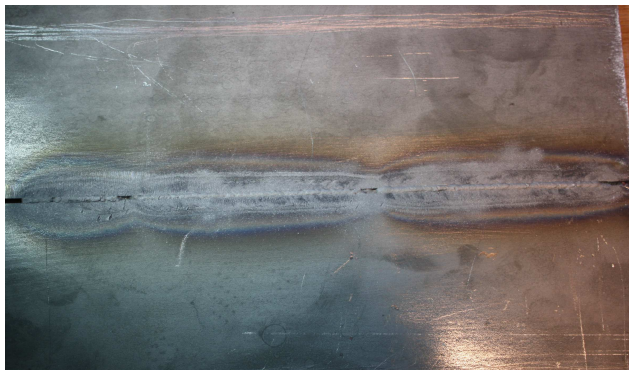
Kemi 9.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-021

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 9		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT		
<p>Tarkastettiin hitsattu levy 9. Levy oli hitsattu V-railoon puikkohitsausmenetelmällä. Tarkastusmenetelmiksi valittiin visuaalisen tarkastuksen lisäksi tunkeumanestetarkastus. Ennen tarkastuksia hitsille tehtiin hiekkapuhallus pinnanlaadun parantamiseksi.</p> <p>Visuaalisessa tarkastuksessa todettiin hitsien aloitus/lopetuskohdissa vajaata hitsiä, vajaata tunkeumaa sekä imuontelo.</p> <p>Tunkeumanestetarkastuksessa todettiin lopetuskohdan imuontelo (PTK-018).</p>		
		
Kuva 1. Yleiskuva levystä ennen hiekkapuhallusta	Kuva 2. Levy hiekkapuhalluksen jälkeen	
		
Kuva 3. Hitsin juuri ennen hiekkapuhallusta	Kuva 4. Hitsin juuri hiekkapuhalluksen jälkeen	

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-018

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 27.04.2013
Kohde: Hitsattu levy 9	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro Levy 9	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, EN 1.4003, paksuus 4,0 mm	Pinnan laatu: Hiekkapuhallettu
Valmistusvaihe: Hitsattu, lisäaine 308L-15	Lämpökäsittelytila: Ei
Puhdistusmenetelmä: Hiekkapuhallus	Tarkastuslämpötila: 22 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: Ei
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Tarkastettiin hitsattu levy 9. Tarkastuksessa todettiin hitsin lopetuskohdassa imuontelo. Näytteiden valmistuksessa huomiota ei kiinnitetä aloitus/lopetuskohtiin. Levy koostui kahdesta eri hitsistä, joten aloitus/lopetuskohtia on myös keskellä levyä.</p>	
	
Kuva 1. Yleiskuva levystä 9	Kuva 2. Lopetuskohdan imuontelo

Huom!

Paikka & Pvm.


9.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-020 Sivun 1/2

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 10		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT		
<p>Levy 10 oli hitsattu puikkohitsausmenetelmällä V-railoon. Hitsin pinta hiekkapuhallettiin ennen tarkastusta runsaan kuonan vuoksi. Silmämääräisessä tarkastuksessa todettiin juuren olevan vajaa aloitus/lopetuskohdista keskivaiheilla levyä.</p> <p>Tunkeumanestetarkastuksessa ei todettu raportoitavia indikaatioita (PTK-019).</p>		
		
<p>Kuva 1. Levy 10 ennen hiekkapuhallusta</p>		
		
<p>Kuva 2. Levy 10 hiekkapuhalluksen jälkeen</p>		

Huomautukset:

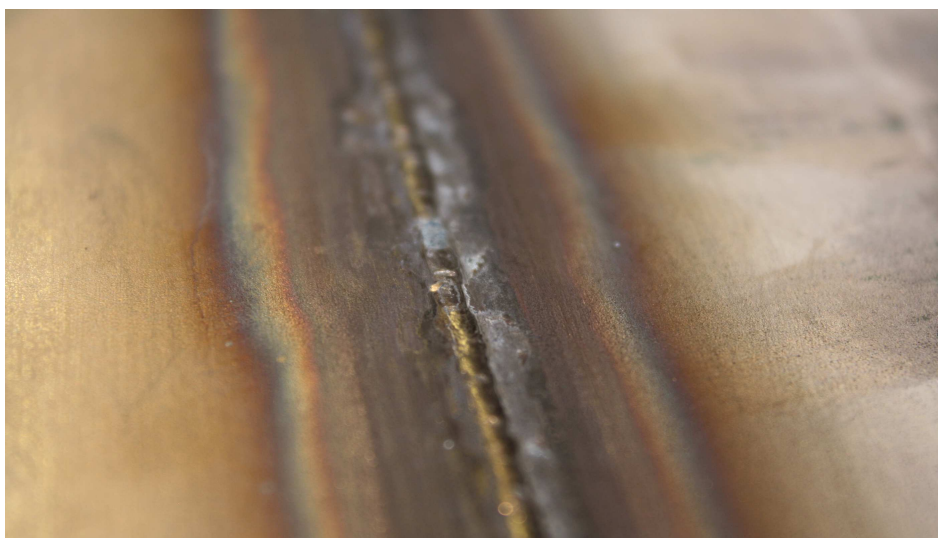
Paikka & Pvm.
 Kemi 9.5.2013

Nimi
 Santeri Anttila

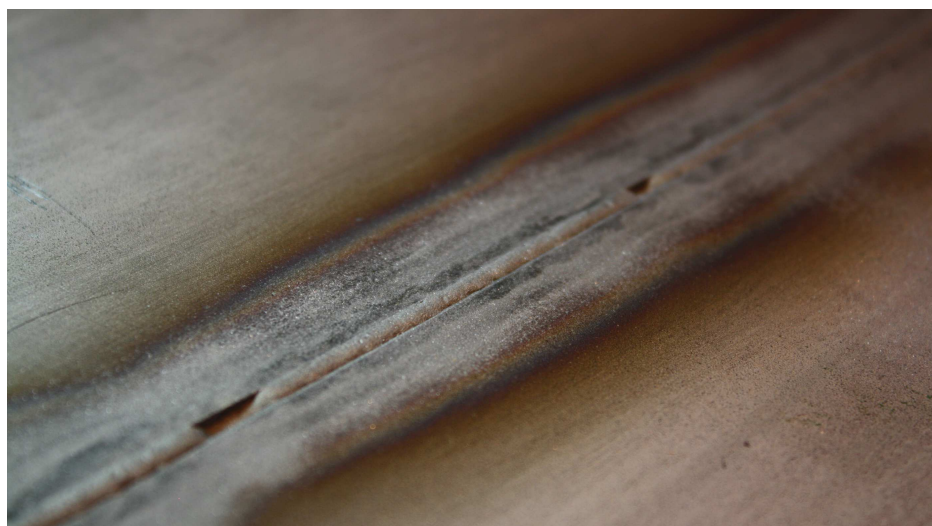
TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-020 Sivun 2/2

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 10		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT		



Kuva 3. Hitsin juuri ennen hiekkapuhallusta. Kuona peittää vaajaan juuren



Kuva 4. Hitsin juuri hiekkapuhalluksen jälkeen. Aloitus/lopetuskohtien vajaata juurta

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

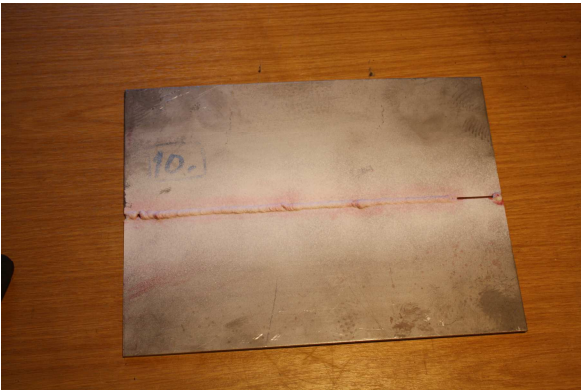
Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-019

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 27.04.2013
Kohde: Hitsattu levy 10	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro Levy 10	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, EN 1.4003, paksuus 4,0 mm	Pinnan laatu: Hiekkapuhallettu
Valmistusvaihe: Hitsattu, lisäaine 308L-15	Lämpökäsittelytila: Ei
Puhdistusmenetelmä: Hiekkapuhallus	Tarkastuslämpötila: 22 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: Ei
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Tarkastettiin hitsattu levy 10. Tarkastuksessa ei todettu raportoitavia indikaatioita. Näytteiden valmistuksessa huomiota ei kiinnitetä aloitus/lopetuskohtiin.</p>	
	
<p>Kuva 1. Yleiskuva levystä 9</p>	

Huom!

Paikka & Pvm.

9.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-023

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 11 ja 12		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, MT, PT		

Tarkastettiin TIG-hitsatut levyt 11 ja 12. Levylle 11 valittiin silmämääräisen tarkstuksen lisäksi tunkeumanestetarkastus ja levylle 12 fluoresoiva magneettijauhetarkastus. Silmämääräisessä tarkastuksessa levyssä 11 todettiin selkeitä kuonalautoja hitsissä. Lautojen arveltiin näkyvän tunkeumanestetarkastuksessa indikaatioina, mutta näin ei kuitenkaan käynyt. Molempien levyjen lopetuskohdassa imuontelo.

Tunkeumaneste- ja magneettijauhetestauksessa todettiin hitsissä lopetuskohdan imuontelo. (PTK-022 ja PTK-025)



Kuva 1. Yleiskuva levystä 11



Kuva 2. Lopetuskohdan imuontelo, levy 11



Kuva 3. Yleiskuva levystä 12



Kuva 4. MT-testaus fluoresoivalla menetelmällä

Huomautukset:

Paikka & Pvm.


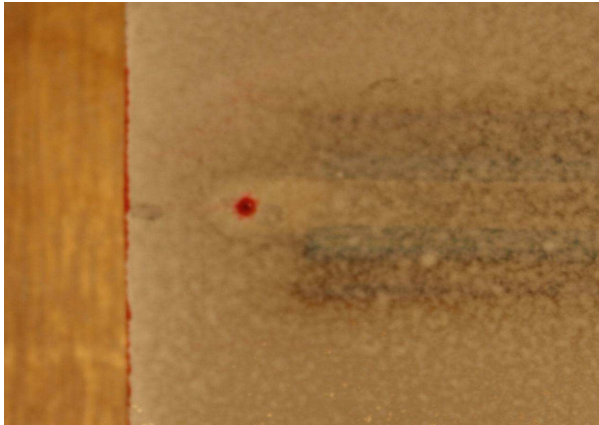
Kemi 9.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-022

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 27.4.2013
Kohde: Hitsattu levy 11	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro Levy 11	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, AISI 443, paksuus 1,5 mm	Pinnan laatu: Hitsattu
Valmistusvaihe: Hitsattu ilman lisäainetta	Lämpökäsittelytila: Ei
Puhdistusmenetelmä: Liutinpesu	Tarkastuslämpötila: 22 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: Ei
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Tarkastettiin hitsattu levy 11. Levyn tunkeumanestetarkastuksessa todettiin pieni imuontelo hitsin lopetus- kohdassa.</p>	
	
Kuva 1. Tarkastettu hitsi, levy 11	Kuva 2. Lopetuskohdan imuontelo

Huom!

Paikka & Pvm.


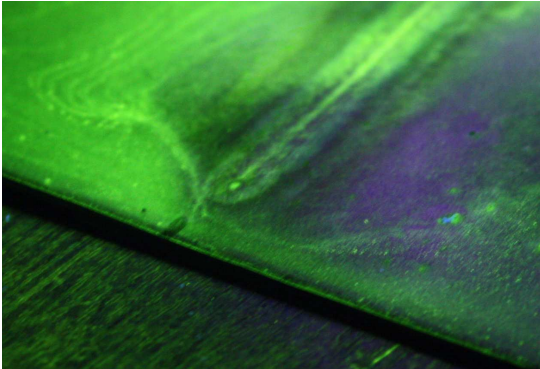
Kemi 9.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

MAGNEETTIJAUHETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-025

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 5.5.2013
Kohde: Hitsattu levy 12	
Tarkastettavat alueet: Hitsi + 10 mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro -	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, AISI 443, paksuus 1,5 mm	Pinnan laatu: Hitsattu
Valmistusvaihe: Hitsattu	Lämpökäsittelytila: -
Puhdistusmenetelmä: Liutinpesu	Peittoväri: -
Magnetointimenetelmä: IES CONTOUR PROBE	Magneettijauhe: BYCOTEST 101 BATCH 1363
Magneettivuon suunta: VASTAKKAISET	Magneettijauheen levitys: SPRAY
Magnetointiarvot: 220V / 4,5 KG AC OHJE SFS-EN 1290	Jäännösmagnetismin poisto: EI
Valaistuksen laatu: UV-valo, SUPER GLO BLACK-LIGHT 100 W	Jälkipuhdistusmenetelmä: EI
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 1290, SFS-EN 1291	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Tarkastettiin levy 12 fluoresoivalla menetelmällä. Testauksessa todettiin hitsin keskialueella valenäyttämä. Lopetuskohdassa imuontelo.</p>	
	
Kuva 1. Valenäyttämä hitsin keskellä.	Kuva 2. Imuontelo lopetuskohdassa.

Paikka & Pvm.




Kemi 7.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-002 Sivun 1/2

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 29.4.2013
Kohde: Hiiliteräsputket 1 ja 2		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, MT, PT, RT		
<p>Tarkastettiin hiiliteräsputket 1 ja 2. Hitsien silmämääräisessä tarkastuksessa todettiin hitsien pinnassa olevan seuraavanlaisia hitsausvirheitä: reunahaavaa, roiskeita, vajaata hitsiä sekä jyrkkää liittymää. Hitsit kuitenkin pääosin siistejä. Juuren puolella hitseissä todettiin olevan vajaata tunkeumaa eli niisanottua raakaa juurta.</p> <p>Magneettijauhetarkastuksessa ei todettu raportoitavia indikaatioita. Tarkastuksen aikana magneettijauhe kuitenkin hakeutui palkojen väliin aiheuttaen ns. valenäyttämän. MT-tarkastuspöytäkirja: PTK-001.</p> <p>Mielenkiinnon vuoksi putkelle 2 tehtiin juurenpuolelle tunkeumanestetestaus. Putkien pienen halkaisijan vuoksi juuren magneettijauhetarkastus ei ole mahdollista. Tunkeumanestetarkastuksessa ei todettu raportoitavia näyttämiä (PTK-003). Kehitteen todettiin korostavan silmämääräisesti todettuja hitsausvirheitä.</p> <p>Putket röntgenkuvattiin Inspecta oy:n toimesta. Luokittelija on hyväksynyt kuvat.</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Kuva 1. Yleiskuva putkista</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Kuva 2. MT-testaus</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;">  <p>Kuva 3. Valenäyttämiä palkojen välissä</p> </div>		

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 8.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-002 Sivun 2/2

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 29.4.2013
Kohde: Hiiliteräsputket 1 ja 2		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, MT, PT, RT		



Kuva 4. Juurenpuoli. Roiskeita ja vajaata tunkeumaa



Kuva 5. Juurenpuoli. Vajaata juurta

Huomautukset:

Paikka & Pvm.
 Kemi 8.5.2013

Nimi
 Santeri Anttila

MAGNEETTIJAUHETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-001

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 29.04.2013
Kohde: Hiiliteräsputket 1 ja 2.	
Tarkastettavat alueet: Hitsit + 10mm perusainetta molemmin puolin	
Piirustus nro / Osan nro -	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Hiiliteräs	Pinnanlaatu: Teräsharjattu/Hiekkapuhallettu
Valmistusvaihe: Hitsattu	Lämpökäsittelytila: -
Puhdistusmenetelmä: Teräsharja/Hiekkapuhallus	Peittoväri: BYCOTEST 104 BATCH 193
Magnetointimenetelmä: IES CONTOUR PROBE	Magneettijauhe: BYCOTEST 103 BATCH 1474
Magneettivuon suunta: VASTAKKAISET	Magneettijauheen levitys: SPRAY
Magnetointiarvot: 220V / 4,5 KG AC OHJE SFS-EN 1290	Jäännösmagnetismin poisto: EI
Valaistuksen laatu: Yleisvalo	Jälkipuhdistusmenetelmä: EI
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 1290, SFS-EN 1291	

Kuva Piirros Selvitys

Suoritettiin MT-testaus hiiliteräsputkille 1 ja 2. Putki 2 hiekkapuhallettu.
Tarkastuksessa ei todettu raportoitavia indikaatioita.



Kuva 1. Yleiskuva tarkastettavista hitseistä.



Kuva 2. Putki 2:n hitsi

Paikka & Pvm.

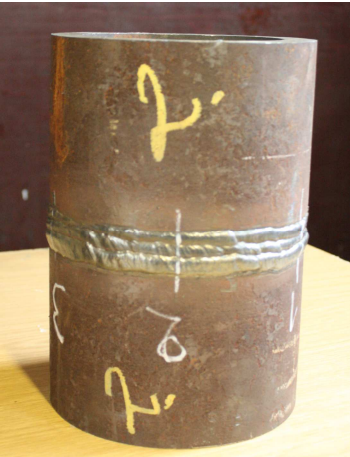

Kemi 7.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-003

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila
Kohde: Hiiliteräsputki 2	
Tarkastettavat alueet: Hitsin juuri	
Piirustus nro / Osan nro -	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Hiiliteräs	Pinnan laatu: Hiekkapuhallus
Valmistusvaihe: Hitsattu	Lämpökäsittelytila: Ei
Puhdistusmenetelmä: Hiekkapuhallus	Tarkastuslämpötila: 20 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: Ei
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
Suoritettiin tunkeumanestetarkastus hiiliteräsputki 2:n hitsin juurelle. Tarkastuksessa ei todettu raportoitavia indikaatioita	
	
Kuva 1. Yleiskuva putki 2	Kuva 2. Juuri, ei indikaatioita

Huom!

Paikka & Pvm.

Kemi 8.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-005

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 29.4.2013
Kohde: Ruostumattomat teräsputket		
Piirustus nro -	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT, RT		

Ruostumattomille putkille 1 ja 2 suoritettiin visuaalisen tarkastuksen lisäksi tunkeumanestetarkastus sekä röntgenkuvaus.

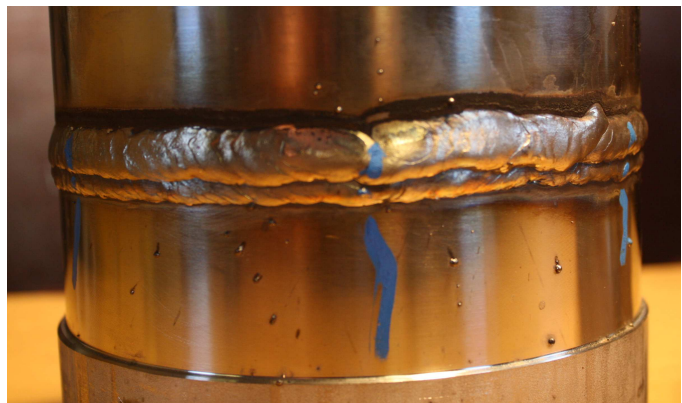
Visuaalisessa tarkastuksessa putkien hitseissä todettiin olevan seuraavia hitsausvirheitä: Reunahaavaa, roiskeita, vajaata hitsiä, vajaata juurta, muotovikoja sekä jyrkkää liittymää palkojen välillä.

PT-tarkastuksessa ei todettu raportoitavia indikaatioita (pöytäkirja PTK-004).

Röntgenkuvauksen suoritti Inspecta Oy. Kuvat on hyväksytty luokittelijan toimesta.



Kuva 1. Yleiskuva putkista



Kuva 2. Roiskeita hitseissä/perusaineella



Kuva 3. Vajaa juuri



Kuva 4. Roiskeita, juurenpuolen reunahaava

Huomautukset:

Paikka & Pvm.


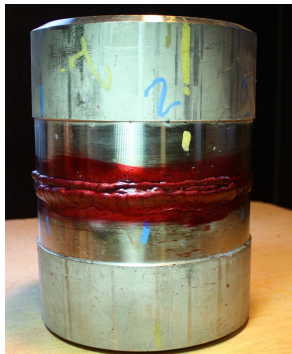

Kemi 8.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-004

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 29.04.2013	
Kohde: Ruostumattomat teräsputket 1 ja 2		
Tarkastettavat alueet: Hitsit + 10mm perusainetta molemmin puolin		
Piirustus nro / Osan nro -	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -	
Aine: Ruostumaton teräs	Pinnan laatu: Hitsattu	
Valmistusvaihe: Hitsattu	Lämpökäsittelytila: -	
Puhdistusmenetelmä: Teräsharja/Hiekkapuhallus	Tarkastuslämpötila: 20 °C	
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min	
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860		
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min	
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: EI	
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289		
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys		
Suoritettiin tunkeumanestetarkastus ruotumaatomille teräsputkille 1 ja 2. Tarkastuksessa ei todettu raportoitavia indikaatioita		
		
Kuva 1. Tarkastettavat putket	Kuva 2. Tunkeumanesteen levitys	Kuva 3. Kehitteen levitys

Huom!

Paikka & Pvm.



Kemi 8.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-007

Tilaaaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 28.4.2013
Kohde: Lämmönvaihtimen putki		
Piirustus nro	Osan nro -	
Tarkastusmenetelmä: VT, PT, (UT)		
<p>Tarkastettiin lämmönvaihtimen putki. Testausmenetelminä käytettiin visuaalista- ja tunkeumanestetestausta sekä pistokoemaista paksuusmittausta. Ennen testauksia putki puhdistettiin kiillottamalla.</p> <p>Visuaalisessa tarkastuksessa todettiin putken pituussuntaisessa valmistushitsissä pistemäistä syöpymää tai korroosiota. Syöpymät olivat hitsin pinnassa.</p> <p>Tunkeumanestetarkastuksessa ei todettu raportoitavia indikaatioita. Syöpymien pohjat ovat niin laakeita että kaikki tunkeumaneste peseytyy pois liialisen värin puhdistuksessa. (PTK-006)</p> <p>Pistokoemaisessa paksuusmittauksessa ei todettu huomattavaa materiaalin syöpymistä.</p>		
		
Kuva 1. Lämmönvaihtimen putki	Kuva 2. Putki kiillotuksen jälkeen	
		
Kuva 3. Hitsissä pistemäistä syöpymää	Kuva 4. Pistemäistä syöpymää vain hitsissä	

Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 8.5.2013

Nimi

Santeri Anttila

TUNKEUMANESTETARKASTUS- PÖYTÄKIRJA

PTK-006

Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja & Pvm. S.Anttila 28.4.2013
Kohde: Lämmönvaihtimen putki	
Tarkastettavat alueet: Putken ulkopinta 100%	
Piirustus nro / Osan nro -	Hitsaajan nimi / hitsin tunnus -
Aine: Ruostumaton teräs, AISI 310S	Pinnan laatu: Konekiillotus
Valmistusvaihe: Käytössä ollut	Lämpökäsittelytila: -
Puhdistusmenetelmä: Konekiillotus	Tarkastuslämpötila: 20 °C
Tunkeumaneste: BYCOTEST RP 20 BATCH 359	Vaikutusaika: 20 min
Tunkeumanesteen poisto: BYCOTEST C10 BATCH 1860	
Kehite: BYCOTEST D30 BATCH 667	Vaikutusaika: 15 min
Valaistuksen laatu: KÄSIVALAISIN	Jälkipuhdistusmenetelmä: EI
Asiakirja, joka määrittelee laadun: SFS-EN 571-1, SFS-EN 1289	
<input checked="" type="checkbox"/> Kuva <input type="checkbox"/> Piirros <input checked="" type="checkbox"/> Selvitys	
<p>Suoritettiin tunkeumanestetarkastus lämmönvaihtimen putkelle. Putken pinta puhdistettiin mekaanisesti kiillottamalla. Tarkastuksessa todettiin putken pinnassa pituussuuntaisessa hitsissä pistemäistä syöpyymää. Tunkeumanesteellä ei todettu säröjä/halkeamia putkessa.</p>	
	
Kuva 1. Lämmönvaihtimen putki	Kuva 2. Kehitteen levitys

Huom!

Paikka & Pvm.

Kemi 8.5.2013

Tarkastaja

Santeri Anttila

TARKASTUSKOHDESELVITYS

PTK-009

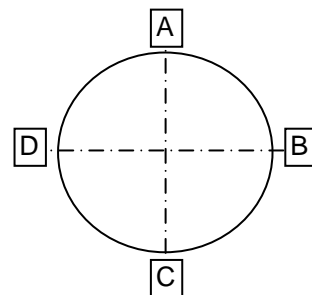
Tilaja: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu	Tarkastaja: S.Anttila	Pvm: 28.4.2013
Kohde: Lämmönvaihtimen putki		
Piirustus nro -	Laitteisto: Panametrics Epoch LT, Luotain D791-RM 5MHz COUPLANT B glycerin	
Tarkastusmenetelmä: Pistokoemainen paksuusmittaus		

Suoritettiin pistokoemainen paksuusmittaus lämmönvaihtimen putkelle. Tarkastuksessa ei todettu huomattavaa syöpymää putkessa. Mittatulokset alla.

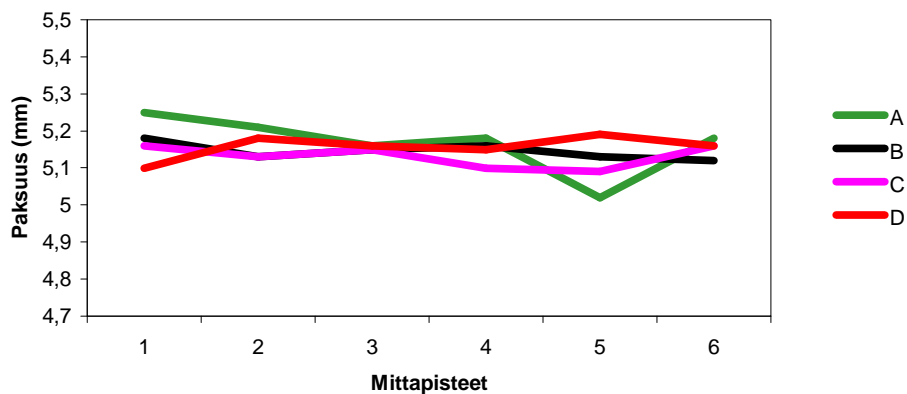
Etäisyys Taulukko 1. Lämmönvaihtimen putken mittatulokset.

Mittapistettä	A	B	C	D
20mm	5,25	5,18	5,16	5,10
50	5,21	5,13	5,13	5,18
100	5,16	5,15	5,15	5,16
150	5,18	5,16	5,10	5,15
200	5,02	5,13	5,09	5,19
250	5,18	5,12	5,16	5,16

Mittalinjat



Putken paksuusprofiili



Huomautukset:

Paikka & Pvm.

Kemi 8.5.2013

Nimi

Santeri Anttila