

IMPIEGO DI SISTEMI MAGNETOSCOPICI PER L'INDIVIDUAZIONE E LA CLASSIFICAZIONE DI DIFETTI IN LAMINATI D'ACCIAIO.

Pietro Burrascano, Ermanno Cardelli, Antonio Faba, Marco Ricci, Francesco Tissi.

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Polo Scientifico Didattico di Terni
Università degli Studi di Perugia
Strada di Pentima 4, Terni 05100

E' proseguita anche nello scorso anno l'attività in collaborazione con le imprese metallurgiche del ternano. Vi è una crescente esigenza sia dei produttori che dei consumatori finali per un aumento della qualità dei prodotti. Per raggiungere l'obiettivo di una difettosità di produzione portata virtualmente a zero, i produttori spostano l'interesse verso i controlli non distruttivi in linea (NDT). Questo tipo di controllo richiede precisione, affidabilità e capacità di monitorare grandi volumi di prodotto, in modo da poter essere efficacemente introdotto nella produzione di massa. Ad esempio le industrie metallurgiche si muovono in questa direzione non solo per applicazioni militari, spaziali o aeronautiche, ma anche nel caso di prodotti per automobili o usi domestici; devono essere elaborate procedure di controllo a fine linea che si basano su una serie di misurazioni e su decisioni automatiche.

In questo contesto l'unità di Perugia è impegnata nello sviluppo di una tecnica di controllo di tipo magnetoscopico in grado di rilevare e classificare difettosità "superficiali" in laminati di acciaio inossidabile. Tale progetto di ricerca si inserisce nell'ambito di una collaborazione della Unità con "Thyssen Krupp- Acciai Speciali Terni": questa partnership ha permesso di concentrare le prove sperimentali su prototipi operanti in linea, che ne hanno verificato l'efficacia e la compatibilità della procedura con le esigenze industriali di esecuzione on-line. La finalità ultima della ricerca è l'applicazione di tale tecnica per la realizzazione di un dispositivo per il controllo non distruttivo automatico che operi durante la fase di produzione. In questo anno l'Unità ha realizzato in collaborazione con AMC s.r.l. - SPIN-OFF del Politecnico di Torino - un primo prototipo dell'apparato attualmente operante in linea in grado di acquisire "immagini magnetiche" dei nastri in movimento: queste immagini, previa elaborazione e classificazione software, permettono di individuare e distinguere le eventuali difettosità presenti. La formazione della immagine magnetica viene realizzata in tre fasi: a) il materiale in esame viene localmente immerso in un opportuno campo magnetico statico; b) un idoneo sensore basato sull'utilizzo di sonde di Hall misura il campo e rileva le perturbazioni prodotte da eventuali irregolarità superficiali presenti nella zona esposta; c) a partire dalla misura del campo, estesa a punti che coprono attualmente una "fetta" di nastro larga circa 25 cm, si ricostruisce l' "immagine magnetica" della zona di interesse e si procede alla elaborazione per la rilevazione e la classificazione delle eventuali difettosità tramite procedure di analisi ed elaborazione dei segnali implementate sia per via hardware che software. A differenza delle usuali tecniche di controllo non distruttive basate sulla misura del flusso disperso (Magnetic Flux Leakage [1]) che sfruttano le proprietà ferromagnetiche delle strutture testate, questa particolare applicazione si rivolge prevalentemente ad acciai inossidabili austenitici, che rappresentano una grossa percentuale della produzione di per usi estetici. La tecnica MFL standard è stata perciò adattata allo specifico caso: in particolare tramite opportuna amplificazione e filtraggio del segnale misurato dai sensori di campo si riescono a misurare piccole variazioni percentuali del campo magnetico di eccitazione ($\Delta B/B < 10^3$) provocate da: a) inclusioni di materiale di caratteristiche magnetiche differenti (inclusioni, sfoglie), b) variazioni cristallografiche locali causate da stress termici o meccanici (transizione austenite-martensite, etc.), c) difettosità volumetriche quali righe, puntinature meccaniche, etc [2-3]. Date le dimensioni tipiche dei laminati di acciaio su cui sono effettuati i test (larghezza approssimativa 1.5 m), le caratteristiche delle linee di produzione (velocità scorrimento 1-2 m/s) e la alta risoluzione richiesta da questi tipi di controllo (difetti "rilevanti" fino ad una dimensione minima di $0.5 * 0.5 \text{ mm}^2$), il sensore realizzato contiene delle schiere di sonde di Hall in grado di effettuare una misura puntuale del campo magnetico in una data direzione con un passo di campionamento spaziale sufficientemente piccolo. Le schiere sono state disposte trasversalmente alla direzione del moto ed integrate in una scheda elettronica contenente il circuito di analisi hardware e l'elettronica di controllo. Il risultato di misura di ciascuna sonda è tempo-continuo; variando la frequenza di campionamento si interviene sulla risoluzione spaziale lungo la direzione dello scorrimento.

Con il prototipo realizzato, sono state inizialmente effettuate delle misure preliminari in laboratorio su una vasta gamma di campioni forniti dalla TK-AST, al fine di studiare i livelli di segnale e rumore tipici, le risposte caratteristiche alle varie tipologie di difetti, etc., così da poter definire un protocollo di elaborazione

che permetta di individuare le tipologie di difettosità di interesse. In questo caso il sensore è stato posto in movimento tramite un plotter X-Y e sono state effettuate delle scansioni simulando lo scorrimento relativo della piastra rispetto al sensore. La fase di acquisizione in laboratorio è servita anche a verificare i risultati della elaborazione, confrontando i dati ottenuti con i campioni in esame. Al fine di sopprimere tutte quelle componenti che ostacolano la visione del difetto in questione, (rumore ambientale, deriva dovuta all'incurvatura della piastra o alla variazione del lift-off, etc.) la procedura di elaborazione digitale del segnale realizzata si compone di :a) un filtro 2-D passa-banda in frequenza, b) un filtro di deconvoluzione rispetto alla risposta impulsiva delle sonde; c) un filtro di de-noising.

I segnali di ingresso, uscita e controllo del sensore e le procedure di acquisizione ed analisi dati vengono gestite tramite l'utilizzo di schede di acquisizione National Instruments e del software LabView. Di seguito è riportata una immagine esemplificativa del funzionamento del sistema sviluppato per la acquisizione e la elaborazione delle immagini “magnetiche” ottenute in laboratorio e in linea, di produzione.

Bibliografia

- [1] Altschuler E, Pignotti A, *NDT & E INTERNATIONAL* **28**, (1) 35-40 (1995)
- [2] Vincent A, et. Al, *Acta Materialia* **53**, 4579-4591 (2005)
- [3] J. W. Wilson, G. Y. Tian, S. Barrans, *Sensors and Actuators A* **135**, 381-387 (2007)

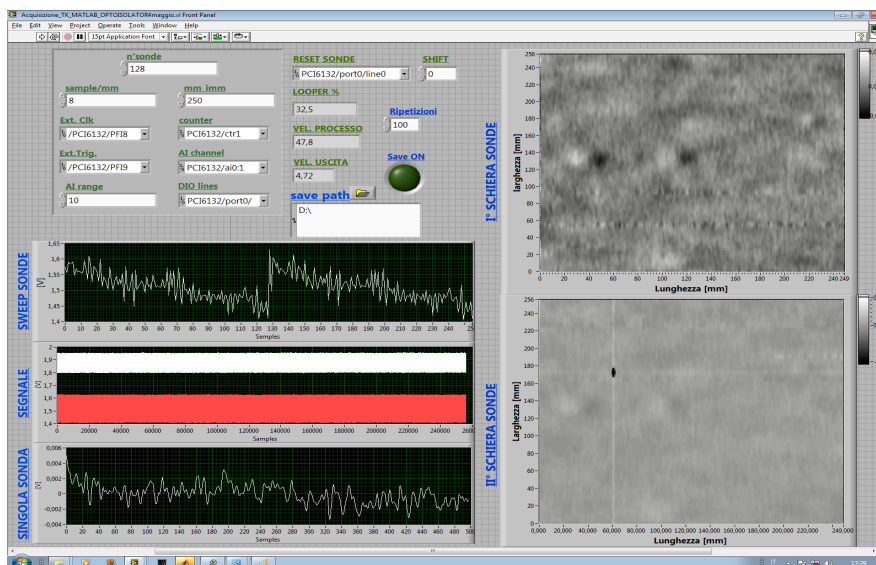


Figura 1
Pannello di controllo del sistema di acquisizione ed elaborazione dati installato in linea

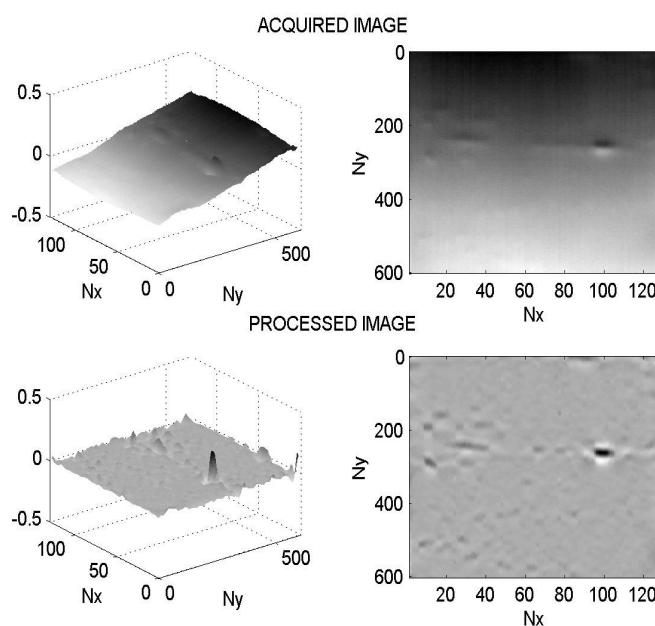


Figura 2
Esempi di elaborazione delle immagini “magnetiche” acquisite