

MODELLIZZAZIONE 3D PER LA RILEVAZIONE DELLA PROFONDITÀ DI DIFETTI IN PIASTRE METALLICHE

M. Cacciola, S. Calcagno, F. La Foresta, G. Megali, F.C. Morabito, D. Pellicanò, M. Versaci

Dipartimento di Informatica Matematica Elettronica e Trasporti (DIMET)
Università “Mediterranea” degli Studi
Via Graziella Feo di Vito, 89100 Reggio Calabria

Negli ultimi decenni, i Test Non-Distruttivi (NDT) hanno dimostrato di essere un’eccellente tecnica di investigazione per assicurare la qualità di una larga varietà di materiali. Anche se in letteratura sono presenti numerosi approcci di rilevazione e classificazione di difetti, vi è un crescente bisogno di sviluppare tecniche NDT sempre più efficienti, tenendo presente il fine ultimo per il quale sono stati sviluppati. Attualmente, le moderne tecniche di Soft Computing sono largamente impiegate per sviluppare complessi sistemi software altamente efficienti in grado di effettuare accurate rilevazioni e classificazioni su una grande molteplicità di segnali. Presso l’unità di ricerca di Reggio Calabria è attivo il Laboratorio di Elettrotecnica e Prove non Distruttive dove, nell’ambito della macroarea dei test non distruttivi, si articolano molteplici attività sia di tipo teorico che applicativo. In particolare, nell’ambito della rilevazione della profondità di difetti in piastre metalliche, l’unità è impegnata nella modellizzazione 3D agli elementi finiti mediante software COMSOL Multiphysics di bobine di eccitazione primaria per analizzare profondità mediante sensore Fluxset[®]. L’analisi di tipo software ha riguardato l’implementazione della fase di movimentazione del campione da analizzare al di sotto della sorgente di eccitazione; mentre, a livello operativo, è stato realizzato un nuovo prototipo di sonda (supporto e bobina di eccitazione) e la messa a punto sperimentale per la validazione e la rilevazione di difetti fino ad una profondità di 18 (mm). Si precisa che l’analisi software non ha riguardato il post-processing del segnale ottenuto determinando l’andamento della parte reale della densità di flusso magnetico ($Re(B)$) vs Scansione (mm)); nella realtà misurativa, invece, il segnale ottenuto è processato da una Printed Circuit Board (PCB), che determina in uscita la visualizzazione di un grafico Tensione (V) vs Scansione (mm)

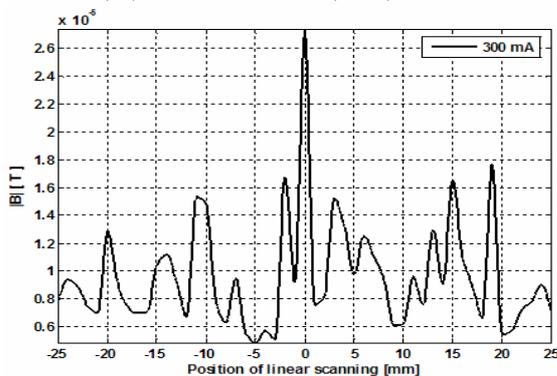


Figura 1. Variazione della densità di flusso magnetico ($Re(B)$) rispetto ad una direzione di scansione longitudinale alla direzione del difetto

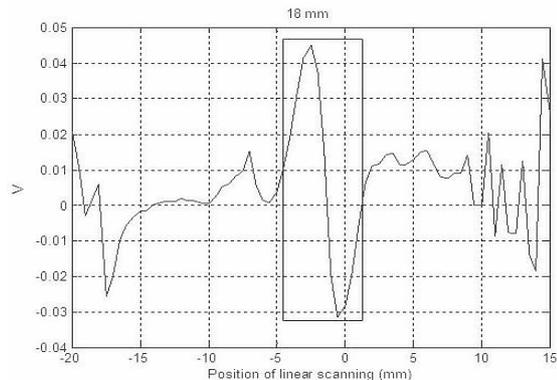


Figura 2. Variazione della tensione (V) rilevata dal sensore rispetto ad una direzione di scansione longitudinale alla direzione del difetto

Effettuata una campagna di misure e validati i risultati software, si è passati alla risoluzione del problema inverso: la ricostruzione del profilo della piastra investigata in presenza/assenza di difetto. Quest'ultimo ha riguardato nello specifico la ricostruzione del profilo del crack presente su una piastra metallica avente dimensioni 100x100x18 (mm) a partire dalla risposta elettrica ottenuta dall'eccitazione della sonda ECT sulla stessa. Tale problema, concordemente alle leggi di Maxwell richiederebbe la minimizzazione di un funzionale la cui risoluzione fornisce come risultato la funzione che descrive il profilo del crack. Tale metodo numerico risulta però computazionalmente oneroso; per ovviare a questo aspetto, si è utilizzata un'applicazione di tipo soft-computing basata su Artificial Neural Network (ANN) che fornisce un'ottima ricostruzione del profilo piastra-difetto in tempi molto minori se paragonati all'approccio numerico.

Per la specifica applicazione, è stato realizzato un database di mappe 3D-ECT recanti informazioni sulla distribuzione di impedenza sulla piastra: 20 mappe 3D-ECT caratterizzate dalla presenza di difetto e 20 mappe 3D-ECT caratterizzate dall'assenza di difetto. Di tutte le mappe collezionate nel database, 19 sono state utilizzate per la fase di training e 1 è stata utilizzata per la fase di test. Successivamente, dalle 19 mappe è stata estratta una matrice di pixel (8x8) delle grandezze che hanno costituito il database di ingresso della rete: valori di impedenza, media, deviazione standard, skewness e kurtosis in presenza di difetto e rapportati ognuno rispetto a quelli in assenza di difetto, cui si è aggiunto il valore della frequenza di eccitazione usata in fase di misura. La rete restituisce in uscita:

- 0 se l'i-esimo pixel corrisponde ad una sezione della piastra in assenza di difetto, 1 altrimenti;
- il wall thickness: lo spessore della piastra in assenza di difetto, altrimenti lo spessore del materiale rimanente e costituente il difetto.

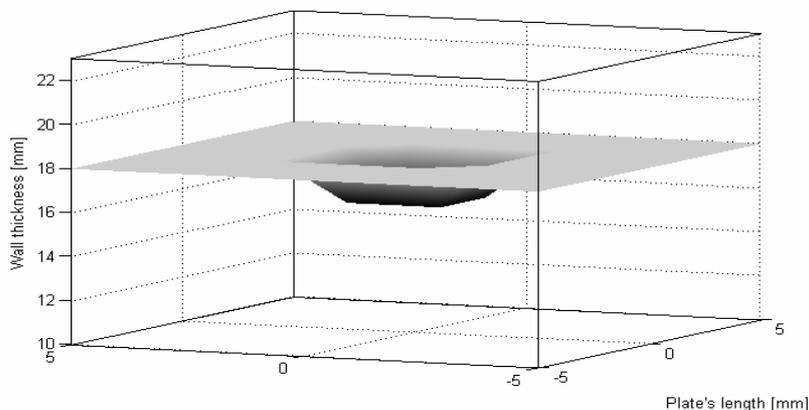


Figura 3. Ricostruzione 3D del profilo di piastra 100x100x18 (mm) in presenza di crack centrale (2x2x2 (mm))

Bibliografia

- [1] M. Buonsanti, M. Cacciola, S. Calcagno, Morabito F., M. Versaci. Ultrasonic Pulse-Echoes And Eddy Current Testing For Detection, Recognition And Characterization Of Flaws Detected In Metallic Plates. In: Proceedings Of Ecndt'06. Ecndt'06. September 25th - 29th, 2006.
- [2] M. Buonsanti, M. Cacciola, S. Calcagno, Morabito F., M. Versaci. On the Use of Fuzzy Inference Systems and Support Vector Machines for Classifying Defects in Metallic Plates. In: Proceedings of ECNDT'06. ECNDT'06. September 25th - 29th, 2006.
- [3] M. Cacciola, S. Calcagno, Morabito F., M. Versaci. (2006). Defects Shape Recognition In Metallic Plates By Means Of Eddy Current Techniques And Fuzzy Entropy. In: Optimization And Inverse Problems In Electromagnetism. Oipe2006. September 13th - 15th, 2006.