

Mikael Miettinen

Työkalun suunnittelu EMAT-ultraäänilaitteen luotaimelle

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2017

TYÖKALUN SUUNNITTELU EMAT-ULTRAÄÄNILAITTEEN LUOTAIMELLE

Miettinen, Mikael
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2017
Sivumäärä: 18
Liitteitä: 0

Asiasanat: NDT, paksuusmittaus, tuotekehitys, ultraääni, EMAT

Opinnäytetyö tehtiin Inspecta Oy:lle. Työn aiheena oli kehittää EMAT-ultraäänilaitteen luotaimelle työkalu eri kokoisten putkikäyrien paksuusmittausta varten. Kehittämisellä tavoiteltiin tarkastukseen kuluvan ajan vähentämistä, sekä tarkastuksen tehostamista.

Työ aloitettiin selvittämällä, minkä tyyppinen EMAT-luotain soveltuu pienikokoisten putkien paksuusmittaukseen. Sopivan luotaimen löytyttyä todettiin, että luotaimen toimivuus käyttökohteessa olisi testattava.

Työkalu saatiin suunniteltua toteutettavalle tasolle, mutta sitä ei ehditty valmistamaan tämän opinnäytetyön raportoinnin aikana. Tehty työ kuitenkin toimii hyvänä pohjana jatkokehitystä varten ja se myös edisti tutkimusta EMAT:in uusiin mahdollisiin käyttökohteisiin liittyen.

DEVELOPING A TOOL FOR EMAT ULTRASONIC DEVICE'S SENSOR

Miettinen, Mikael

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2017

Number of pages: 18

Appendices: 0

Keywords: NDT, thickness measurement, product development, ultrasound, EMAT

This thesis was made for Inspecta Oy. The purpose of this thesis was to develop a tool for EMAT ultrasonic device's sensor for thickness measurement of pipe elbows of different sizes. The goal of development was to decrease the time needed for inspections and to make inspections more efficient.

The first task was to find out what kind of EMAT sensor would be suitable for thickness measurement of small pipe elbows. After finding a suitable sensor it was discovered that the functionality of the sensor would have to be tested in practice.

The tool was designed to a practicable level but there wasn't enough time to manufacture it during the writing of this thesis. Done research however acts as a good base for further development and it also contributed towards research of new possible applications for EMAT.

SISÄLLYS

LYHENTEET JA TERMIT	5
1 JOHDANTO.....	6
2 INSPECTA.....	7
2.1 Konserni.....	7
2.2 NDT-tarkastus.....	7
3 ULTRAÄÄNITARKASTUS	8
3.1 Ultraääni.....	8
3.2 Ultraäänitarkastuslaitteisto (PZT ja EMAT).....	8
3.3 Luotaimet	9
3.3.1 Pietsosähköinen luotain (PZT)	9
3.3.2 Induktiivinen luotain (EMAT)	10
3.3.3 Luotaimen valinta tarkastusta varten.....	11
3.4 Paksuusmittaus.....	11
4 EMAT-LAITTEISTO	12
4.1 Innerspec PowerBox H	12
4.2 Kestomagneetti ja RF-kela.....	12
4.3 Luotaimen kiinnitettävä työkalu	15
5 TYÖKALUN SUUNNITTELU	15
5.1 Suunnittelun lähtökohdat	15
5.2 Materiaali	16
5.3 Rakenne.....	16
5.4 Suunnittelu	16
6 POHDINTA.....	17
LÄHTEET.....	18
LIITTEET	

LYHENTEET JA TERMIT

AUTOCAD	2D-mallinnusohjelma
CAD	Computer Aided Design
EMAT	Electro Magnetic Acoustic Transducer
NDT	Non-destructive testing
RF COIL	Radiofrequency coil
PZT	Piezoelectric Transducer
UT	Ultrasonic Testing

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Inspectalta löytyvän EMAT-ultraäänilaitteiston soveltuvuus putkikäyrien paksuusmittaukseen. Selvitystä varten on ensin suunniteltava ja valmistettava luotaimen kiinnitettävä pyörillä kulkeva työkalu, jolla luotainta voidaan kuljettaa putken pintaa pitkin.

EMAT on vuosia sitten läpimurtoa tehnyt ultraäänitarkastusmenetelmä, joka on lähes kaikin tavoin pietsosähköistä menetelmää parempi. Esimerkiksi laitoshuolloissa suoritettavat tulistinputkien käyrien paksuusmittaukset voitaisiin mahdollisesti suorittaa nykyistä tehokkaammin EMAT:illa. Normaalisti tulistinputkia joudutaan pesemään ja hiomaan, jotta tarkastuksia päästään suorittamaan pietsosähköisellä menetelmällä. Tämä vähentää turhaan ainevahvuutta ja vie runsaasti aikaa. EMAT:illa tarkastukset voidaan suorittaa epäpuhtauksista huolimatta, sillä ultraääni syntyy suoraan materiaalissa ilman luotaimen kosketusta. Luotaimen on kuitenkin oltava hyvin lähellä tarkastettavaa materiaalia.

Työ tehdään yhteistyössä Inspectan EMAT-tarkastuksia suorittavien NDT-tarkastajien sekä muun henkilökunnan kanssa. Suunnittelu ja raportointi ovat vastuullani ja suunniteltavan työkalun valmistuksessa ja testaamisessa auttaa Inspectan henkilökunta.

2 INSPECTA

2.1 Konserni

Inspecta on Pohjois-Euroopassa toimiva tarkastus-, testaus-, sertifiointi-, konsultointi- ja koulutusalan palveluyritys. Ennen 1990-lukua monissa maissa tarkastusyrietykset olivat julkisessa omistuksessa. Suomen markkinoiden vapauduttua vuonna 1998 Teknillinen tarkastuskeskus muuttui Inspecta Oy:ksi. Siitä lähtien Inspecta on laajentanut toimintaansa Suomessa sekä sen ulkopuolelle Ruotsiin, Latviaan, Viroon, Norjaan, Tanskaan, Liettuaan ja Puolaan. (Inspectan www-sivut, 2017)

Hollantilainen Kiwa Group on omistanut Inspectan päivämäärästä 9.6.2015 lähtien. Inspectan liikevaihto oli 176 miljoonaa euroa vuonna 2013 ja henkilöstömäärä on 1600. (Inspectan www-sivut, 2017)

2.2 NDT-tarkastus

NDT-tarkastukset eli rikkomaton aineenkoetus on yksi Inspectan tarjoamista palveluista. NDT on nimensä mukaisesti testaamista ilman tarkastettavan kohteen vahingoittamista. ”NDT-tarkastukset soveltuvat muun muassa materiaalien eheyden määrittelyyn, tuotekehityksen tueksi, valmistuksen seurantaan, kehittämiseen tai valvontaan sekä valmistuksen ja asennuksen laadunvarmistukseen.” (Inspectan www-sivut, 2017)

Tarkastettavasta kohteesta riippuen voidaan valita joko yksi tai useampi NDT-menetelmä laadun varmistamiseksi. Inspecta toteuttaa NDT-tarkastuksia seuraavilla menetelmillä:

- Silmämääräiset tarkastukset (VT) ja endoskooppitarkastukset
- Magneettijauhetarkastukset (MT)
- Tunkeumanestetarkastukset (PT)
- Radiografiset tarkastukset (RT)
- Ultraäänitarkastukset (UT)

- Pyörrevirtatarkastukset (ET)
- Vuototarkastukset (LT)
- Materiaalintunnistus (PMI)
- Edistynyt RT: digitaalinen radiografia (Digiröntgen)
- Edistynyt UT: Phased Array-, TOFD-, EMAT-, IRIS-, TSCAN-, Floorscan- ja Pipescan-tarkastukset, pitkän ja lyhyen kantaman ultraäänitarkastus
- Edistynyt ET: LFET-, MFL-, SLOFEC-, eddyMax- ja array ET
- Akustinen emissiomittaus

(Inspectan www-sivut 2017)

3 ULTRAÄÄNITARKASTUS

3.1 Ultraääni

Ultraäänellä tarkoitetaan ääntä, jonka taajuus on ihmiskorvan kuuloaluetta korkeammalla. Ihmiskorvan kuuloalue on normaalisti 16 Hz...20 kHz taajuusalueella ja ultraäänit taajuusalueella 20 kHz...100 MHz. Ultraäänitarkastukset suoritetaan yleensä taajuusalueella 0,5-10 MHz. Ultraäänit ovat kaikkien ääniaaltojen tapaan mekaanista värähtelyä. (Ultraäänitarkastus I)

Tyhjiössä ääni ei etene, joten edetäkseen ääni vaatii väliaineeksi jonkin aineen kolmesta esiintymismuodosta: kaasu, neste tai kiinteä aine. Äänennopeus materiaalissa on materiaalikohtainen vakio. (Ultraäänitarkastus I)

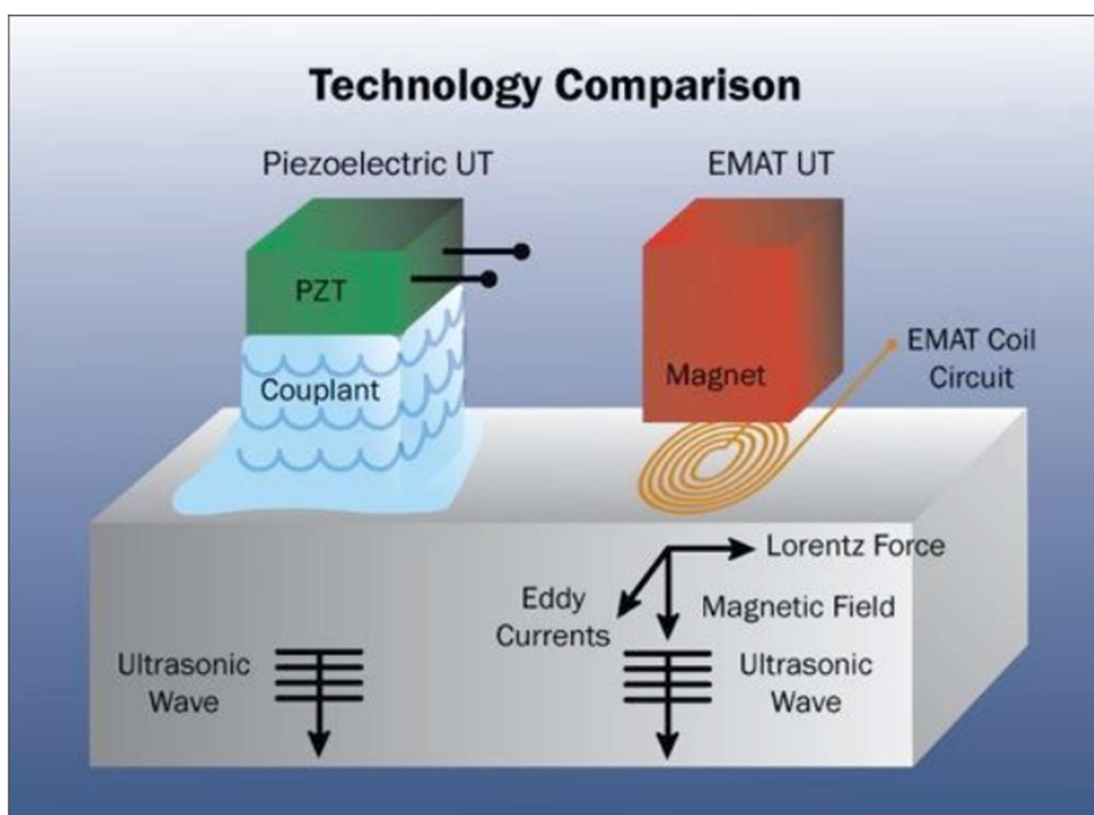
3.2 Ultraäänitarkastuslaitteisto (PZT ja EMAT)

Molempien tarkastusmenetelmien laitteistoon kuuluvat ultraäänilaitte, erilaiset luotaimet sekä näiden välille kytkettävä kaapeli. Luotaimet voivat olla mm. ultraääntä lähettäviä ja vastaanottavia normaali- tai kulmaluotaimia. Normaali luotain lähettää ultraääntä kohtisuoraan tarkastettavaan pintaan nähden ja kulmaluotain tietyssä kul-

massa. Joissain tarkastuksissa käytetään kahta luotainta, joista toinen lähettää ultraääntä ja toinen vastaanottaa (TOFD).

3.3 Luotaimet

Pietsosähköisen ja induktiivisen ultraäänimenetelmän luotaimet poikkeavat toisistaan rakenteiltaan sekä toimintatavoiltaan. Kuvassa 1 on havainnollistettu luotaimien toimintatavat.

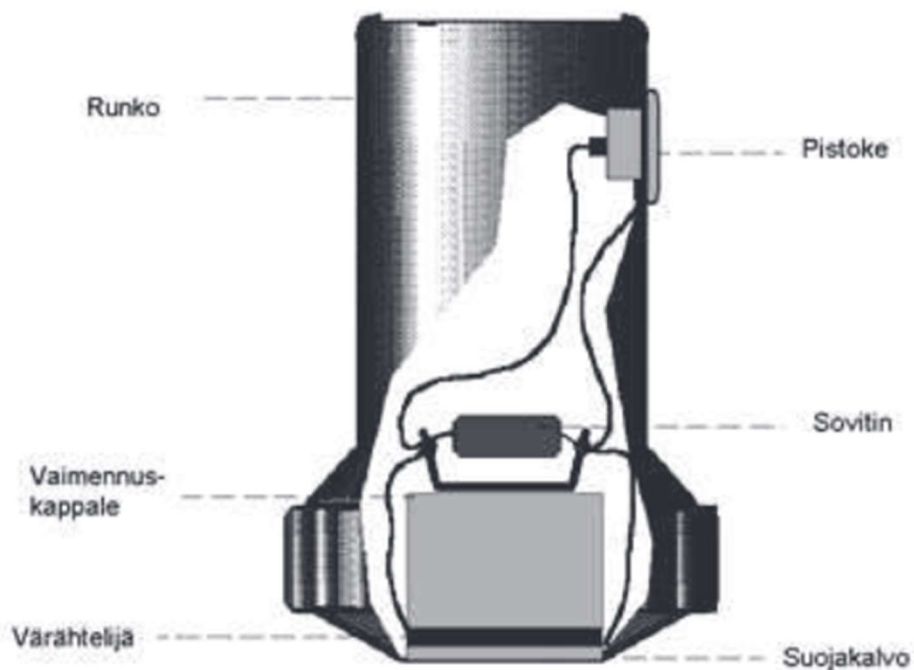


Kuva 1. Luotaimien toimintatavat. (Innerspecin www-sivut 2017)

3.3.1 Pietsosähköinen luotain (PZT)

Ultraääni synnytetään pietsosähköisessä kiteessä kohdistamalla siihen jännitettä. (Innerspecin www-sivut 2017) Pietsosähköinen menetelmä vaatii nestettä luotaimen ja materiaalin väliin, jotta luotaimen kiteessä syntyvä ultraääni pääsee kulkeutumaan materiaaliin. Kytöntä neste voi olla esimerkiksi öljyä, geeliä tai liisteriä, kunhan se soveltuu tarkastettavalle materiaalille ja pysyy materiaalin pinnalla tarkastuksen ajan.

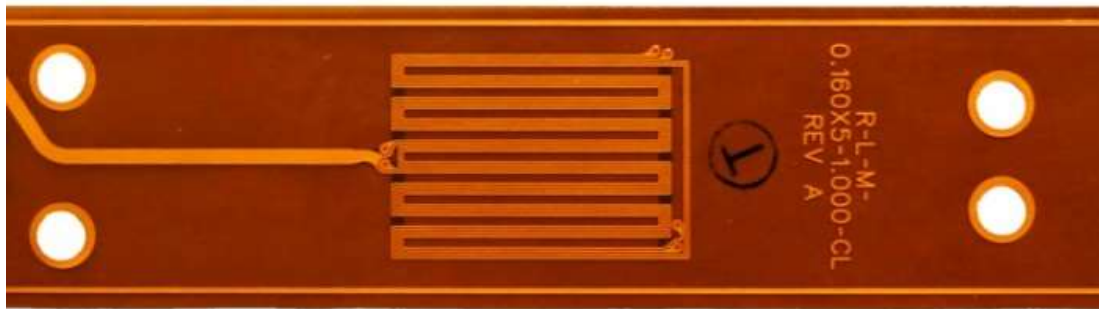
Ultraääneen suunta riippuu siitä, kuinka luotaimen sisällä oleva kide on suunnattu. (Ultraäänitarkastus I)



Kuva 2. Normaaliluotaimen rakenne. (Ultraäänitarkastus I)

3.3.2 Induktiivinen luotain (EMAT)

Magneetista ja RF-kelasta koostuvan luotaimen tapa synnyttää ultraääntä perustuu Lorentzin voimaan sekä Joulen ilmiöön. (Innerspecin www-sivut 2017) Induktiivinen menetelmä ei vaadi kytkentänestettä, sillä ultraääni syntyy suoraan tarkastettavaan kappaleeseen. Materiaalissa syntyvän ultraääneen suunnan määrää käytetyn RF-kelan muoto. (Introduction to EMAT) Käytettävän magneetin voimakkuuden lisäksi tarkastettavan materiaalin sähkönjohtavuus vaikuttaa ultraäänen voimakkuuteen materiaalissa. (Lehtinen sähköposti 19.4.2017)



Kuva 3. RF-kela (racetrack). (Innerspecin www-sivut 2017)

3.3.3 Luotaimen valinta tarkastusta varten

Luotaimilla on runsaasti muuttujia, jotka vaikuttavat kuinka ultraääni kulkee materiaalissa ja millaisia tuloksia saadaan. Seuraavat asiat tulee ottaa huomioon tarkastukseen sopivaa luotainta valittaessa:

- tarkastettavan kohteen geometria
- liitoksen geometria
- perusaineen ja hitsin materiaali
- etsittävät viat
- löytyneen vian koonmääritys
- ohje tai standardi

(Ultraäänitarkastus II)

3.4 Paksuusmittaus

Tämän työn kannalta oleellisin ultraäänitarkastuksen tyyppi on paksuusmittaus. Pietosähköisellä menetelmällä paksuusmittaus suoritetaan normaaliluotaimella. Induktiivisessa menetelmässä paksuusmittaus onnistuu luotaimella, joka koostuu spiraalin muotoisesta RF-kelasta ja magneetista. Paksuusmitattaessa ultraääntä suunnataan materiaalin pohjaan kohtisuoraan pintaan nähden. Paksuusmittaus perustuu ultraää-

nen heijastumiseen materiaalin pohjasta takaisin luotaimeen. Ultraäänilaite mittaa tähän kulunutta aikaa ja laskee materiaalin paksuuden.

4 EMAT-LAITTEISTO

4.1 Innerspec PowerBox H

PowerBox H on EMAT-ultraäänilaite, johon voidaan liittää erilaisia luotaimia. Ultraäänien kulkemaa matkaa tarkastellaan näytöltä kuljetun ajan funktiona.



Kuva 4. EMAT-ultraäänilaite. (Inspecta Suomi, P. 2015)

4.2 Kestomagneetti ja RF-kela

Ennen työkalun suunnittelun aloittamista oli valittava sopiva RF-kela, sekä sen kanssa yhteensopiva kestopagneetti. Valinnan kriteereinä oli soveltuvuus DN40 ja sitä suurempien putkikokojen paksuusmittaamiseen. Pienissä ainevahvuuksissa magneettikentän voimakkuus ei saa myöskään olla liian suuri.

Paksuusmitattavien putkikokojen pienen koon perusteella valittiin Inspectalta löytyvät pienin kestmagneetti ja sen kanssa yhteensopiva RF-kela. Soveltuvuus käyttökohteeseen ei ole varmaa käytännössä.

Normaalisti käytettävät luotaimet ovat varustettu joko sisäänrakennetulla tai irrotettavalla RF-kelalla. Kuvissa 5 ja 6 näkyy sisäänrakennetulla RF-kelalla varustettu kuumille pinnoille sopiva luotain.



Kuva 5. Sisäänrakennetulla RF-kelalla varustettu EMAT-luotain kiinnitettynä ultraäänilaitteeseen. (Inspecta Suomi, P. 2015)



Kuva 6. Vaurioitunut sisäänrakennetulla RF-kelalla varustettu EMAT-luotain.

Suunnittelun kohteeksi valittiin luotain, jossa RF-kela on irrotettava. Magneetin ruuvireiät mahdollistavat työkalun tukevan kiinnityksen.



Kuva 7. Innerspecin EMAT-luotain irrotettavalla rullatyökalulla. (Ruuska 2017)

4.3 Luotaimen kiinnitettävä työkalu

Kuvassa 8 näkyvä luotaimen kiinnitettävä rullatyökalu on tarkoitettu suorien tai hyvin loivien kohteiden tarkastusta varten. Työkalu ei ole säädettävä.



Kuva 8. Innerspecin rullatyökalu. (Innerspecin www-sivut 2017)

Kyseisellä työkalulla ei voida kuljettaa luotainta säteeltään jyrkkää putkikäyrää pitkin, sillä RF-kela joutuisi kosketuksiin pinnan kanssa ja vaurioituisi. Innerspecillä ei tällä hetkellä ole tarjolla työkalua haluttuun käyttötarkoitukseen. Tämän vuoksi oman työkalun kehittäminen on tarpeen.

5 TYÖKALUN SUUNNITTELU

5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Käytettävissä olevan EMAT-laitteiston yhteensopivuuden määrittämiseksi tarkasteltavana oleville putkikokoille haluttiin ensin suunnitella mahdollisimman yksinkertainen työkalu. Pyörillä varustetulla työkalulla pitäisi pystyä kuljettamaan luotainta putkikäyrän ulkopintaa pitkin siten, ettei RF-kela kosketa putken pintaa. Suunnittelun lähtökohtana olivat seuraavat asiat:

- yksinkertaisuus
- kestävyys
- säädettävyys

5.2 Materiaali

Putken ja luotaimen välille syntyvän magneettikentän voimakkuus on suuri. Materiaalin on oltava lujaa, se ei saa häiritä magneettikenttää ja sen on mahdollisesti kestävä rajuja olosuhteita. Vaihtoehtoisiksi valittiin alumiini ja haponkestävä teräs.

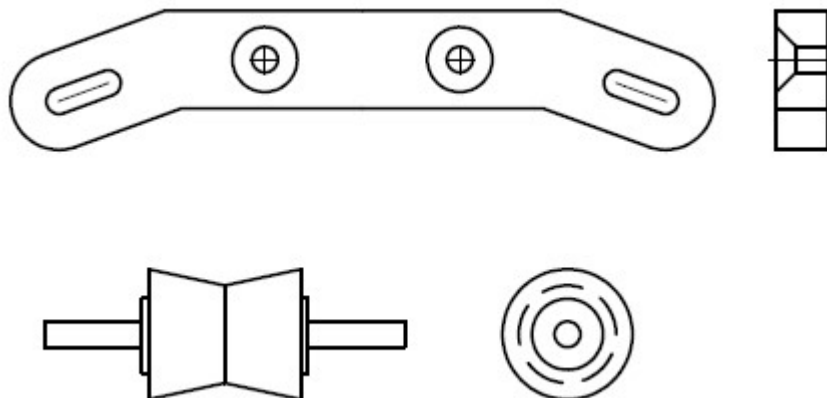
5.3 Rakenne

Rakenteen on oltava tukeva ja vähän tilaa vievä. Lähtökohtana oli, että työkalu koostuisi kahdesta metallilevystä ja näiden välillä olevasta kahdesta tiimalasin muotoisesta renkaasta. Alustavasti säätöalueen tulisi olla putkikoosta DN40 ylöspäin ja eri käyrien säteille sopiva. Luotaimen on oltava hyvin lähellä tarkastettavaa putkea. Työkalu kiinnitetään luotaimen neljällä ruuvilla.

5.4 Suunnittelu

Jo suunnitteluvaiheessa todettiin, että suunnittelutyötä ei ehdittäisi viemään valmistukseen asti tämän opinnäytetyön raportoinnin aikana. Työkalun tuotekehitys jätettiin suunnitelman tasolle. Suunnittelussa käytettiin AutoCad LT 2017 -ohjelmistoa.

Suunniteltu työkalu koostuu kahdesta metallilevystä ja niiden välisestä tukirakenteesta, kahdesta renkaasta sekä renkaiden lukitusmuttereista. Säätövaraa eri kokoisille putkille saadaan uraa pitkin liikutettavista renkaista.



Kuva 9. Prototyypin CAD-suunnitelma.

6 POHDINTA

Aikataulumuutosten takia työkalua ei ehditty valmistamaan tämän opinnäytetyön raportoinnin aikana. Työkalun prototyyppi valmistetaan mahdollisesti ensi syksyn aikana. Työkalun rakenne kuitenkin suunniteltiin toteutettavalle tasolle. Prototyypin valmistuksen jälkeen saadaan testattua kuinka tutkimuksen kohteena ollut luotain toimii käytännössä.

Tehty työ toimii hyvänä pohjana jatkokehitykselle ja se myös edisti tutkimusta EMAT:in uusiin mahdollisiin käyttökohteisiin liittyen.

LÄHTEET

Inspecta Suomi, P. 2015. EMAT – Karo Ruuska Inspecta NDT 19 2 2015 hires. Viitattu 8.4.2017. <https://youtu.be/zbUeXEArBA>

Inspectan www-sivut. 2017. Viitattu 8.3.2017. <http://www.inspecta.com/fi/>

Ruha Matti, P. 2017. Ultraäänitarkastus I ja II. Inspectan ultraäänitarkastuskurssin koulutusmateriaali.

Innerspecin www-sivut. 2017. Viitattu 10.3.2017. <http://www.innerspec.com/en/>

Lehtinen, M. Keskustelu EMAT:ista. Vastaanottaja: Miettinen, M. Lähetetty 19.4.2017 klo 9:35. Viitattu 19.4.2017

