

# ULTRASONIC INSPECTION TECHNIQUE IN FORGED METAL WITH HIGH DISSIPATION

*Pietro Burrascano, Marco Ricci, Luca Senni*

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

L'ispezione ad ultrasuoni è di primaria importanza nella verifica della qualità dei metalli forgiati: dopo la forgiatura, il pezzo metallico è controllato per mezzo di dispositivi ad ultrasuoni in regime impulsivo, al fine di verificare la presenza di irregolarità o difetti interni. Avere disponibili tecniche in grado di rilevare difetti di dimensione millimetrica a una profondità dell'ordine dei metri garantisce circa la qualità del pezzo: l'oggetto viene accettato o respinto in base al risultato del controllo ad ultrasuoni.

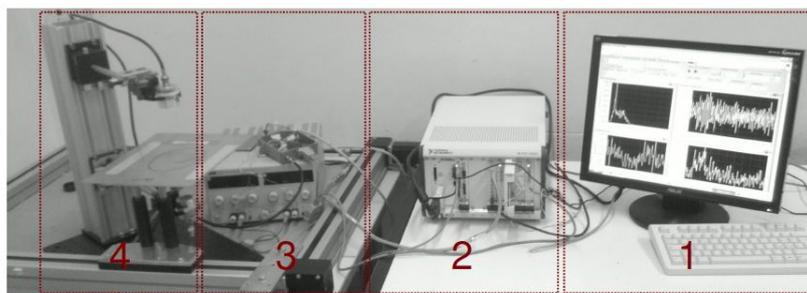
Se il pezzo metallico forgiato presenta caratteristiche di alta dissipazione, si riducono le capacità di risolvere i difetti millimetrici tramite le tecniche di controllo ad ultrasuoni, ed è necessario ripetere le procedure di forgiatura, lunghe e costose, al fine di migliorare la trasparenza ultrasonora del pezzo stesso.

La nostra Unità, basandosi anche su recenti lavori apparsi in letteratura [1-3], ha sviluppato tecniche di compressione di impulso con l'obiettivo di migliorare il rapporto segnale/rumore della verifica ad ultrasuoni. Le tecniche di compressione di impulso da noi proposte provengono da due diversi approcci, che possiamo simulare, implementare con appositi HW, testare e confrontare: una prima tecnica si basa sull'utilizzo di sequenze numeriche binarie Pseudo-Noise e pseudo-ortogonali [4-6], mentre la seconda fa uso di segnali di tipo chirp [7]. Tali tecniche, nelle diverse situazioni operative, consentono di incrementare sensibilmente la risoluzione e la penetrazione degli ultrasuoni nel pezzo metallico forgiato.



**Figura 1:** Pezzo in forgiatura

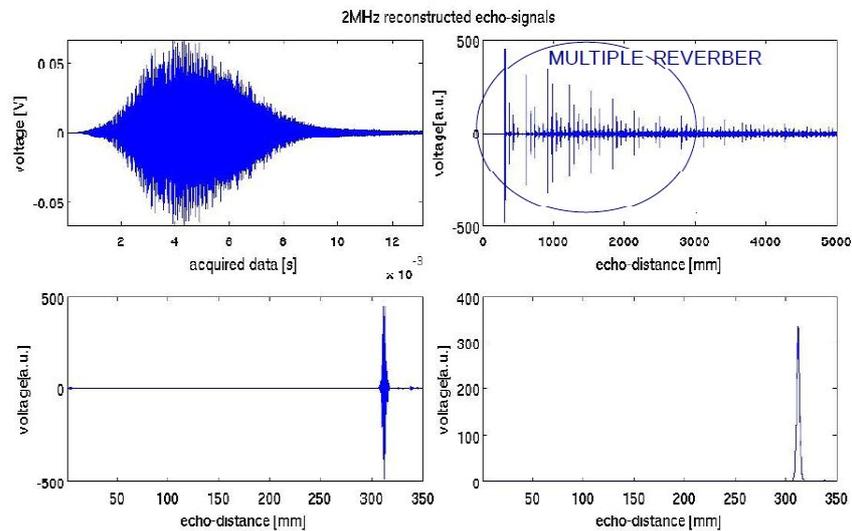
Quando è applicata la prima tecnica, le sonde di generazione sono eccitate con una opportuna sequenza appartenente a una famiglia di codici pseudo-ortogonali. In questo contesto, il termine pseudo-ortogonale mette in evidenza che la funzione periodica di cross-correlazione (PCCF) tra diverse sequenze della famiglia è caratterizzata da uno spettro di frequenza quasi bianco e da un andamento impulsivo della corrispondente funzione periodica di auto-correlazione (PACF).



**Figure 2:** Il setup di laboratorio: (1) PC per l'elaborazione del segnale: garantisce la generazione del segnale codificato (sequenza numerica o chirp) e la decodifica del segnale ricevuto (impulso di de-compressione), (2) sistema PXI per la conversione analogico di segnali digitali, (3) generatore pulsatore di sequenze Pseudo Noise (nella foto), o amplificatore lineare per segnali Chirped; (4) Il sistema di sonde.

Il segnale ricevuto, una volta acquisito dopo aver attraversato il metallo forgiato, è deconvoluto per stimare la risposta all'impulso.

La seconda tecnica prevede l'uso di un "burst" sinusoidale a frequenza variabile (chirp): la durata del segnale trasmesso è sufficiente ad assicurare che il conseguente S/N sia adeguato ai livelli di indagine richiesti (profondità di analisi, risoluzione richiesta); parallelamente a questo incremento di S/N, i parametri di questo segnale sono definiti in modo che, dopo l'applicazione di un filtraggio adatto, la durata dei segnali è inferiore alla larghezza dell'impulso standard sinusoidale.



**Figure 3:** example of signal acquisition (chirped sinusoidal pulse)

Di particolare interesse è il confronto fra i risultati che le tecniche possono dare in diverse situazioni operative.

## Bibliografia

1. Richard Y. Chiao and Xiaohui Hao, Coded Excitation for Diagnostic Ultrasound: A System Developer's Perspective, *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control* **52**, (2), 160-170 (2005).
2. Thanassis Misaridis and Jørgen Arendt Jensen, Use of Modulated Excitation Signals in Medical Ultrasound. Part I: Basic Concepts and Expected Benefits, *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control* **52**, (2), 177-191 (2005).
3. A. Nowicki, W. Secomski, J. Litniewski, I. Trots, On the application of signal compression using golay's codes sequences in ultrasound diagnostic, *Archives of Acoustics* **28**, (4), 313-324 (2003).
4. Burrascano P, Pirani A, Ricci M, Exploiting Pseudo Orthogonal PN-Sequences for Ultrasonic Imaging System, *Proceedings of the 2009 WRI World Congress on CSIE 07*, 181-185 (2009)
5. S.W. Golomb, *Shift Register Sequences*, Holden-Day, San Francisco, 1967.
6. D.V. Sarwate, M.B. Pursley, *Proc. IEEE* **68** (5), 593-619, (1980).
7. P. Pallav, T.H. Gan, and D.A. Hutchins, Elliptical-Tukey Chirp Signal for High-Resolution, Air-Coupled, Ultrasonic Imaging *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control* **54**, (8), (2007).