

FIXBOAT

SELVITYS KOPUTTELU- TARKASTUSLAITTEISTA

Antti Ylhäinen
Mikkelin ammattikorkeakoulu
Materiaalitekniikka

15.2.2011

SISÄLTÖ

1	Johdanto	2
2	Computer-Aided Tap Testing (CATT) System	3
2.1	Käyttö	4
2.2	Mitä sillä voidaan löytää?.....	4
2.3	Hinta	4
3	Woodpecker	6
3.1	Käyttö	6
3.2	Mitä sillä voidaan löytää	7
3.3	Hinta	7
3.4	Käytännön kokemuksia Woodpeckeristä	8
4	RD ³ Electronic Digital Tap Hammer	9
4.1	Käyttö	9
4.2	Mitä sillä voidaan löytää	10
4.3	Hinta	10

1 JOHDANTO

Koputtelu on yksinkertainen ja yleisesti käytetty menetelmä muovikomposiittirakenteiden vaurioiden paikantamisessa. Menetelmä perustuu koputuksessa syntyvän äänenkorkeuden vaihteluihin rakenteen paksuuden muuttuessa. Erojen havaitseminen kuitenkin riippuu täysin testaajan kokemuksesta ja kuuloaistista. Myös koputtelutapa ja –voima ovat yksilöllisiä. Lisäksi ympäristön melu voi häiritä tarkastusta. Siksi on kehitetty instrumentoituja koputtelulaitteita, joiden avulla käyttäjän ja ympäristön merkitys testauksessa saataisiin eliminoiduksi. Tällöin testit olisivat myös paremmin toistettavissa, ja tulokset keskenään vertailukelpoisia.

Tässä raportissa on vertailtu kolmea instrumentoitua koputtelutestilaitetta eri valmistajilta. Raportissa kerrotaan laitteiden käyttötapa, mitä niillä voidaan löytää ja paljonko ne maksavat.

2 COMPUTER-AIDED TAP TESTING (CATT) SYSTEM

CATT on automatisoitu koputtelu- tarkastuslaite, jonka toiminta perustuu tarkasteltavan pinnan jäykkyyserojen havaitsemiseen. Siinä missä tavanomainen koputtelutarkastus perustuu äänen sävyn vaihtumiseen ehjän ja rikkoutuneen kohdan välillä, mittaa CATT iskuun kulunutta aikaa. Tiedot syötetään edelleen tietokoneelle, joka piirtää C-kuvan tutkittavasta alueesta, paljastaen rakenteen erikoisosat ja vauriot. Laitteella on myös mahdollista tehdä kuvia, jotka osoittavat rakenteen paikallisen jäykkyyden ja vaurion aiheuttaman prosentuaalisen häviön jäykkyydessä. Tietoa voidaan kerätä joko koputtelemalla pienellä käsianturilla, tai käyttämällä tietokoneen hiirtä muistuttavaa puoliautomaattikoputtajaa, jolla suurten alueiden tarkastus käy nopeasti. Laite on helppokäyttöinen, eikä vaadi juuri lainkaan koulutusta käyttäjältä. Alun perin CATT kehitettiin lentokoneteollisuuden tarpeisiin (mm. NASA), mutta sille on löytynyt käyttäjiä myös venetarkastajien keskuudesta.



Kuva 1. CATT-laitteisto.

2.1 Käyttö

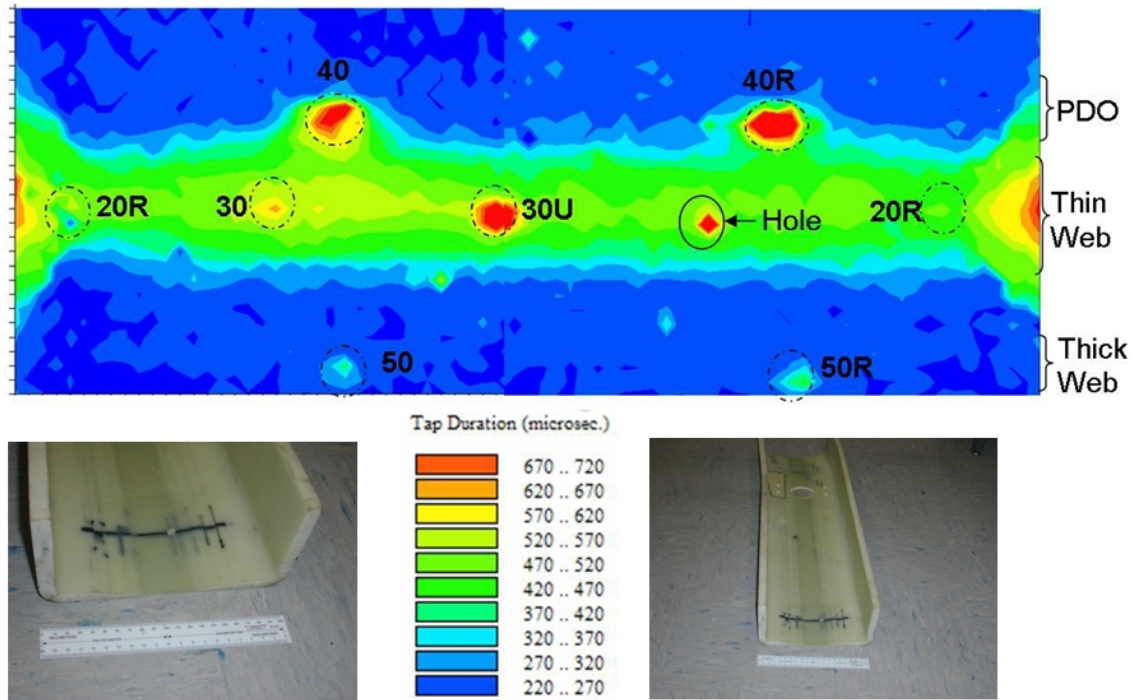
Tarkastettava alue jaetaan pieniin ruutuihin. Käyttäjä kopouttaa jokaista ruutua joko manuaalisesti pienellä käsianturilla, tai vaihtoehtoisesti käyttäen puoliautomaattikoputtajaa, joka koputtaa tasaisin välein kun sitä työnnetään pintaa pitkin. Puoliautomaattikoputtajalla suuriakin alueita voidaan tarkastaa nopeasti. Tiedot siirretään PC:lle joka muuttaa ne helposti ymmärrettävään graafiseen muotoon C-kuvaksi, jossa eri värit kuvaavat eroja pinnan jäykkyydessä.

2.2 Mitä sillä voidaan löytää?

CATT pystyy löytämään pinnan ja ydinaineen välisiä liitosvikoja, iskun tai ylirasituksen aiheuttamia ydinainevaurioita, onkaloita, sulkeumia, korjauksien liitosvikoja sekä vahvikkeiden ja palkkien sijainnin. CATTin käyttöä eniten rajoittava tekijä on pintalaminaatin paksuus. Laitteen edustajan mukaan kerroslevyrakenteilla CATT toimii 1,5 mm paksuuteen asti. Kuitenkin valmistajalta saadussa kuvassa (kuva 2) on esitetty mittaustulos, jossa iskumaisia vaurioita on havaittu vielä 10 mm paksuisesta umpilaminaatista. Valmistajan mukaan vaurion löytyminen riippuu sen sijaintisyvyydestä ja suuruudesta.

2.3 Hinta

Koko paketin hinta on \$5950 (elokuu 2010), mikä sisältää elektroniikkalaatikon, käsitestausanturin, puoliautomaattikoputtajan, miniläppärin + ohjelmistot, sekä vesitiiviin salkun. Ilman puoliautomaattikoputtajaa paketti maksaa \$3550.



Tap test image of impact damages on a C-spar (thin web 2 mm, thick web 10 mm, cap 13 mm) Tap test contact time in microseconds are shown in color. Values associated with damage (20, 30, 40, and 50) are the incident impact energy in Joules.

Kuva 2. Esimerkki jäykistepalkin CATT-mittauksesta. Ylhäällä mittausdatasta luotu C-kuva.

Lisätietoa www.asi-nde.com.

Video puoliautomaattikoputtajan toiminnasta <http://www.asi-nde.com/cart/cart.htm>

3 WOODPECKER

Woodpecker on käsi­käyt­­töinen digitaalinen koputteluvasara metalli- ja komposiittirakenteiden tarkastukseen. Laite koostuu solenoidikäyttöisestä iskuvasarasta, sekä ohjainosasta. Kun vasara iskee tarkasteltavalle pinnalle, vasaran voima-anturi mittaa iskuun kuluneen ajan. Voima-anturilta tiedot välittyvät laitteen keskusyksikköön. Iskuaika näkyy myös laitteen selkäpuolella olevalla LCD-näytöllä. Näytön alapuolella olevat eriväriset ledit ilmoittavat vaihteluista pinnan jäykkyydessä, mikä puolestaan viittaa vaurioon, tai muuhun poikkeavuuteen.



Kuva 3. XY-piirturilla varustettu Woodpecker WP-632AM

3.1 Käyttö

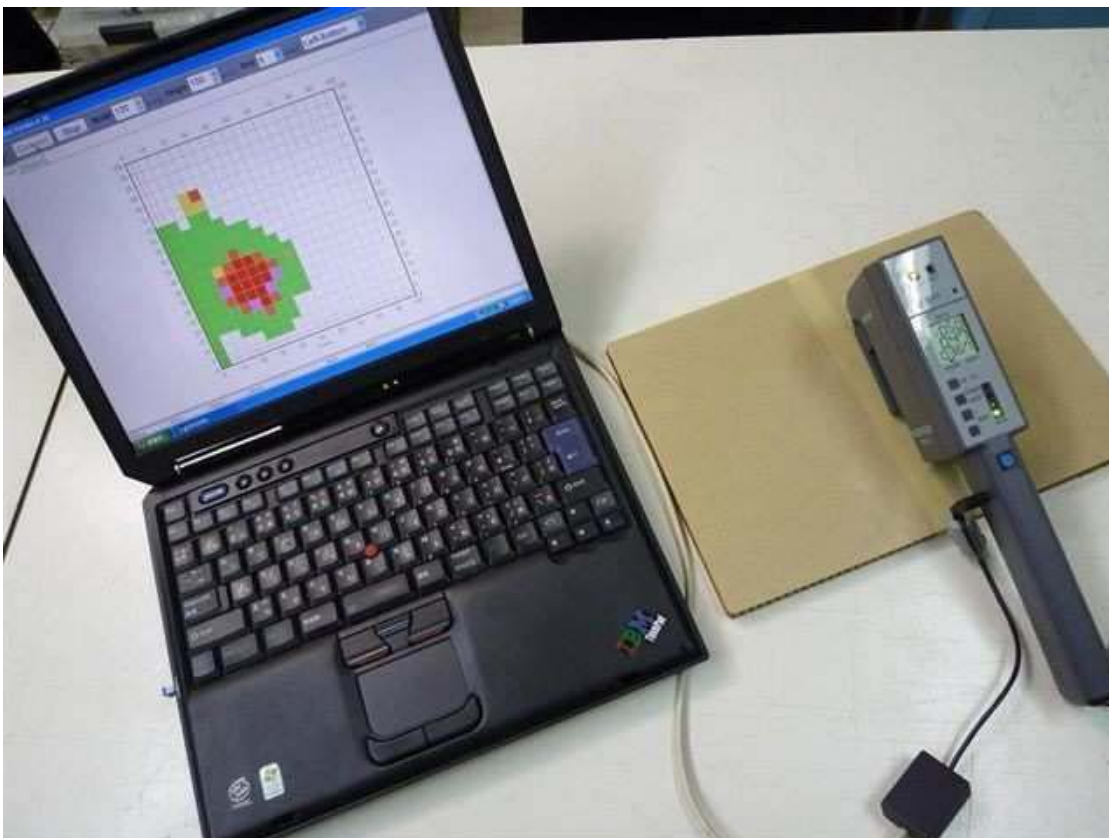
Laitetta käytetään asettamalla se testattavan kohteen päälle ja painamalla nappia, jolloin paristokäyttöinen vasara alkaa koputtamaan kohteen pintaa. Tarkastus aloitetaan koputtamalla vaurioitumatonta aluetta, jolloin laite tallentaa vasteajan ja käyttää sitä referenssinä. Kun tarkasteltavaa aluetta koputetaan, laite vertaa vasteaika referenssiarvoon. Jos vasteaika on vertailuarvoa pidempi, laite ilmoittaa siitä erivärisillä ledeillä ja äänimerkillä. Laitteeseen voidaan hankkia erillinen XY-piirturi, jonka avulla tutkittavasta alueesta voidaan luoda kartta, jossa pinnan jäykkyyden vaihtelut/vaurioalueet on kuvattu eri värein.

3.2 Mitä sillä voidaan löytää

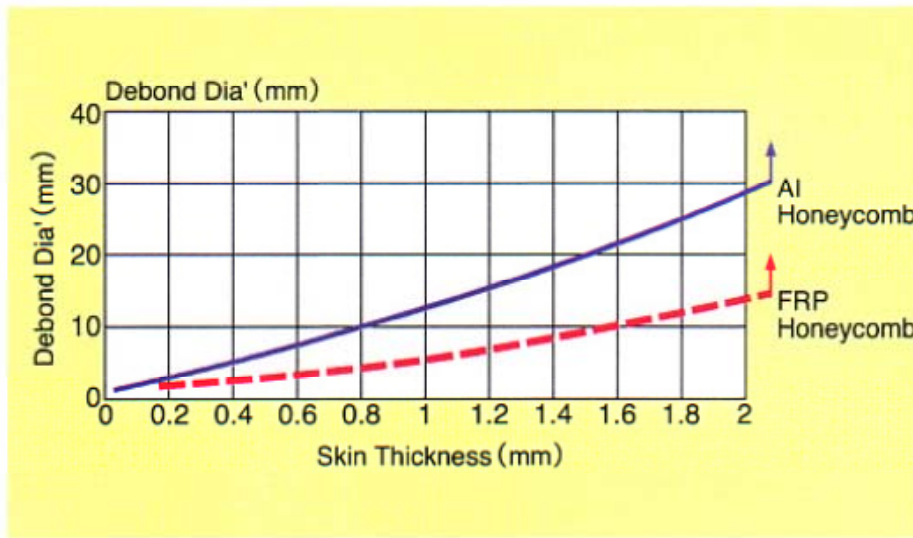
Woodpecker havaitsee mm. delaminaatioita, ydinainevikoja, ydinaineen ja kuoren välisiä tartuntavikoja ja jäykisteiden sijainnin. Laitteen havaitsemisherkkyys riippuu kuorilaminaatin paksuudesta ja vian suuruudesta. Herkkyys pienenee laminaatin paksuuden kasvaessa, jolloin myös vian on oltava suurempi tullakseen havaituksi. Herkkyyteen vaikuttaa myös laitteen iskuvasaran materiaali. Alumiinipäällä voidaan havaita halkaisijaltaan yli tuuman kokoiset viat vielä 4 mm kuorilaminaatin läpi (alumiinikennolla varustetusta kerroslevylaminaatista). Laitetta voidaan käyttää sekä kenno- että vaahtoydinaineilla varustettujen kerroslevylaminaattien tarkastuksiin. Massiivilaminaateilla Woodpecker toimii jälleenmyyjän mukaan 5 mm asti.

3.3 Hinta

Woodpecker WP-632AM XY-piirturilla maksaa £7580 (helmikuu 2011). Pakettiin kuuluu itse laitteen ja piirturin lisäksi säilytyskassu, käyttöohjeet, takuu, testisertifikaatti, suojaava käsiosa, ohjelmisto ja kaapelit. Ilman piirturia paketti maksaa £6224.



Kuva 4 Woodpeckerin XY-piirturilla tutkittavasta alueesta voidaan tehdä vauriokartta.



Kuva 5 Laminaatin paksuuden (X-akseli) vaikutus löydettyvän vian kokoon (Y-akseli)

Lisätietoa <http://www.jrtech.co.uk/web/en/ndt-and-inspection>

3.4 Käytännön kokemuksia Woodpeckeristä

Pääsimme kokeilemaan Woodpeckeriä vieraillessamme Finnairin NDT-osastolla Vantaalla 18.4.2012. Laitetta kokeiltiin 20 mm paksuun, katkokuitulujitteesta ja ortoftaalihartsista valmistettuun testipaneeliin, johon oli laminoitu keinotekoisia delaminaatiovaurioita. Vauriot vaihtelivat lievimmästä 5x7 cm teflonteipinpalasta vakavimpaan märkää-kangasta-minigrip-pussissa –tyyppiseen vaurioon. Syvimmät vauriot sijaitsivat laminaatissa 10 mm syvyydellä.

Finnairin Woodpecker oli vanhempaa mallia, jossa ei ollut digitaalista lcd-näyttöä, eikä piirturia. Laitteessa oli ainoastaan led-valot, joiden väri vaihtui vasteajan mukaan. Laite kalibrointiin koputtamalla laminaatin ehjää kohtaa. Vauriokohdissa ledien väri vaihtui vihreästä keltaisen kautta punaiseen, riippuen vaurion vakavuudesta. Laite antoi äänimerkin punaisen ledin syttyessä. Koputusnopeutta voitiin säätää portaattomasti. Yllättävää oli, että Woodpecker havaitsi vielä 10 mm syvyydellä olleita vaurioita. Ledien lisäksi itse koputuksesta syntynyt ääni auttoi vauriokohtien paikantamisessa, koska laite koputti jatkuvasti samalla voimalla. Kaiken kaikkiaan laite tuntui toimivalta ja helppokäyttöiseltä apuvälineeltä delaminaatioiden paikantamiseen.

4 RD³ ELECTRONIC DIGITAL TAP HAMMER

Boeingin kehittämä RD³ koostuu vasarasta ja siihen johdolla kytketystä ohjainyksiköstä. Vasarassa on kiihtyvyyssanturi, joka on kytketty ohjainlaatikon logiikkapiiriin. Kiihtyvyyssanturi mittaa iskuun kuluneen ajan ja lähettää siitä tiedon ohjainyksikölle. Ohjainyksikön näytöllä näkyvä lukema vastaa tarkasteltavan pinnan jäykkyyttä. Mitä suurempi luku, sitä suurempi on todennäköisyys että pinnan alla piilee vika.



Kuva 6. RD3 electronic digital tap hammer

4.1 Käyttö

RD³:n käyttö on hyvin yksinkertaista. Vasaraosalla lyödään tarkasteltavan kappaleen pintaan ja jäykkyyttä vastaava lukema katsotaan ohjainyksikön näytöltä. Ennen varsinaista testausta haetaan perustaso koputtamalla tarkasteltavan kappaleen ehjää kohtaa. Yli 10 % poikkeamat perustasosta yleensä viittaavat jonkinlaiseen vaurioon, tai muuhun epäjatkuvuuskohtaan. Iskuvoimalla ei ole juurikaan merkitystä tuloksiin, paitsi jos lyödään liian hiljaa. Tällöin näytöllä näkyy luku 0.

4.2 Mitä sillä voidaan löytää

Laitetta voidaan käyttää komposiitti- ja metalliosien tarkastukseen, ja sillä on mahdollista löytää iskumaisia vaurioita, delaminaatioita, liimausvikoja. Lisäksi se voi antaa viitteitä matriisiaineen huononemisesta. Laite on ensisijaisesti kehitetty lentokoneteollisuuden tarpeisiin, ja toimii näin ollen parhaiten ohuilla laminaateilla. Valmistajan mukaan sillä on kuitenkin pystytty löytämään iskun aiheuttamia delaminaatioita 6 mm paksuisesta grafiitti/epoksi –laminaatista.

4.3 Hinta

Hinta ei ole toistaiseksi tiedossa. Laitetta valmistaa ja myy Wichitech Industries Inc. Paketti sisältää vasaran ja johdon, ohjainyksikön ja säilytyssalkun.

Lisätietoja <http://www.wichitech.com>

Video RD³:n käytöstä <http://www.youtube.com/watch?v=JDLZWUf1EiU>