

La tecnica di diagnostica non distruttiva ad Onde Guidate Ultrasoniche

1. Introduzione sulla tecnica ad onde guidate

La tecnica ad onde ultrasoniche guidate (UGW- Ultrasonic Guided Waves) è un metodo di *screening* che permette di verificare in modo non distruttivo l'integrità di una condotta anche se questa, come spesso avviene, è inaccessibile all'ispezione diretta perché parzialmente interrata oppure isolata da un rivestimento protettivo.

Le onde guidate sono generate da un sensore applicato localmente intorno al tubo ispezionato e si propagano lungo il tubo. In presenza di difetti dovuti a corrosione e/o imperfezioni si genera un'onda riflessa che il sensore stesso è in grado di rilevare. Si possono in questo modo ispezionare tratti di decine fino a centinaia di metri di condotta direttamente dal punto di applicazione del sensore. La tecnica è volumetrica poiché l'intera sezione del tubo risente del passaggio dell'onda ultrasonica guidata. E' così possibile individuare difetti sia interni che esterni eventualmente presenti lungo la condotta.

Nelle tecniche convenzionali (ultrasuoni, perdita di flusso magnetico etc.) occorre invece applicare punto per punto il sensore su tutta la lunghezza di condotta da ispezionare ma per contro si ha una migliore risoluzione potendo individuare difetti relativamente più piccoli di quelli rilevabili con la tecnica ad onde guidate.

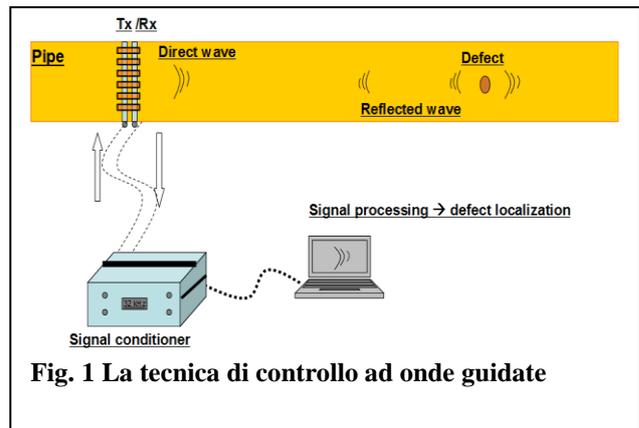
Da quanto appena osservato emerge come sia possibile utilizzare la tecnica UGW in modo complementare con altre tecniche NDT di tipo locale: l'ispezione ad onde guidate permette infatti di individuare le zone critiche della condotta il cui stato di dettaglio può successivamente essere valutato con l'ispezione locale.

Il campo di applicazione della tecnica UGW è molto vasto in quanto la prevenzione degli effetti della corrosione è uno tra i problemi più importanti non solo negli impianti industriali ma anche nella rete di trasmissione e distribuzione di oli e gas.

I vantaggi derivanti dall'applicazione di questa tecnica innovativa sono significativi in termini:

di sicurezza potendo individuare la presenza di usura o difetti prima della rottura dei tubi;

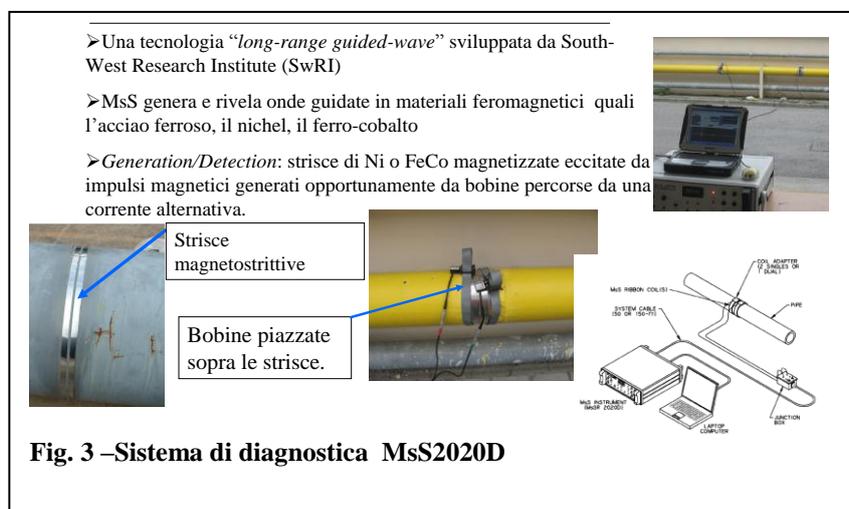
economici potendo ispezionare in tempi molto più brevi rispetto alle tecniche convenzionali lunghi tratti di condotte senza dover interrompere la produzione dell'impianto industriale o l'erogazione di servizi.



2. Diagnostica e monitoraggio ad onde guidate con sensori magnetostrittivi

Un sistema di diagnostica ad onde guidate per condutture basato su sensori magnetostrittivi è stato sviluppato dal South West Research Institute (SWRI), San Antonio, TX, USA. La Fig. 1 mostra gli elementi base del sistema MsS2020D® ed in particolare il sensore, evidenziato nel riquadro, costituito da due componenti:

- **Un componente elettromagnetico** formato da un insieme di spire che nella fase di trasmissione dell'onda creano un campo magnetico alternato orientato parallelamente alla direzione di propagazione dell'onda mentre nella fase di ricezione raccolgono induttivamente variazioni di flusso magnetico;
- **un componente magnetomeccanico** costituito da strisce magnetostrittive (MsS) di nichel o cobalto incollate alla conduttura da ispezionare; le strisce, opportunamente magnetizzate, con un campo magnetico statico, vibrano sotto l'influenza di un campo magnetico alternato nella fase di generazione dell'onda, innescando il modo torsionale fondamentale $T(0,1)$; in modo duale, le strisce generano un campo magnetico alternato corrispondente all'onda meccanica ricevuta nella fase di ricezione dell'onda guidata.



L'utilizzo di un sistema doppio di strisce e di spire permette di avere il controllo direzionale sull'onda innescata/ricevuta favorendo la propagazione/ricezione dell'onda in una sola delle due possibili direzioni e inibendola nell'altra.

Caratteristiche tecniche della strumentazione basata sui sensori magnetostrittivi: MsS

- **Sensitività:** ~2-3% perdita di sezione trasversale;
- **Materiali:** acciaio-carbonio, compositi;
- **Diametro tubi ispezionabili:** da-i scambiatori di calore* fino ai tubi dei gasdotti con diametro maggiore di 48"
- **Temperatura di esercizio:** non esistono limiti teorici per le basse temperature, mentre il limite teorico per le alte temperature e la temperatura di Curie del Nichel (354 °C); per le applicazioni a temperature estremi si devono sviluppare sensori adatti (protezione termica per le alte temperature e colle epossidiche specifiche per le temperature estremamente basse);
- **Distanza massima tra la spira conduttrice e la striscia magnetostrittiva incollata al tubo:** 5cm (permette l'acquisizione sopra il rivestimento);

- **Modi d'onda applicabili:** torsionale fondamentale, longitudinale per le strutture cilindriche; onde trasversali per le strutture piatte.

* sono necessari trasduttori specifici per queste applicazioni

Esempio di risultati per una condotta in esercizio: le indicazioni corrispondono a saldature, giunzioni e difetti artefatti; il range di ispezione: 120m da un unico punto di applicazione del sensore.

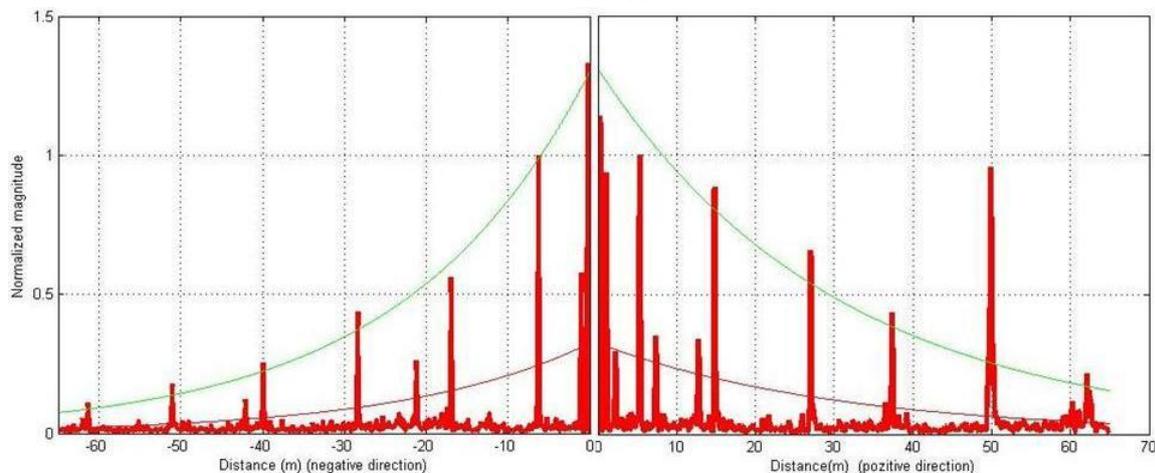


Fig. 4 Esempio di risultati

3. Vantaggi derivanti dall'utilizzo della tecnica UGW e dei sensori magnetostrittivi

I risultati ottenuti dal utilizzo della tecnica, evidenziano e confermano i vantaggi tipici della tecnica UGW in grado di:

- fornire rapidamente informazioni su lunghi tratti di condotta
- permettere l'ispezione a distanza di aree remote non accessibili;
- ridurre i costi di ispezione quantitativa con tecniche NDT convenzionali in quanto indica con precisione i punti critici da ispezionare con tecniche puntuali;
- aumentare significativamente l'efficienza di ispezione.

Tra i punti di forza specifici di un sistema UGW basato su sensori di tipo magnetostrittivo si evidenziano le seguenti possibilità.

a) Applicazione del sensore magnetostrittivo a tubi di differente diametro in modo semplice e poco costoso

Sono state effettuate prove di diagnostica di tubi e condutture con diametro variabile da 2 fino a 48 pollici ed è stato eseguito

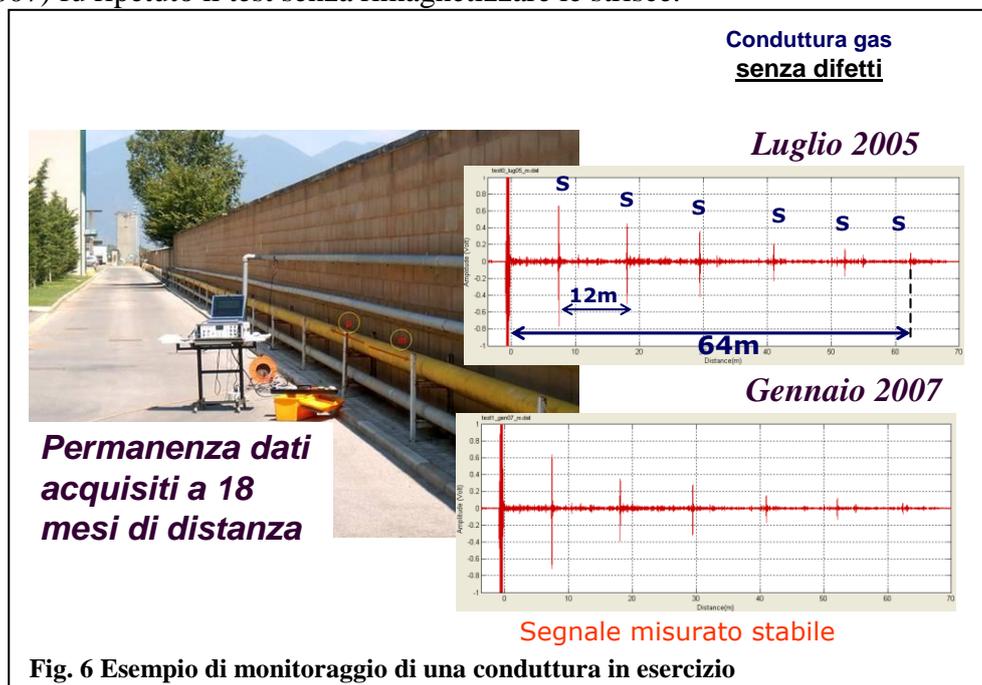


Fig. 5 – Test su cisterna

anche un test su una cisterna del diametro di 2 m (vedi Fig. 2). I risultati sono stati positivi in tutti i casi considerati. In particolare il sensore risulta di semplice installazione e di costo contenuto: le strisce di nichel possono essere incollate a settori circolari e, per avere una indicazione dei costi si consideri che nel caso di un tubo da 8 pollici, per un test a 32 kHz le strisce di nichel (spessore 0,25 mm, larghezza di 25 mm) hanno un costo di circa 13 euro.

b) Installazione permanentemente del sensore magnetostrittivo su condotta non rivestita

Il sensore può essere installato permanentemente su la condotta da ispezionare, e le acquisizioni ripetute successivamente sono in grado di rilevare cambiamenti minimi nello stato di integrità della condotta stessa. Per accertare la stabilità del sistema basato su sensori magnetostrittivi nel luglio 2005 (Fig. 3) fu eseguito un primo test su una condotta di gas in esercizio incollando e magnetizzando due strisce di nichel. Le strisce non furono rimosse. A distanza di un anno e mezzo (gennaio 2007) fu ripetuto il test senza rimagnetizzare le strisce.



I risultati confermarono quanto già ottenuto sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, in accordo con il fatto che nel frattempo lo stato della condotta non aveva subito modifiche.

c) Installazione permanente del sensore magnetostrittivo sottorivestimento

Il test illustrato in Fig. 4 è relativo a un tubo di 10 pollici, lungo 12 m e rivestito, ha mostrato che il segnale acquisito non cambia apprezzabilmente nei due casi di seguito considerati:

- 1) acquisizione con le spire poste direttamente a contatto sulle strisce di nichel incollate e magnetizzate;
- 2) acquisizione con il rivestimento interposto tra le strisce e le spire.

Ciò suggerisce la possibilità di operare nel seguente modo sulla condotta che si vuol monitorare:

- a) si toglie il rivestimento per un tratto corto (dell'ordine delle decine di centimetri), si incollano e si magnetizzano le strisce di nichel;
- b) si riveste a freddo la condotta;
- c) si lasciano le strisce di nichel sotto il rivestimento per successive misure.

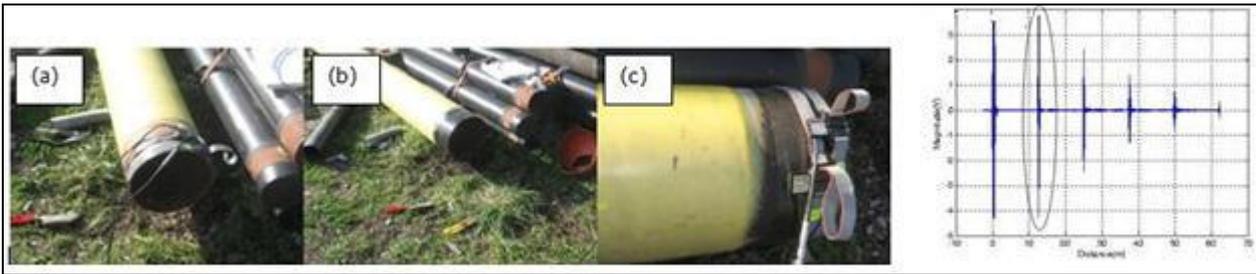


Fig. 7 Monitoraggio di condutture rivestite: fasi di esecuzione del test e risultati

Nel risultato ottenuto (cfr. Fig. 4) sono identificabili 5 riflessioni dalla fine del tubo. Ciò significa che circa 60m di conduttura rivestita possono essere monitorati da un singolo punto di accesso e in ciascuna delle due possibili direzioni.

Da sottolineare il fatto che il monitoraggio di condutture rivestite sia specificatamente possibile con sensori magnetostrittivi costituiti da due parti (nichel e spire) accoppiate magneticamente. Tra le due parti è possibile interporre il rivestimento della conduttura senza che il segnale acquisito si degradi apprezzabilmente, così come il test eseguito ha dimostrato.

4. Limiti della tecnica: attenuazione dell'onda inviata

L'attenuazione dell'onda trasmessa dal sensore riduce il range d'ispezione a parità di difetto minimo rilevabile o aumenta la dimensione del difetto minimo rilevabile a parità di range d'ispezione.

Alcuni fattori che determinano l'attenuazione:

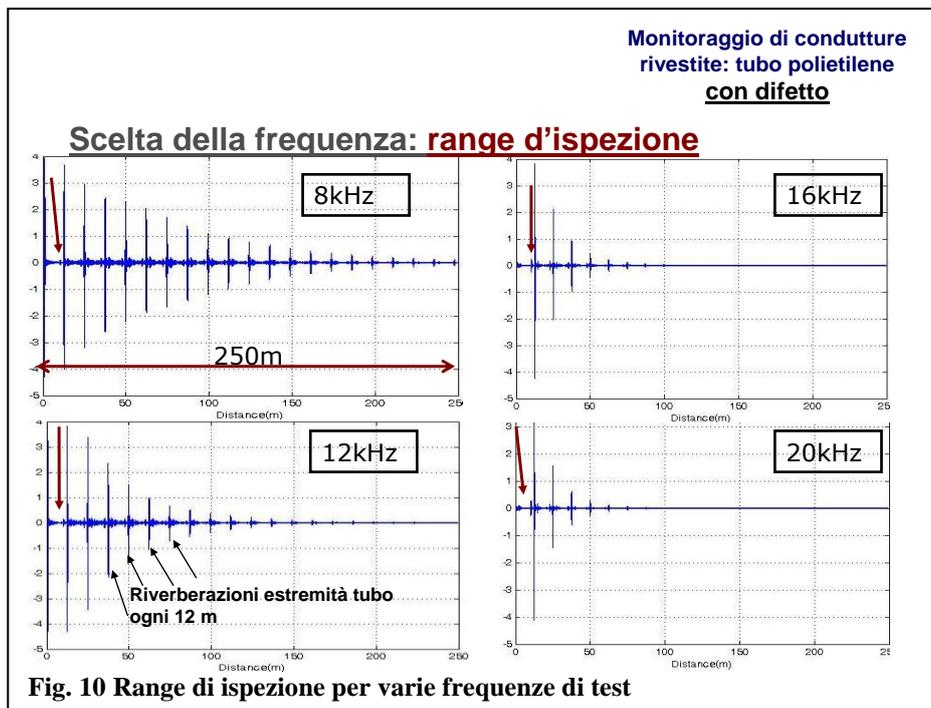
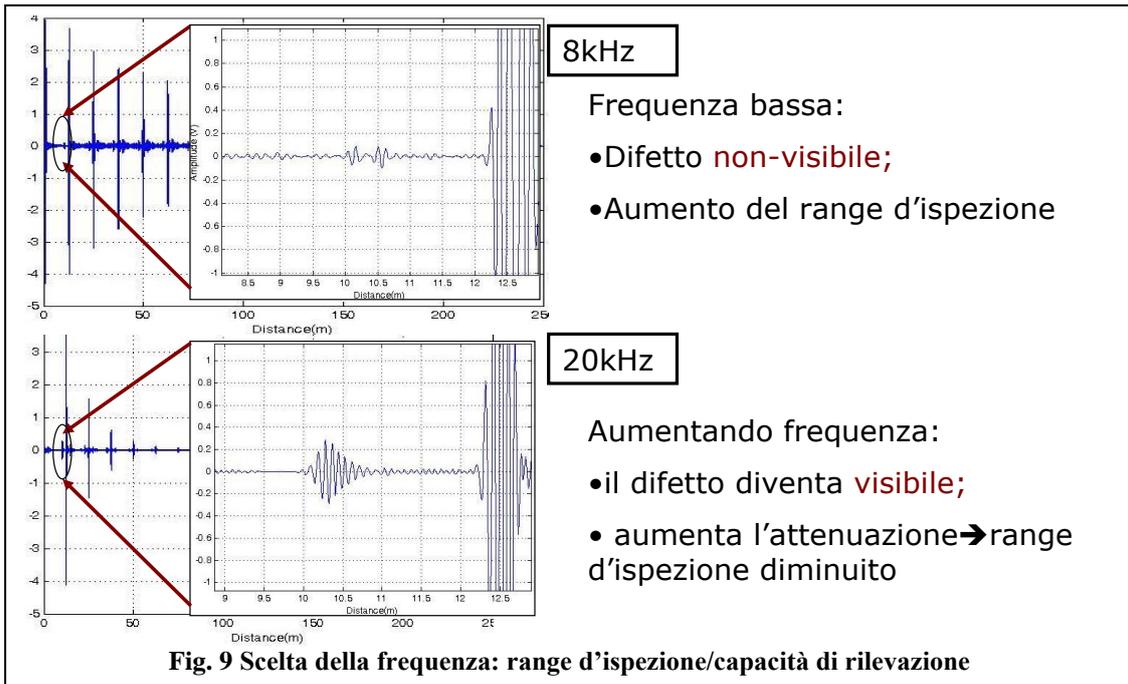
- Distanza sensore – difetto
- Posizione conduttura (sospesa in aria/interrata)
- Rivestimento conduttura
- Stato di integrità della conduttura (poco o molto corrosa)
- Frequenza dell'onda inviata (bassa/alta)



Fig. 8 Fattori di attenuazione: rivestimento e posizione

Scelta della frequenza: compromesso tra range d'ispezione/capacità di rilevazione

La scelta della frequenza è fondamentale in quanto una frequenza relativamente alta permette di individuare difetti piccoli, ispezionando distanze relativamente brevi, mentre una frequenza più bassa aumenta la dimensione del difetto minimo rilevabile allungando il range d'ispezione (Fig.6, Fig7).



5. Campi di applicazione

- Condotture appartenenti ai impianti industriali e off-shore
- Power generation
- Attraversamenti ponti, strade, muri
- Condotture interrato o parzialmente interrato (con la riduzione del range di ispezione)
- I riser nelle piattaforme off-shore
- Cavi di sostegno ponti sospesi
- Scambiatori di calore*
- Boiler tubes*
- Tank (Cisterne)
- Strutture piatte*

** sono necessari trasduttori specifici per queste applicazioni*

Range di temperatura:

-80 → +180 con le sonde normali

-196°C → +300°C (Per le temperature estremi sono necessarie sonde specifiche)