

TECNICHE DI IMAGING MAGNETICHE ED A CORRENTI INDOTTE PER LA DIAGNOSTICA NON DISTRUTTIVA

Pietro Burrascano, Marco Ricci, Luca Senni, Luigi Battaglini

Dip Ingegneria, Polo Scientifico Didattico di Terni –Univ. degli Studi di Perugia - Strada di Pentima 4, Terni 05100

Parole chiave: Imaging, Eddy Current Testing, NDT

La tecnica della diagnostica tramite correnti indotte (Eddy Current Testing -ECT) è ampiamente utilizzata in molti campi applicativi della diagnostica non distruttiva, nei casi in cui sia importante rilevare la presenza di difetti sottili (quali le cricche) in materiali conduttivi. La tecnica della diagnostica tramite correnti indotte è particolarmente efficace per ispezionare l'integrità di strutture metalliche o loro parti quando si richiedono elevata risoluzione in spessori limitati di materiale, dove altri tipi di tecniche, quali ad esempio le ispezioni ad ultrasuoni, non sono in grado di operare.

Caratteristiche di questa tecnica sono l'elevato rapporto prestazioni costo di attuazione e la significatività del tipo di dati rilevati, che rendono possibile la stima delle caratteristiche geometriche (quali la posizione, lunghezza, larghezza e profondità) di una irregolarità nella struttura metallica esaminata. L'analisi di queste caratteristiche permette all'utente sia processi di accettazione o meno dei prodotti realizzati, sia una analisi delle caratteristiche dei difetti riscontrati per migliorare il processo produttivo; analogamente tali tecniche vengono utilizzate per verificare periodicamente lo stato di strutture metalliche già in esercizio e sottoposte a stress di tipo meccanico o di altra natura.

Le crescenti esigenze di accuratezza nella ispezione e di portabilità delle strumentazioni di verifica basate su Eddy Current, possono essere soddisfatte superando gli standard attuali tramite un incremento della capacità di ispezione delle apparecchiature basate su tale tecnica.

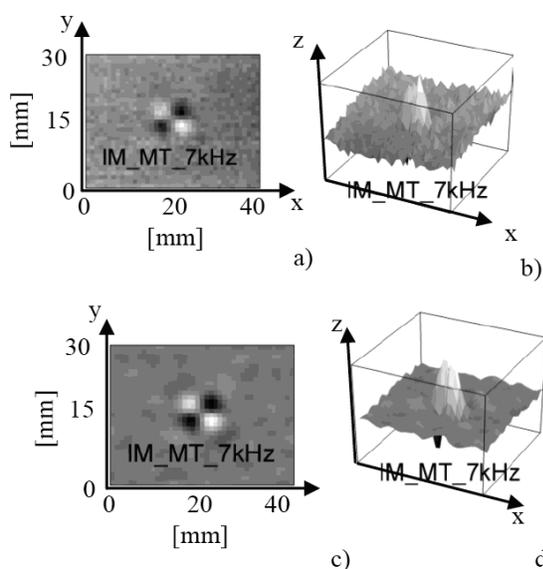


Figure (a) Normalized image for the multi-frequency stimulus at the exciting frequency of 7 kHz; (b) map of the same image in the xyz space; (c) effect of the bandpass filtering procedure in the image sketched in (a), and (d) map in the xyz space of the filtered image.

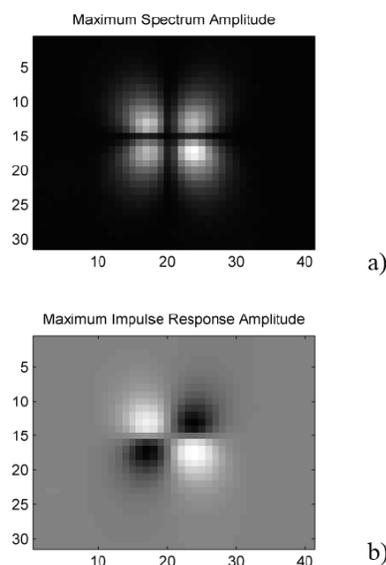


Figure Normalized image for the chirp stimulus by applying the IM_CH_T(a) and IM_CH_F (m) processing for the sample #4 after the application of the filtering procedure.

A questo fine il gruppo di Elettrotecnica operante a Terni ha sviluppato una collaborazione con i colleghi di

Cassino, che hanno maturato una notevole competenza in ambito modellistico e sperimentale nel settore delle verifiche basate su Eddy Current. La collaborazione coinvolge colleghi del SSD Elettrotecnica e colleghi del SSD Misure.

Per ottenere un incremento della capacità di ispezione delle apparecchiature basate su Eddy Current sono stati rivisitati i diversi aspetti del processo di misurazione, prevedendo l'integrazione di avanzate tecniche di elaborazione, modifiche sia ad alcuni aspetti del sistema di misura che delle fasi di post processing.

Per quanto riguarda il sistema di misura, si sono analizzati aspetti cruciali quali la scelta dei dispositivi e dei segnali di eccitazione. Per quanto riguarda i primi si è adottata la scelta di dispositivi di eccitazione ottimizzati e di particolari strategie di misura: oltre ad aspetti legati all'ampiezza ed alla frequenza del segnale di eccitazione, l'attenzione è stata rivolta ad aspetti quali il tipo di segnale di eccitazione da adottare. In particolare si è verificato che l'uso di segnali di eccitazione complessi, diversi da quelli sinusoidali e caratterizzati da contenuti di frequenza a larga banda, può aumentare l'efficacia delle tecniche basate su correnti indotte quando vengono esaminati casi particolarmente "difficili" (cioè irregolarità di dimensioni molto piccole).

Per quanto concerne i settori applicativi nell'ambito dei quali focalizzare le attività, il gruppo di ricerca ipotizza di fare uso delle esperienze che ha maturato nella sua esperienza multidisciplinare sia teorica che di sperimentazione in settori quali quello delle verifiche di strutture in avionica, nelle costruzioni navali e nel controllo di fasci tubieri in situazioni di particolare stress (scambiatori in centrali nucleari) che può essere utilmente messo a frutto in applicazioni industriali di eccellenza.

Pubblicazioni

1. Ricci, M., A. Ficola, M. L. Fravolini, L. Battaglini, A. Palazzi, P. Burrascano, P. Valigi, L. Appolloni, S. Cervo, and C. Rocchi. "Magnetic imaging and machine vision NDT for the on-line inspection of stainless steel strips." *Measurement Science and Technology* 24, no. 2 (2013): 025401.
2. Ricci, M., et al. "Machine vision and magnetic imaging NDT for the on-line inspection of stainless steel strips." *Imaging Systems and Techniques (IST)*, 2012 IEEE International Conference on. IEEE, (2012).
3. G. Betta, P. Burrascano, L. Ferrigno, M. Laracca, M. Ricci "Optimized Complex Signals for Eddy Current Testing"; paper #1569865443, I2MTC 2014, Montevideo, Uruguay, May 12-15, 2014
4. G. Betta, P. Burrascano, L. Ferrigno, M. Laracca, M. Ricci "An Experimental Comparison of Complex Excitation Sequences For Eddy Current Testing"; *ACTA IMEKO Vol 2* 2014, in press
5. Giovanni Betta, Pietro Burrascano, Luigi Ferrigno, Marco Laracca, Marco Ricci, Giuseppe Silipigni: "On the Use of Complex Excitation Sequences for Eddy Current Testing" XIX IMEKO TC-4 Symposium, July 18-19, 2013, Barcelona, Spain, pp. 410-415;

Bibliografia

1. D.C. Jiles, "Review of magnetic methods for non-destructive evaluation (Part 2)" *NDT Int.*, vol. 23, pp. 83-92, 1990.
2. Bernieri, G. Betta, L. Ferrigno, and M. Laracca, "Crack Depth Estimation by Using a Multi-Frequency ECT Method," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 62, Issue: 3, pp. 544-552
3. Bernieri, L. Ferrigno, M. Laracca, and A. Tamburrino, "Improving GMR Magnetometer Sensor Uncertainty by Implementing an Automatic Procedure for Calibration and Adjustment," *Proceeding of IMTC Conference*, Warsaw, Poland, May 2007.
4. Bernieri, G. Betta, L. Ferrigno, and M. Laracca, "Multi-Frequency Eddy Current Testing using a GMR Based Instrument," *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics*, vol. 39, pp. 355-362, 2012
5. W. Yin, S J Dickinson and A J Peyton "[A multi-frequency impedance analysing instrument for eddy current testing](#)" *Meas. Sci. Technol.*, vol. 17, pp. 393-402, 2006
6. Guang Yang et al., "Pulsed Eddy-Current Based Giant Magnetoresistive System for the Inspection of Aircraft Structures," *IEEE Trans. Magn.*, Vol. 46, N. 3, pp. 910-917, March 2010.
7. Bernieri, L. Ferrigno, M. Laracca, M. Molinara, "Crack Shape Reconstruction in Eddy Current Testing Using Machine Learning Systems for Regression", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 57, n.9, pp. 1958-1968, 2008.
8. L. Ferrigno, M. Laracca, C. Liguori, and A. Pietrosanto, "A FPGA-based Instrument for the Estimation of R, L, and C Parameters Under non Sinusoidal Conditions," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol.61, no.5, pp. 1503-1511, May 2012
9. M. R. Schroeder, "Synthesis of Low-Peak-Factor Signals and Binary Sequences With Low Autocorrelation", *IEEE Transactions on Information Theory* Vol. 16, Issue 1, pp. 85-89, 1970.
10. G. Betta, L. Ferrigno, M. Laracca, "GMR-based ECT Instrument for Detection and Characterization of Crack on Planar Specimen: a Hand-held Solution", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 61, No. 2, pp. 505-512, 2012
11. M. Morozov, G.Y. Tian, D. Edgar, "Comparison Of Pec And Sfec Nde Techniques", *Nondestructive Testing and Evaluation* Vol. 24, Iss. 1-2, 2009