

ATTIVITA' TEORICO SPERIMENTALI DI DIAGNOSTICA NON DISTRUTTIVA

*P. Burrascano, E. Cardelli, G. Drisaldi, A. Faba, A. Pirani, M. Pompei, M. Ricci, E. Raschi,
F. Tissi.*

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Polo Scientifico Didattico di Terni
Università degli Studi di Perugia
Via Pentima Bassa 21, Terni 05100

L'unità di Perugia svolge attività di ricerca teorica e sperimentale nel campo della diagnostica non distruttiva, mirata in particolare alla verifica di strutture metalliche. In questo ambito diverse metodologie di indagine sono correntemente oggetto sia di studio teorico che di applicazione sperimentale. Oltre alle tecniche basate sull'utilizzo di correnti indotte, di cui l'unità di Perugia si occupa da diversi anni, la nostra unità sta attualmente sviluppando, in collaborazione con aziende del territorio, sia un dispositivo per la verifica in linea della qualità della saldatura di tubi tramite tecniche magnetoscopiche che un apparato di misura per indagini ultrasonore per ispezione simultanea con un ampio numero di sensori.

Per quanto riguarda le tecniche a correnti indotte, la nostra unità in collaborazione con un partner industriale si sta impegnando per l'applicazione sul campo del sistema a correnti indotte impulsate sviluppato negli ultimi anni e basato sull'utilizzo di sequenze codificate di impulsi e sulla configurazione di misura a ponte di Wheatstone [1-2].

Sempre con riferimento alle ispezioni a correnti indotte, in collaborazione con le unità di Cassino e Udine è stata sviluppata una procedura di inversione dei dati per la ricostruzione 3D del profilo di conducibilità di piastre metalliche (vedi [3] ed una scheda di unità specifica sul tema).

Le tecniche magnetoscopiche [4-5] sono invece attualmente impiegate al fine di verificare e caratterizzare in linea la qualità della saldatura di tubi di acciaio. L'oggetto delle sperimentazioni contempla diverse tipologie di acciai, sia austenitici che non austenitici, con tubi aventi diversi raggi e spessori, saldati con il sistema ad alta frequenza. L'obiettivo è quello di riuscire a rilevare la presenza di imperfezioni nella regione della saldatura e in particolare stabilire se le dimensioni del cordone di saldatura internamente al tubo rientrano o meno in un range di accettabilità prefissato.

Le principali problematiche sperimentali riscontrate consistono nella necessità di dover indagare con buona risoluzione la superficie interna dei tubi utilizzando eccitazione e sensori esterni ai tubi stessi, tenendo conto della elevata velocità di saldatura dei tubi durante la produzione (circa 2 [m/s]). È stata realizzata una configurazione sperimentale che prevede la messa in rotazione dei tubi per simulare il movimento relativo dell'apparato di misura a cavallo della regione di saldatura.

L'apparato di misura consiste in un magnete permanente che induce il campo B internamente al tubo e in sensori di campo magnetico ad effetto Hall per la misurazione del campo. Varie tipologie di sensori lineari commerciali sono stati testati (Allegro, Infineon, Honeywell) ed utilizzati in diverse configurazioni (singola sonda, coppia di sonde differenziali, etc.) per ottimizzare la sensibilità del dispositivo. Il segnale proveniente dalle sonde di Hall viene poi opportunamente elaborato attraverso blocchi di filtri analogici e

digitali per incrementare il rapporto segnale rumore attenuando componenti spurie del segnale dovute a rumore ambientale e alle vibrazioni meccaniche del sistema tubo+ sensore.

Un modello analitico che consenta di prevedere i segnali caratterizzanti i difetti di interesse non è disponibile; anche una sua stima sufficientemente accurata tramite metodo agli elementi finiti è di non semplice implementazione, sia per la irregolarità geometrica, sia per la non completa conoscenza delle proprietà del materiale nella zona di saldatura; si sta quindi implementando una campagna estensiva di acquisizione dati in vista della implementazione di tecniche statistiche di classificazione dei segnali (un esempio di tale classificazione è in [6]).

Per quanto concerne infine l'attività teorico sperimentale tramite ultrasuoni, è previsto l'utilizzo di codici lineari pseudo-ortogonali [7] per permettere l'eccitazione e la collezione contestuale di segnali del tipo pulse-echo che ispezionino l'oggetto in esame da più posizioni e con varie angolazioni del fascio ultrasonoro.

Tale tecnica, applicata ad oggetti di grandi dimensioni, consente una notevole diminuzione dei tempi di controllo. In questo caso il segnale di eco è ottenuto tramite una deconvoluzione deterministica di opportuni segnali di correlazione tra n sonde di eccitazione e m sonde di ricezione. La pseudo ortogonalità dei segnali utilizzati assicura la capacità di distinguere in maniera ottimale le $n \times m$ risposte impulsive associate alle possibili coppie generatore-ricevitore [8]. Inoltre adottando come codici pseudo-ortogonali famiglie opportunamente definite di sequenze pseudo-ortogonali, si massimizza simultaneamente il rapporto segnale-rumore per ogni singolo "canale" di misura [9].

Al fine di una sperimentazione in campo di tale apparato, è stato realizzato un sistema gestito da un programma in MATLAB che, oltre a pilotare le periferiche di generazione e acquisizione dati tramite interfaccia grafica, esegue le $n \times m$ deconvoluzioni necessarie con minimo costo computazionale, sfruttando la Trasformata veloce di Hadamard e la equivalenza permutazionale tra questo algoritmo e la convoluzione con sequenze pseudo-ortogonali [10]. Il benchmark sperimentale che utilizza sonde ultrasonore per tali ispezioni ha consentito di verificare la validità di tale metodo in una situazione sperimentale semplificata.

Bibliografia

- [1] Burrascano P, Carpentieri M, Pirani A, Ricci M, *Meas. Sci. Technol.* **17**, 2973–2979 (2006).
- [2] Burrascano P, Carpentieri M, Pirani A, Ricci M, Tissi F, *COMPEL* **26** (2), 385-393 (2007).
- [3] Pirani A, Ricci M, Specogna R, Tamburrino A, Trevisan F, *Inverse Problems* **24**, 035011 (2008).
- [4] Bray D E, Stanley R K, *Non Destructive Evaluation: A Tool in Design, Manufacturing and Service*, CRC Press (1997).
- [5] Blitz J, *Electrical and magnetic methods of non-destructive testing*, Springer (2007)
- [6] Lee J Y, Afzal M, Upda S, Upda L, Massopust P, *Neural Networks, IJCNN 2000, Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on*
- [7] Golomb S W, *Shift Register Sequences*, San Francisco, Holden-Day, (1967)
- [8] Xiang N, Schroeder M R, *J. Acoust. Soc. Am.* **113**, (5), 2754-2761 (2003)
- [9] Schroeder M R, *Number Theory in Science and Communication*, Springer-Verlag, (1991).
- [10] Cohn M, Lempel A, *IEEE Trans. Inf. Theory* **23**, 135–137 (1977).