



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

NDT-TARKASTUKSIEN JA RAPORTOINNIN PEREHDY- TYSOHJEIDEN KEHITYS

TEKIJÄ/T: Ville Kallio

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Ville Kallio	
Työn nimi NDT-tarkastuksien ja raportoinnin perehdytysohjeiden kehitys	
Päiväys 26.4.2019	Sivumäärä/Liitteet 26/14
Ohjaaja(t) Heikki Salkinoja, Olli-Pekka Kähkönen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Dekra Industrial Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä työ käsittelee NDT-tarkastustoimintaa, yleisimpiä NDT-menetelmiä ja tarkastusten raportointia. Tavoitteena oli kehittää perehdyttämishjeet DEKRA Industrial Oy:n NDT-tarkastuksiin ja niiden raportointiin ANDRITZ Warkaus Works Oy:n konepajalle.</p> <p>ANDRITZ Warkaus Worksin tuotantolinjat käytiin läpi vaihe vaiheelta, joiden perusteella ohjeistus laadittiin. Tarkastajan on tunnettava prosessi, materiaalit ja valmistusvaiheet suorittaakseen tarkastukset. Ohjeistuksen tarkoituksena on parantaa tarkastuksen oikea-aikaisuutta ja raportoinnin oikeellisuutta</p> <p>Ohjeistus saatiin laadittua linjakohtaisesti. Ohjeiden avulla tarkastukset saatiin kohdistettua oikeille työvaiheille, jolloin tarkastuksien laatu parani. Ohjeistuksella saatiin parannettua tarkastusten ja dokumenttien toimitusvarmuutta. Lisäksi raporttien toimitusaika pieneni. Ohjeissa kuvataan tuotantolinjojen valmistuksen vaiheet yleisellä tasolla. Jokainen valmistettava kappale on hieman erilainen, jolloin työvaiheita voi tulla lisää ja ne voivat olla eri järjestyksessä. Ohjeisiin pitäisi lisätä yleisimpiä työvaiheita, jolloin ohjeistuksen puutteet pienenevät.</p>	
Avainsanat NDT, rikkomaton aineenkoetus, laatu, tarkastus, ohje, raportointi	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Ville Kallio			
Title of Thesis Making Introduction Guidelines for NDT Inspections and reporting			
Date	26.4.2019	Pages/Appendices	26/14
Supervisor(s) Heikki Salkinoja, Olli-Pekka Kähkönen			
Client Organisation /Partners Dekra Industrial Oy			
<p>Abstract</p> <p>The thesis was made for DEKRA Industrial Oy. The thesis is about typical NDT-inspection methods and how to report inspections. The Target of this thesis was to make introduction guidelines on how to inspect and report inspections in ANDRITZ Warkaus Works Oy workshop.</p> <p>In making these guides, the goal was to improve quality of NDT-inspections and reports by making inspections in the right production phases. The NDT-inspector must know the whole process, materials and production phases to be able to make these inspections. To be able to do these guides, the first step was to go through each production line and their production phases.</p> <p>Guidelines were created for each production line. With the guidelines inspections were targeted on the right work phases, and therefore the quality of inspections improved. The guidelines provide improved reliability of inspections and document delivery. In addition, the delivery time of the reports has decreased. The guidelines describe the phases of manufacturing lines in general. Every produced item is a bit different when there can be more production phases or phases may be in different order. The most common production phases should be added to the guidelines, which will make the guidelines even better.</p>			
<p>Keywords</p> <p>NDT, non-destructive testing, quality, inspections, guide, report</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	DEKRA INDUSTRIAL OY	7
3	ANDRITZ WARKAUS WORKS OY	8
4	RIKKOMATON AINEENKOETUS	9
4.1	NDT-tarkastaja	9
4.2	Raportointi	9
5	NDT-TARKASTUSMENETELMÄT	10
5.1	Pintamenetelmät	10
5.1.1	Silmämääräinen tarkastus	10
5.1.2	Tunkeumanestetarkastus	12
5.1.3	Magneettijauhetarkastus	14
5.1.4	Tarkastuslaite	15
5.2	Volymetriset menetelmät	16
5.2.1	Radiografinen tarkastus	16
5.2.2	Digitaalinen röntgenkuvaus	18
5.2.3	Ultraäänitarkastus	19
6	PEREHDYTTÄMISOHJE	21
6.1	Valmistuksen eri vaiheet	21
6.1.1	Kammiosolu	21
6.1.2	Linkolinja	21
6.1.3	Paneelilinja	22
6.1.4	Kirkaslinja	22
6.2	Tarkastusten suoritus	22
6.3	Dokumentointi	22
7	LOPPUTULOS	23
8	YHTEENVETO	24
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	25
	LITTEET	26

Käytetyt termit ja lyhenteet

AEL	Ammattienedistämislaitos
NDT	Ainetta rikkomaton testaus (non destructive testing)
DT	Ainetta rikkova testaus (destructive testing)
NDT-tarkastaja	Ainetta rikkovaa testausta suorittava henkilö
Ferromagneettinen	magneettinen aine
Paramagneettinen	ei-magneettinen aine
Näyttämä	Vian aiheuttama poikkeama tai signaali

1 JOHDANTO

Tämä työ käsittelee NDT-tarkastustoimintaa, yleisimpiä NDT-menetelmiä ja tarkastusten raportointia. Työ tehtiin DEKRA Industrial Oy:n kanssa. Opinnäytetyön kirjoittaja toimii 2-tason NDT-tarkastajana yrityksessä.

NDT-tarkastaja on tuotannosta riippumaton sertifioitu henkilö, joka valvoo tuotteiden laatua. Tarkastajien toimintaa ohjaa standardit ja erilaiset tarkastusohjeet. Tarkastajan tehtävänä on tarkastaa tuote tai materiaali poikkeavuuksien varalta.

Tarkastajan on tunnettava prosessi, materiaalit ja valmistusvaiheet suorittaakseen tarkastukset. Tarkastajan tulee selvittää juurisyyt tarkastuksen yhteydessä löytyneille virheille, jotta niiden synty voidaan ennaltaehkäistä. Tämä on erittäin tärkeä osa laatua.

Työn aiheena oli käydä ANDRITZ Warkaus Works Oy:n tuotantolinjat läpi, ja kehittää DEKRA Industrial Oy:lle perehdyttämisohjeet tarkastuksiin ja raportointiin. Ohjeistuksen tarkoituksena on parantaa tarkastuksen oikea-aikaisuutta ja raportoinnin oikeellisuutta, kuvaamalla tuotannon vaiheet vaihe vaiheelta läpi.

2 DEKRA INDUSTRIAL OY

DEKRA Industrial Oy on suomalainen sitoutumaton tarkastus- ja testauslaitos. Yritys aloitti toimintansa vuonna 1974 nimellä Polartest Oy. Kansainvälinen DEKRA SE osti Polartest Oy:n vuonna 2008. Suomessa työntekijöitä on hieman yli 200 ja kansainvälisesti noin 44 000, yli 50 eri maassa ympäri maailmaa. DEKRA SE on yksi maailman suurimmista tarkastus- ja testauslaitoksista. Suomessa DEKRA toimii 20 eri paikkakunnalla. Konttorit sijaitsevat Alavudella, Joensuussa, Jyväskylässä, Kalantissa, Kemissä, Kouvolassa, Kulloossa, Kuopiossa, Lahdessa, Lappeenrannassa, Naantalissa, Oulussa, Porissa, Raahessa, Savonlinnassa, Tampereella, Turussa, Vaasassa, Vantaalla ja Varkaudessa. Pääkonttori sijaitsee Vantaan Tuupakassa. (DEKRA Industrial Oy WWW, 2019)

DEKRA Industrial Oy toimii teollisuuden eri osa-alueilla tehden tarkastuksia, testauksia ja arviointeja. Osa-alueita on muun muassa: teräsrakenteet, ISO 9001, ISO 3834, EN 1090, painelaitteet, sähkölaitteistot, palonilmaisinlaitteistot ja sammutuslaitteistot sekä ainetta rikkomaton (NDT) että ainetta rikkovaa testausta (DT). (DEKRA Industrial Oy WWW, 2019)

DEKRA Industrial Oy:n isoimpia kohteita ovat muun muassa konepajat, niin käyvät ydinvoimalaitokset kuin uudet ydinvoimalaitokset, öljynjalostamot sekä laivateollisuus. (DEKRA Industrial Oy WWW, 2019)

3 ANDRITZ WARKAUS WORKS OY

ANDRITZ Warkaus Works Oy on ANDRITZ Oy:n omistama sooda- ja voimakattiloiden osia valmistava konepaja Varkaudessa, Pirtinniemessä. Konepaja valmistaa niin uusia kattiloita, kuin myös varaosia vanhoihin kattiloihin. ANDRITZ toimittaa tuotteitaan ja palvelujaan ympäri maailmaa. Yli 90% tuotteista menee Eurooppaan, Pohjois- ja Etelä-Amerikkaan sekä Aasiaan. (ANDRITZ Warkaus Works Oy WWW, 2019)

ANDRITZ Warkaus Works Oy on sertifioitu ISO 9001 ja ISO 3834-2 laatujärjestelmien mukaan. Lisäksi yrityksellä on sertifikaatti ASME-kattiloiden valmistuksesta ja asennuksesta. (ANDRITZ Warkaus Works Oy WWW, 2019)

4 RIKKOMATON AINEENKOETUS

Rikkomattomalla aineenkoetuksella eli NDT:llä (Nondestructive testing) tarkoitetaan metallirakenteiden, valujen tai hitsien tarkastamista ilman, että tuotetta tai materiaalia rikotaan. Tällaisia kohteita, joissa vaaditaan rikkomatonta tarkastusta ovat esimerkiksi kattilat, ydinvoimalat ja lentokoneiteollisuus. Edellä mainitut kohteet vikaantuessaan voivat vaarantaa ihmisterveyden. NDT-menetelmillä pyritään varmistamaan tuotteiden tai materiaalin kunto etsimällä poikkeavuuksia niin hitseistä kuin materiaaleista. Tällaisia poikkeavuuksia ovat esimerkiksi hitsauksessa syntyneet huokokset, säröt, halkeamat ja liitosvirheet. NDT-menetelmillä etsitään myös käytön aikana syntyviä väsymissäröjä ja korroosion aiheuttamaa syöpymää. Tarkastusmenetelmät jaetaan kahteen luokkaan, pintamenetelmiin ja volymetrisiin menetelmiin. (Martikainen J. 2009 s.160)

4.1 NDT-tarkastaja

NDT-tarkastus on standardisoitua toimintaa. NDT-tarkastajan tulee olla sertifioitu EN ISO 9712-standardin mukaisesti, vaadituille menetelmille, jotta hän voi suorittaa tarkastuksia. Sertifiointilla tarkoitetaan, että henkilö on koulutettu riittävästi, ja testaamalla, että henkilö on kykenevä tekemään tarkastuksia annettujen ohjeiden mukaan. Suomessa pätevoidettyjä koulutuslaitoksia ovat muun muassa AEL ja KIWA Inspecta Sertifiointi Oy.

Kohteita, joissa tarvitaan sertifioitua tarkastajaa, on esimerkiksi erilaiset painelaitteet, kuten voimakattilat, ydinvoimalat, lentokoneiteollisuus, laivateollisuus, nosturit sekä henkilönostimet.

NDT-tarkastaja on tuotannosta riippumaton henkilö, joka valvoo tuotteiden laatua. Tarkastajien toimintaa ohjaa standardit ja erilaiset tarkastusohjeet. Tarkastajan tehtävänä on tarkastaa tuote tai materiaali poikkeavuuksien varalta edellä mainittuja standardeja ja ohjeita noudattaen. Tarkastaja vertaa löydettyjä virheitä standardeissa annettuihin hyväksymisrajoihin, ja arvioi täyttääkö havaittu virhe vaatimukset. Löydetyt viat ja poikkeamat raportoidaan asiakkaalle.

4.2 Raportointi

Tarkastusten raportointi on tärkein todiste tehdyistä tarkastuksista. Raportista käy ilmi millä menetelmällä tarkastuksia on tehty, ja raportista ilmenee virheet, jotka tarkastaja on löytänyt mahdollisesti tarkastusten yhteydessä. Tarkastuspöytäkirja kertoo myös tarkastusolosuhteet ja tarkastus olisi oltava mahdollista uusien pöytäkirjoissa näkyvien tietojen perusteella. Jos kohde on tarkastettu vain tietyistä kohtaa, tällöin pöytäkirjasta pitää ilmetä myös se kohta kappaleesta, mistä tarkastus on suoritettu.

Pöytäkirjasta tulee ilmetä myös pöytäkirjan numero, tarkastusohjeen numero, tuotteen tarkastuskohdetiedot, tarkastustulokset, poikkeamat, rajoitteet, tarkastuksen ajankohta, allekirjoitus ja tähtyykö vaatimukset.

5 NDT-TARKASTUSMENETELMÄT

5.1 Pintamenetelmät

Pintamenetelmillä havaitaan materiaalin pinnassa olevia tai pintaa asti avautuvia virheitä. Yleisimpiä pintamenetelmiä ovat silmämääräinen tarkastus, tunkeumanestetarkastus sekä magneettijauheta-
kustus.

5.1.1 Silmämääräinen tarkastus

Yleisin NDT-menetelmistä on silmämääräinen tarkastus pintavirheiden tarkastamiseen. Yleensä silmämääräisellä tarkastuksella tarkastetaan valmiita hitsejä, mutta silmämääräisellä tarkastuksella voidaan tarkastaa myös hitsauksen useassa eri vaiheessa tuotteen valmistuksen aikana. Riittävää valaistusta apuna käyttäen, ihmissilmä pystyy havaitsemaan pyöreän näyttämän, jonka halkaisija on 0,1 mm, ja jopa 0,05 mm levyisen viivamaisen näyttämän. Erilaisia valaisimia ja muita apuvälineitä, kuten suurennuslasia tai mikroskooppia apuna käyttäen virheiden havaittavuutta voidaan parantaa. Peilien ja endoskooppien avulla voidaan parantaa luoksepäästävyttä. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty silmämääräisen tarkastuksen apuvälineitä.

Jotta virheen voi havaita silmämääräisellä tarkastuksella, täytyy virheen selvästi avautua pintaan asti. Lisäksi tarkastettavan pinnan tulee olla puhdas epäpuhtauksista ja maalista. Pinnanlaadun tulee myös olla tasainen. (Martikainen J. 2009 s.166-169)

Silmämääräinen tarkastus on menetelmänä halpa, koska tarkastukseen ei yleensä tarvita kuin riittävä näkökyky ja apuvälineiksi taskulamppu. Monissa konepajoissa hitsareille koulutetaan silmämääräisen tarkastuksen oppeja. Vähällä koulutuksella hitsari osaa koulutuksen jälkeen arvioida omaa hitsausjälkeään, jolloin hitsauksen laatu paranee.

Silmämääräistä tarkastusta voidaan myös täydentää pintamenetelmillä, kuten tunkeumanesteta-
kastatuksella tai magneettijauheta-
kastatuksella. (Martikainen J. 2009 s.166-169)



KUVA 1. Kuvassa tarkastajan tärkeimmät apuvälineet silmämääräiseen tarkastukseen, kuten peili, taskulamppu ja mittanauha (Kallio V. 2019)



KUVA 2. Teollisuudessa käytetty endoskooppi (Kallio V. 2019)

5.1.2 Tunkeumanestetarkastus

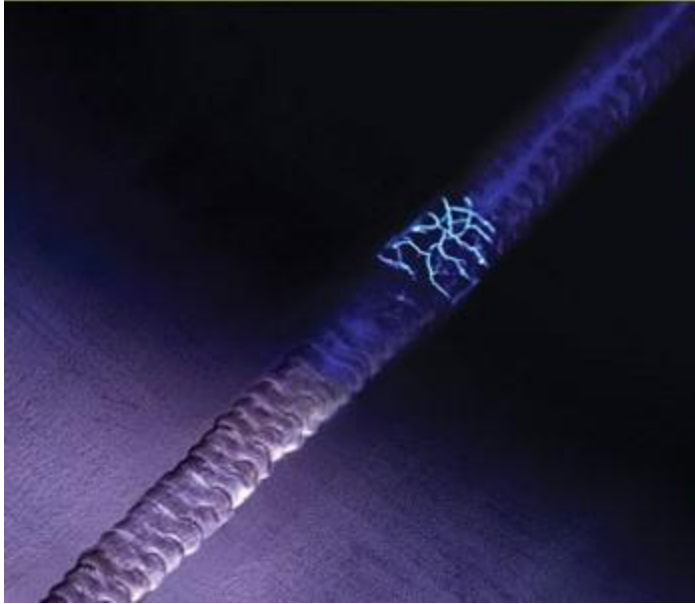
Tunkeumanestetarkastusta käytetään pintaan asti avautuvien virheiden havaitsemiseen. Tarkastettavat materiaalit eivät saa olla luonnostaan huokoisia. Tunkeumanestetarkastuksella tarkastetaan normaalisti metallisia materiaaleja. Tunkeumanestetarkastuksella voidaan tarkastaa myös muita materiaaleja kuten alumiini, lasi, muovi ja keraami. Tunkeumanestetarkastuksella löydetään huomattavasti paljon pienempiä virheitä kuin silmämääräisellä tarkastuksella, koska se suurentaa virheen ja tekee siitä taustasta erottuvan näyttämän. Tunkeumanestetettä on kolmenlaisia. Ne ovat värillinen, fluoresoiva sekä näiden yhdistelmä.

Tarkastettavan pinnan tulee olla puhdas ja kuiva. Värillinen tunkeumaneste levitetään tarkastettavalle pinnalle, josta se tunkeutuu kapillaari-ilmiön avulla virheisiin. Tämän jälkeen tunkeumanesteen annetaan tunkeutua vaadittu aika, jonka jälkeen ylimääräinen tunkeumaneste pestään pois. Riittävän huolellisen pesun jälkeen tarkastettavalle pinnalle levitetään kehite. Kehite imee itseensä virheisiin jäänyttä tunkeumanestetettä. Tästä muodostuu näyttämä, joka voidaan arvioida muodon ja sijainnin perusteella. Kuvassa 3 on esitetty tällainen näyttämä. Riittävän hyvissä valaistusolosuhteissa voidaan havaita jopa 0,2 µm leveitä halkeamia, kunhan sen pituus on suurempi kuin 1 mm. (Martikainen J. 2009 s.169)



KUVA 3. Värillisellä tunkeumanestetarkastuksella löydetty halkeamia (Kallio V. 2018)

Tarkastuksen herkkyyttä voidaan lisätä käyttämällä fluoresoivaa tunkeumanestettä. Fluoresoivassa tarkastuksessa käytetään UV-valaisinta. Fluoresoiva tunkeumanestetarkastus perustuu fluoresenssiin ja silmän herkkyyteen havaita keltavihreää valoa. Kuvassa 4 fluoresoivalla tunkeumanestetarkastuksella löydetty halkeama. Käytettävän UV-valon aallonpituus on 365 nm. (SFS-EN ISO 3452-1 2013)

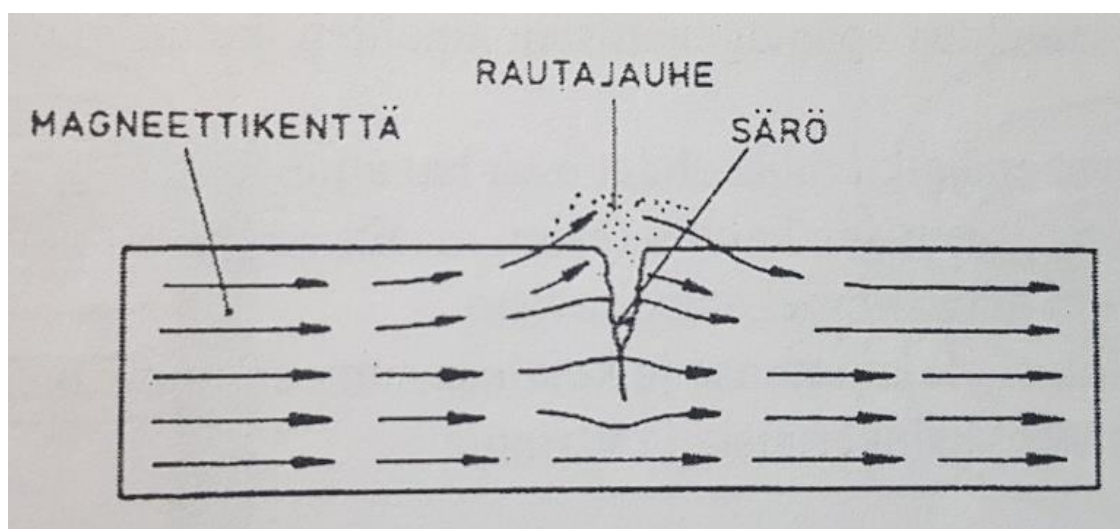


KUVA 4. Fluoresoiva tunkeumaneste UV-valossa. Tarkastuksessa löytyi halkeamia.
(Kallio V. 2017)

5.1.3 Magneettijauhetarkastus

Magneettijauhetarkastusta käytetään ferromagneettisten aineiden tarkastamiseen. Menetelmä on erittäin soveltuva etsittäessä ferromagneettisen aineen pinnassa ja pinnan läheisyydessä olevia epäjatkuvuuskohtia, kuten säröjä. Menetelmällä pyritään löytämään epäjatkuvuuskohtien synnyttämiä vuotokenttiä. Vuotokenttien havaitsemisessa käytetään apuna rautahiukkasia, jotka kerääntyvät vuotokenttään. Ihmissilmä voi havaita visuaalisesti rautahiukkasista muodostuneen sillan. Tällöin vuotokenttä voidaan havaita visuaalisesti. Kuvassa 5 on esitetty tällainen vuotokenttä.

Kun kappaletta magnetoidaan, magneettiset voimaviimat pyrkivät pysymään kappaleen sisällä. Kappaleessa oleva virhe tai geometria muodostaa esteen voimaviimoille, jolloin osa siitä pyrkii kulkemaan ilman kautta. Tällöin epäjatkuvuuskohtaan muodostuu vuotokenttä. Epäjatkuvuuskohtaan muodostuu vastakkainen napaisuus kappaleeseen nähden. Selvin näyttämä saadaan, kun virhe on kohtisuorassa magneettikentän voimaviivoja vastaan. Tällöin virhe estää voimaviivojen kulkua eniten. Tarkastuksen yhteydessä pyritäänkin kääntelemään magneettikentän suuntaa kappaleessa, jolloin virheet, joiden suuntaa ei tiedetä entuudestaan, löytyisivät.



KUVA 5. Magneettivuon kulku kappaleessa (Åström T. 1978)

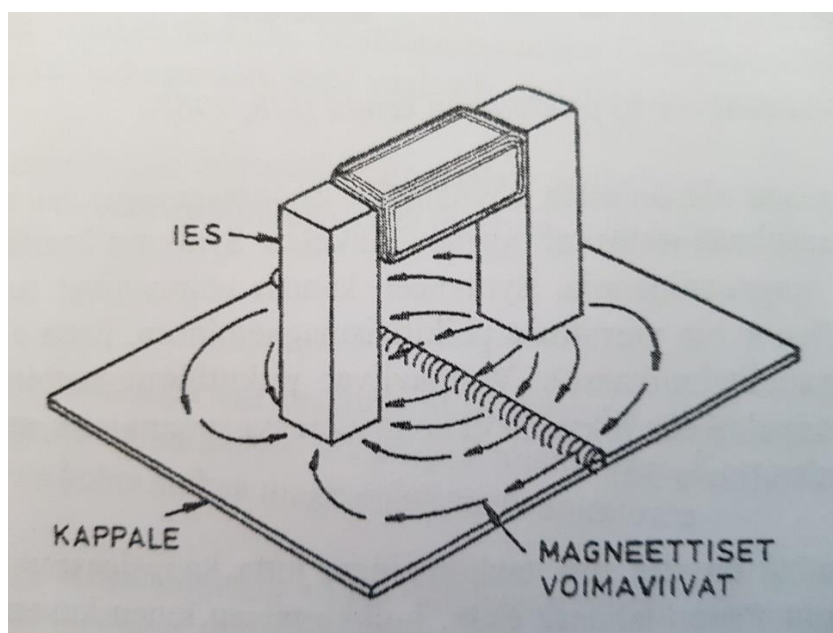
Vuotokenttä on kuin pienoismagneetti. Rautahiukkaset kerääntyvät vuotokenttään. Rautahiukkasista muodostuvan näyttämän havaitsemiseen käytetään apuna kappaleen pinnalle levitettävää vaaleaa kontrastiväriä värillistä menetelmää käytettäessä. Rautahiukkasten kerääntyessä vuotokenttään indikaation optinen suurennus voi olla jopa 1000-kertainen. Kuvassa 6 magneettijauhetarkastuksella löydetty halkeama. (Åström T. 1978 s.4-5, s.24-25)



KUVA 6. Magneettijauhetarkastuksella löytnyt halkeama hitsissä (Kallio V. 2018)

5.1.4 Tarkastuslaite

Vaihtovirtaies on yleisin käytetty magnetointilaitte kenttäolosuhteissa. Laitte synnyttää sähkövirran avulla magneettikentän kappaleeseen. Magneettikenttä muodostuu ieksen jalkojen väliin. Magneettikentän muoto on monimutkaisen näköinen, mutta ieksen jalkojen välissä se on melko selkeästi pituussuuntainen. (Åström T. 1978 s.26)



KUVA 7. Magneettikentän muoto ieksellä magnetoidessa (Åström T. 1978)



KUVA 8. Vaihtovirtaies (Kallio V. 2019)

5.2 Volymetriset menetelmät

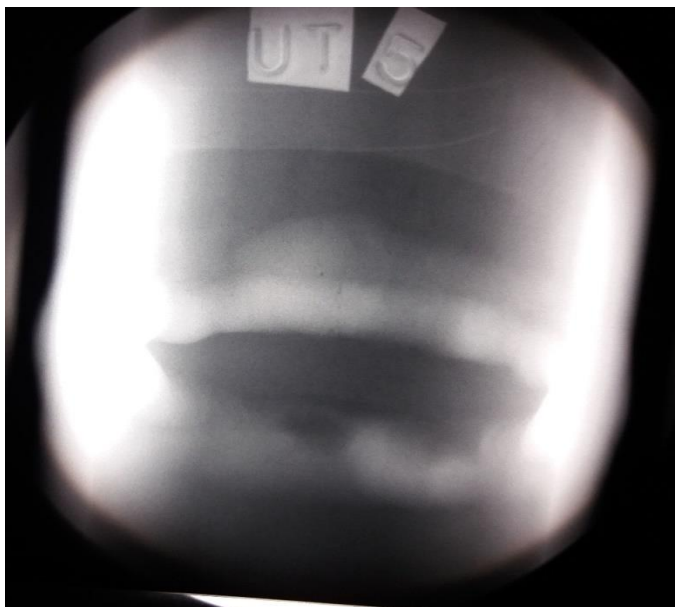
Volymetrisillä menetelmillä etsitään materiaalin sisäisiä virheitä, joita pintamenetelmillä ei voida nähdä. Yleisimpiä volymetrisiä tarkastusmenetelmiä ovat radiografinen tarkastus sekä ultraäänitarkastus. Vähemmän käytettyjä menetelmiä ovat akustinen emissio, termografia, tomografia ja Barkhausen-menetelmä (Martikainen J. 2009 s.160)

5.2.1 Radiografinen tarkastus

Radiografinen tarkastus eli ionisoivan säteilyn avulla tapahtuva kuvaus on puhekielessä röntgenkuvaus ja gammakuvaus. Menetelmällä etsitään virheitä hitsin ja materiaalin sisältä. Radiografialla havaitaan virheet kuten huokokset, kuonasilkeumat, liitosvirheet, halkeamat ja muotovirheet. Säteilytämällä kuvattavaa kohdetta saadaan kohteen taakse sijoitetulle filmille aikaiseksi valotettua kuva. Kuvassa 9 tyypillinen röntgenkuva.

Aine absorboi aineelle ominaisen määrän säteilyä, jolloin paksimmat kohdat näkyvät vaaleampina kohtina filmillä. Ohuemmat kohdat näkyvät taas tummempina kohtina. Esimerkiksi hitsauksessa syntyneet hitsausvirheet näkyvät tummempina kohtina hitsin keskellä, koska yleensä hitsausvirheet ovat täynnä erilaisia kaasuja tai toista materiaalia tutkittavaan materiaaliin nähden. Näiden filmin tummuuserojen avulla tutkitaan aineen eheyttä.

(Martikainen J. 2009 s.174)



KUVA 9. Hitsi kuvattuna filmille (Kallio V. 2019)

Yleisimpiä ionisoivan säteilyn lähteitä radiografiassa ovat röntgenputki, lineaarikiihdytin, betatroni ja isotopit Iridium-192, Seleen-75, Coboltti-60 ja Cesium-137. Kenttäolosuhteissa käytetään yleisimmin säteilylähteenä röntgenputkea tai isotooppeja. Alla kuvassa tyypillinen röntgenputki ja sen ohjauspöytä.



KUVA 10. Röntgenputki YXLON Smart 300 (Kallio V. 2019)



KUVA 11. Röntgenputken ohjauspöytä (Kallio V. 2019)

Röntgenkuvauksen etuna on, että pystytään tarkastamaan terästä, jonka paksuus on jopa 70 mm. Tätä suuremmilla aineenpaksuuksilla käytetään tyypillisesti isotooppikuvausta, jolloin ainepaksuus teräksellä voi olla jopa 225 mm. (Martikainen J. 2009 s.174-175)

Radiografian haittoja ovat, että kuvauksessa käytettävä ionisoiva säteily on ihmiselle vaarallista. Kuvauksen aikana kohteen lähetyillä ei voi olla ihmisiä, jolloin tarkastajien ja muiden työntekijöiden samanaikainen työskentely vaikeutuu. Säteilyä voidaan rajoittaa lyijymattojen ja erilaisten muiden lyijyrajoittimien avulla.

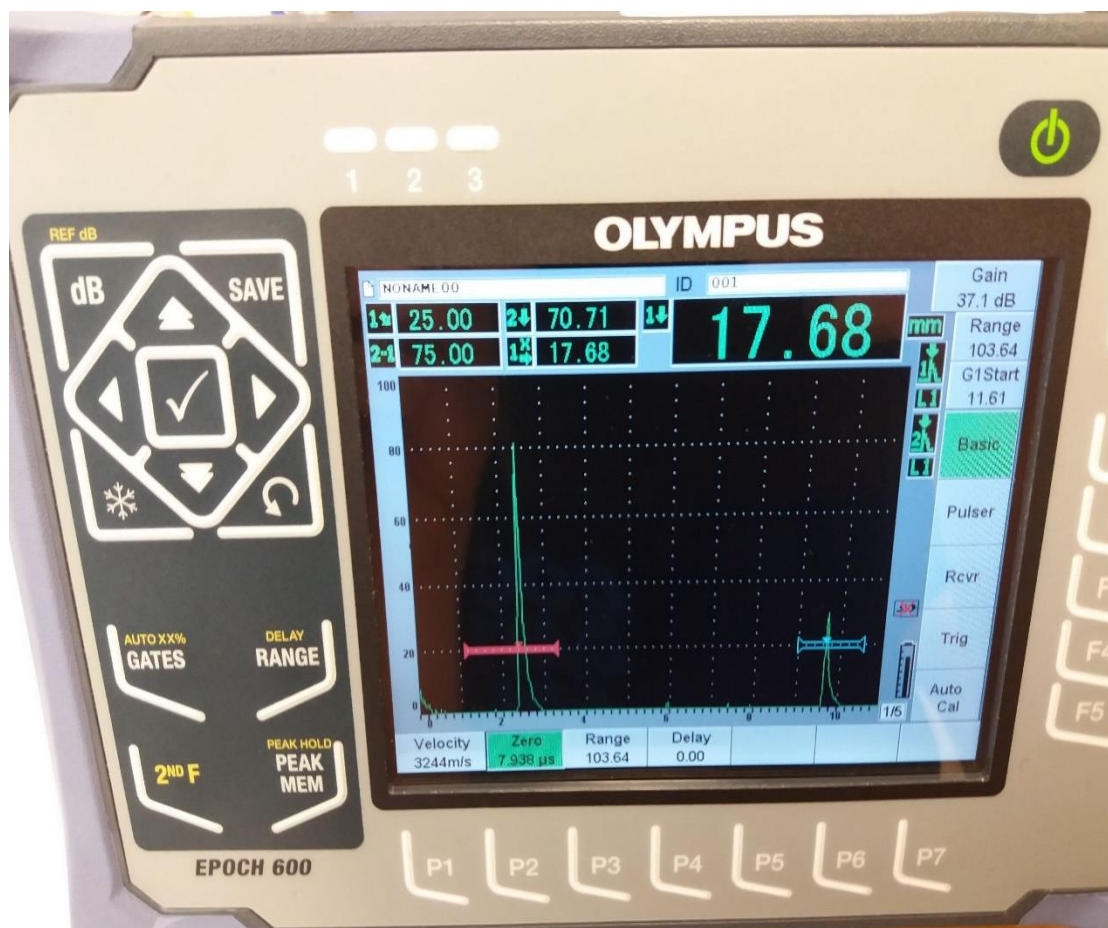
5.2.2 Digitaalinen röntgenkuvaus

Perinteinen filmi voidaan korvata myös digitaalisella paneelilla, jolloin kuva saadaan tallennettua suoraan tietokoneelle. Tällöin kuva saadaan reaaliaikaisesti näkyviin, jolloin mahdolliset virheet voidaan korjata jo heti kuvauksen jälkeen. Kuvattavaa kohdetta säteilytetään samaan tapaan kuin filmiä, mutta digitaalisessa röntgenkuvauksessa säteilyn vastaanottajana on digitaalinen paneeli, jonka sisällä olevat vastaanottimet muuttavat säteilyn digitaalseksi tiedoksi. Digitaalisessa muodossa olevia röntgenkuvia on paljon helpompi säilöä, verrattuna perinteisiin filmeihin.

5.2.3 Ultraäänitarkastus

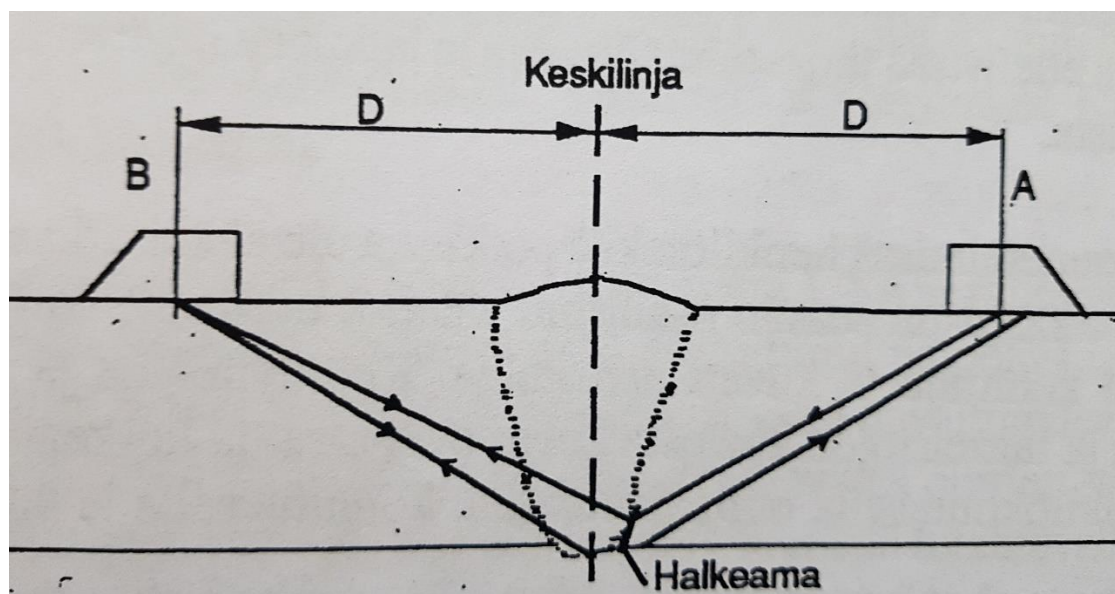
Ultraäänitarkastuksessa tutkittavaan kohteeseen lähetetään ääntä, jonka taajuus on yli 20 kHz. Tarkastus perustuu kappaleen muotojen ja sisäisten virheiden aiheuttamien äänen kaikuvoimakkuuksien vertailuun. Kaikuvoimakkuuksien perusteella voidaan päätellä virheiden sijainti ja koko. Ultraäänellä tarkastetaan niin materiaalia kuin hitsejä. Yleisimpiä etsittäviä vikoja ovat tasomaiset virheet. Ultraäänellä pystytään määrittämään niiden tarkka sijainti. (Martikainen J. 2009 s.176)

Ultraäänilaite lähettää luotaimen lyhyen jännitepulsin, ja luotain muuntaa tuon pulssin mekaaniseksi liikkeeksi, eli ääneksi. Ääni etenee kappaleessa niin kauan, että se kohtaa jonkin esteen, josta se heijastuu takaisin. Ääni tulee takaisin luotaimen ja luotain muuntaa äänen takaisin jännitepulsiksi, jolloin laite ilmaisee sen voimakkuuden ja etäisyyden laitteen näytöllä piikkinä. Koska äänennopeus on vakio tutkittavilla materiaaleilla, laite laskee lähetyksen ja vastaanoton välisen ajan avulla kaiun etäisyyden luotaimen pinnasta. Tällöin pystytään määrittämään kaiun tarkka sijainti.



KUVA 12. Kuvassa ultraäänilaite Olympus Epoch 600 (Kallio V. 2019)

Tarkastajan tehtävä on arvioida kaiun sijaintia ja voimakkuutta, tuleeko kaiku virheestä, vai jostain kappaleen muodosta aiheutuneesta kohdasta. Tällainen muoto on esimerkiksi kevennys hitsin vieressä. Jos kaiun arvioidaan tulevan virheestä, tulee sen koko määrittää.



KUVA 13. Äänen kulku luotaimesta kappaleessa virheeseen ja takaisin. (Martikainen J. 2009 s.187)

Ultraäänitarkastus on hyvä menetelmä virheiden paikantamiseen. Virheiden tunnistaminen ja koon määrittäminen ovat vaikeampia työvaiheita. Suurien virheiden koon arviointi tapahtuu virheen reunojen luotauksella ja pieniä virheitä arvioidaan vertailuvirheiden avulla. Ultraäänitarkastus on myös erittäin riippuvainen tarkastajasta. Löytyviä virheitä voi olla ajoittain erittäin vaikeaa tulkita.

Ääni vaimenee materiaaleissa eri tavalla. Vaimeneminen johtuu absorptiosta ja sironnasta. Absorptiossa värähtely vaimenee ja osa äänivärähtelystä muuttuu lämmöksi. Sironta johtuu materiaalissa olevista epäjatkuvuuksista, joista ääni heijastuu ja hajoaa. Tällaisia epäjatkuvuuksia ovat esimerkiksi materiaalin kiderakenteesta johtuvat raerajat, mikrohalkeamat ja sulkeumat. (Martikainen J. 2009 s.177)

Ultraääntä käytetään myös levyjen valssauksessa syntyvien laminaarisuoksien etsimiseen sekä paksuusmittaukseen. Paksuusmittauksien avulla pystytään määrittämään esimerkiksi kattilan osien kulu-neisuus kunnonvalvonnan yhteydessä. Lisäksi valmistuksen aikana, taivutettujen putkien taiteiden paksuuksia mitataan ultraäänellä. Myös erilaisten pinnoitteiden kiinnittyvyyttä toiseen materiaaliin tutkitaan ultraäänellä.

6 PEREHDYTTÄMISOHJE

Ennen opinnäytetyön aloitusta havaittiin paljon puutteita, niin uusien kuin vanhojenkin tarkastajien toiminnassa. Puutteita oli niin tarkastuksissa kuin raportoinnissakin. Kaikille tarkastajille ei ollut selvää mitä missäkin työvaiheessa tapahtuu, jolloin joitain tarkastuksia saattoi jäädä puuttumaan kokonaan, tai ne olivat tehty vain osittain. Myös vaihtelevan työkuorman takia jouduttiin lisäämään tarkastajia firman sisältä eri paikkakunnilta. Henkilöt, jotka tulivat muilta paikkakunnilta, eivät välttämättä tienneet kuinka tuotantolinjat toimivat.

Ideana oli lähteä kehittämään kirjallista ohjeistusta tukemaan perinteistä suullista perehdytystä, kuitenkin korvaamatta vanhaa ohjeistusta. Ohjeistuksella on tarkoitus saavuttaa laadukkaampi lopputulos, selittäen erilaisten kappaleiden eri työvaiheet, jolloin oikeat tarkastukset tulisi tehtyä oikea-aikaisesti oikeissa työvaiheissa. Jotta työvaiheet voitiin käydä läpi yksitellen, tuli ne selvittää jokaisen tuotantolinjan kohdalla erikseen.

6.1 Valmistuksen eri vaiheet

Tuotantolinjojen prosessi käytiin läpi vaihe vaiheelta. Warkaus Works Oy:n tuotanto on jaettu neljään eri tuotantolinjaan. Jokainen linja valmistaa eri osia kattiloihin. Näitä linjoja ovat kammiosolu, kirkaslinja, paneelilinja ja linkolinja. Jokaisella linjalla on näin ollen hieman erilainen tapa valmistaa tuotteita. Käymällä prosessin kaikki vaiheet läpi, pystyttiin tarkastukset kohdistamaan tiettyihin työvaiheisiin tuotteen valmistuksen aikana. Ohjeessa selitetään mitä tarkastuksia missäkin vaiheessa tulee tehdä.

6.1.1 Kammiosolu

Kammiosolu valmistaa kokooja- ja jakokammioita tulistimiin, ekonomaiseriin, keittopintaan ja kattilan seiniin. Tarkastuksissa käytetään kaikkia perinteisiä menetelmiä.

6.1.2 Linkolinja

Linkolinjalla valmistetaan tulistimia. Linkojen eli tulistinelementtien tarkastuksissa käytetään kaikkia muita yleisimpiä menetelmiä, paitsi ultraääntä.

6.1.3 Paneelilinja

Paneelilinja valmistaa ekonomaisereita ja keittopintoja. Näiden lisäksi linjalla valmistetaan myös tulispesän mustia seiniä. Myös kattilan pohja valmistetaan paneelilinjalla. Tarkastuksissa käytetään kaikkia perinteisiä menetelmiä.

6.1.4 Kirkaslinja

Kirkaslinja valmistaa kirkkaita seiniä, jolloin materiaalina on sanicro- ja compound-putket. Myös kattiloiden varaosia, esimerkiksi ohitusaukkoja valmistetaan tällä linjalla. Tarkastuksissa käytetään kaikkia perinteisiä menetelmiä.

6.2 Tarkastusten suoritus

Valmistettavien kappaleiden piirustuksista löytyy tarkastuksissa käytettävät menetelmät ja niiden laajuus. Warkaus Works Oy:llä on myös paljon sisäisiä ohjeita, joita tulee noudattaa tarkastuksia tehdessä. Sisäisissä ohjeissa käy myös ilmi joidenkin tarkastusten laajuus. Perehdytysohjeessa viitataan näihin ohjeisiin ja missä kohtaa niitä tulee noudattaa.

6.3 Dokumentointi

Itse fyysinen tarkastus on tärkein vaihe työn suorituksessa, mutta raportointi on myös yhtä tärkeää, ellei jopa tärkeämpää. Raportti on dokumentti tehdystä tarkastuksesta. Perehdytysohjeessa käydään läpi, mitä tietoja tarkastuksista tulee ottaa ylös tarkastuspöytäkirjoja varten. Tarkastustiedot ovat elintärkeitä, jotta pystytään tekemään oikeanmukainen pöytäkirja suoritetuista tarkastuksista.

7 LOPPUTULOS

Ohjeistus saatiin laadittua linjakohtaisesti. Ohjeiden avulla tarkastukset saatiin kohdistettua oikeille työvaiheille, jolloin tarkastuksien laatu parani. Tarkastaja ei voi tulla vain paikalle ja tehdä tarkastuksia tuntematta prosessia, materiaaleja tai valmistusmenetelmiä. Ohjeistuksella saatiin pienennettyä tarkastajista johtuvia laatueroja.

Raportoinnissa ilmenneet ongelmat paranivat myös. Ennen ohjeistusta, kaikilla tarkastajilla ei ollut tietoa mitä tietoja tarkastuksista piti ottaa ylös, jotta pystyttiin tekemään pöytäkirjat. Ohjeistuksen avulla oikeat tiedot saatiin kirjattua ylös, oikeassa vaiheessa. Kun pöytäkirjat olivat oikeelliset kerralla, eikä niissä ollut virheitä, saatiin pienennettyä raporttien toimitusaikaa.

Jokainen valmistettava kappale on yksilö, jolloin ohjeet eivät käy suoraan kaikkien valmistettavien kappaleiden tarkastuksiin. Ohje ei puutu myöskään tarkastuslaajuuksiin, koska tarkastuslaajuudet vaihtelevat eri loppuasiakkaiden vaatimuksista. Lisäksi loppuasiakkailta on monesti omia erityisvaatimuksiaan tarkastuksien suhteen, joita ei voi tietää etukäteen. Tällöin tarkastajan on selvitettävä, missä työvaiheessa mikäkin erityisvaatimuksena oleva tarkastus tehdään. Ohjeistus antaa siis vain yleiskuvan Warkaus Works Oy:n valmistuksen vaiheista. Ohjeistusta voisi kehittää lisäämällä aikojen saatossa tulevat erityisvaatimukset ohjeisiin.

8 YHTEENVETO

Työn aiheena oli kehittää perehdyttämisohje uusien ja vanhojen tarkastajien perehdyttämiseksi, jotta he osaavat työskennellä Warkaus Works Oy:n tiloissa. Tavoitteena oli yhtenäistää tarkastajien toimintaa, sekä varmistaa, että tarkastuksen laatu olisi henkilöstä riippumaton. Työ onnistui kohtalaisesti. Ohjeistuksella saatiin parannettua tarkastusten ja dokumenttien toimitusvarmuutta. Lisäksi raporttien toimitusaika pieneni.

Kirjoittaja aloitti työt DEKRA Industrial Oy:ssä keväällä 2016 ja kouluttautui sertifioiduksi 2-tason NDT-tarkastajaksi visuaali-, tunkeumaneste-, magneettijauhe- ja ultraäänimenetelmissä. Työn tekeminen alkoi kesäkuussa 2017 ja jatkui aina huhtikuuhun 2019. Työ viivästyi työkiireiden vuoksi.

Ohjeiden teossa Warkaus Worksin tuotannon vaiheet tulivat kirjoittajalle tutuksi, jonka lisäksi opittiin myös hitsauksesta ja materiaaleista. Tarkastajana saa hyvää tietoa myös sooda- ja voimakattiloista ja niiden toiminnasta. Nämä tiedot tukevat energiatekniikan koulutusohjelmassa saatuja tietoja, niin käytännön kuin teorian osalta.

Ohjeissa kuvataan tuotantolinjojen valmistuksen vaiheet yleisellä tasolla. Jokainen valmistettava kappale on hieman erilainen, jolloin työvaiheita voi tulla lisää ja ne voivat olla eri järjestyksessä. Ohjeisiin pitäisi lisätä näistä yleisimmät työvaiheet, jolloin ohjeistuksen puutteet pienenevät.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Martikainen J. 2009 Hitsauksen laadunvarmistus, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Konetekniikan osasto, Hitsaustekniikan ja lasertyöstön laboratorio

Ukkonen P. 2010 AEL NDT-Tekniikka, Radiografinen tarkastus 1- ja 2-tasolle

Åström T. 1978 NDT-Tarkastus, Käsikirja, Magneettijauh tarkastus

SFS-EN ISO 3452-1 2013, Rikkomaton aineenkoetus. Tunkeumanestetarkastus. Osa 1: Yleisperiaatteet

DEKRA Industrial Oy, WWW-dokumentti, luettu 23.3.2019

<https://www.dekra.fi/yritys/dekra-industrial-oy>

KIWA Inspecta Oy, WWW-dokumentti, luettu 23.3.2019

<https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelumme/ndt-tarkastus-eli-rikkomaton-aineenkoetus-ndt-non-destructive-testing/>

ANDRITZ Warkaus Works Oy, WWW-dokumentti, luettu 23.3.2019

<https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/locations/warkaus-works-oy>

LIITTEET

Liite 1 Tarkastuksien eteneminen: Kammiosolu, 3 sivua, luottamuksellinen

Liite 2 Tarkastuksien eteneminen: Kirkaslinja, 4 sivua, luottamuksellinen

Liite 3 Tarkastuksien eteneminen: Paneelilinja, 4 sivua, luottamuksellinen

Liite 4 Tarkastuksien eteneminen: Linkolinja, 3 sivua, luottamuksellinen