

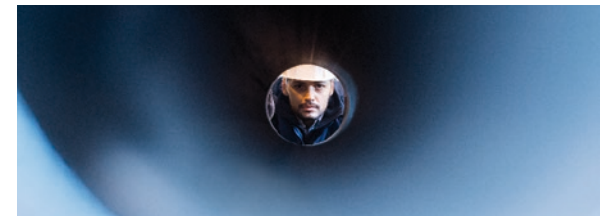
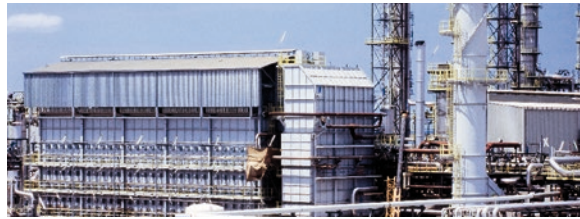
# TUBI DI REFORMING & COMPONENTI

Servizi globali per il controllo tubi di reforming.





<b>Controllo tubi di reforming</b>	4 – 5
<b>Ispezione esterno tubi (LEO-Scan)</b>	6 – 9
<b>Ispezione interno tubi (LEO-iScan)</b>	10
<b>Misura coda uscita</b>	11
<b>Ispezione estremità superiori</b>	12 – 13
<b>Valutazione della durata residua (RLA)</b>	14 – 15
<b>Tecnologia</b>	16
<b>FOERSTER TEST TOWER</b>	17
<b>Nel mondo</b>	18 – 19



### Nuovo nome, stessa missione

Un servizio fondamentale per garantire che gli impianti petrolchimici operino in modo sicuro ed efficiente è il controllo non distruttivo dei materiali utilizzati, in particolare dei tubi catalizzatori di reforming ottenuti in modo centrifugo e dei relativi componenti. Da molti anni i due leader in questo campo sono l'azienda tedesca Magnetische Pruefanlagen (MP) e dall'altra parte del globo l'americana US Thermal Technology (USTT). MP era una consociata interamente controllata dal gruppo FOERSTER, un'azienda globale con sede a Reutlingen in Germania; USTT è stato il partner a lungo termine di MP per le ispezioni dei tubi nell'emisfero occidentale dal 1989 al 2020, quando è stata acquisita direttamente da FOERSTER. Nel 2021 la stessa MP è stata integrata nell'Institut Dr. Foerster GmbH & Co.



*Sito chimico di El Dorado, El Dorado, Arkansas; appartenente a LSB Industries*

KG. Infine, alla fine del 2021 il Gruppo FOERSTER ha completato l'acquisizione della Quest Integrity's Syngas. Questa transazione includeva il personale tecnico della divisione "BU Inspection" e le sue tecnologie di ispezione LOTIS e MANTIS.

Ora sotto l'egida di FOERSTER e conosciuti come Business Unit (BU) Inspection, questi esperti continuano insieme l'importante lavoro su cui il settore fa affidamento da oltre 30 anni. Sebbene i nomi siano cambiati, la missione rimane la stessa: fornire servizi completi per tutte le vostre esigenze di controllo sui tubi di reforming.



**FOERSTER**

Parent Company of MP and USTT  
Owner of LOTIS and MANTIS Technology

### Rendere visibile la qualità

Il gruppo FOERSTER sviluppa, produce e distribuisce strumenti e sistemi di controllo non distruttivo sui materiali utilizzando tra l'altro la tecnologia a correnti indotte (EC). FOERSTER produce anche sonde a correnti indotte altamente specializzate e personalizzate per il rilevamento di difetti e l'esecuzione di test micro-strutturali.

I risultati possono essere notevolmente migliorati utilizzando sensori personalizzati progettati specificamente per le complesse geometrie dei componenti da controllare. Per calibrare i sistemi FOERSTER esegue difetti artificiali che differiscono per profondità, larghezza e lunghezza, insieme a blocchi di calibrazione standard.



*Controllo tubi di reforming tramite LEO-Scan*



I NOSTRI SERVIZI

## Controllo tubi di reforming







Un obiettivo importante per la Divisione BU è quello di fornire ai propri clienti dei servizi completi per il controllo dei tubi di reforming. Il controllo interessa impianti di ammoniaca, metanolo, ferro a riduzione diretta (DRI) ed idrogeno, in tutto il mondo.

I test automatizzati sono condotti dai nostri tecnici specializzati nei controlli non distruttivi (NDT), qualificati secondo la norma EN ISO 9712. I tecnici sono ingegneri laureati con numerose certificazioni tecniche di Livello 2 e Livello 3 in varie discipline, tra cui metodologie a correnti indotte. Poiché progettiamo, costruiamo e certifichiamo i componenti utilizzati, il controllo dei tubi di reforming può essere eseguito in modo affidabile anche in condizioni che richiedono competenze tecnologiche.

Si raccomanda a tutti i nostri clienti di utilizzare il pacchetto completo delle tecnologie applicabili e appropriate offerto da FOERSTER per garantire un monitoraggio affidabile e conveniente. Questo approccio esaustivo garantisce che i tubi di reforming ed i loro

componenti siano regolarmente verificati ad intervalli appropriati, per tutta la loro durata di utilizzo. Quando indicato dai risultati della verifica, è possibile agire tempestivamente per massimizzare la produzione, eliminare i tempi di fermo e fornire un luogo di lavoro più sicuro.

#### **I servizi comprendono**

- Ispezione base dei tubi di reforming (se nuovi, prima della messa in servizio)
- Ispezione regolare dei tubi di reforming ottenuti con centrifuga per tutta la loro durata utile (ogni 2-4 anni)
- Valutazione della durata residua (RLA) dei tubi di reforming utilizzando metodi non distruttivi
- Prove distruttive dei tubi di reforming utilizzando campioni selezionati tramite laboratori esterni
- Ispezione delle code d'uscita per la deformazione e la permeabilità magnetica
- Ispezione a correnti indotte delle estremità superiori
- Servizi di supporto in base alle necessità

LEO-SCAN

## Ispezione esterno tubi (LEO-Scan)





Per ispezionare i tubi di reforming catalizzatori ottenuti da centrifuga utilizzati per tubi di reforming vapore di metano, FOERSTER ha sviluppato e costruito il sistema "LEO-Scan" che effettua l'ispezione all'esterno dei tubi, utilizzando la tecnica a correnti indotte e laser.

L'intero sistema LEO-Scan è montato su un unico cingolo. La costruzione speciale del cingolo trasporta i sensori dal pavimento della fornace – a seconda del design del tubo – fino al tetto. Sono incluse le aree sotto la sommità di eventuali tunnel di raccolta fumi, se presenti. Le sonde e i laser sono montati vicino al fondo del cingolo, consentendo di eseguire letture nelle aree più critiche del tubo di reforming a flusso verso il basso, poiché questa è considerata la parte più calda del tubo. Il dispositivo ha anche lo scopo di verificare i tubi di reforming con distanza tra tubo e tubo fino a 20 mm (0,79 pollici). Ciò consente l'ispezione di fornaci con spazi molto ristretti. Sono disponibili anche altri cingoli e sonde per testare i tubi di reforming a flusso ascendente. Non è richiesta la pulizia dei tubi.

Il sistema a correnti indotte è calibrato su un tubo reale lungo 0,4 m (15,75 pollici), diviso nel senso della lunghezza, e presenta un difetto di riferimento creato

tramite elettroerosione (EDM) sul diametro interno che funge da cricca artificiale. La calibrazione dimostra sia la capacità di identificazione del difetto sia la penetrazione del sistema per l'intero spessore del tubo.

Il dispositivo LEO-Scan utilizza un sistema laser a doppio asse per misurare il diametro esterno dei tubi sull'intera lunghezza tubo all'interno della fornace. La misurazione del diametro esterno, pur non essendo lo strumento di ispezione principale, è un importante test secondario per identificare la cricca. L'uso del laser per

questa ispezione garantisce la ripetibilità e consente di registrare digitalmente il diametro del tubo sull'intera lunghezza all'interno del tubo di reforming.

Questa tecnica può individuare le tendenze nel profilo di tiro della fornace e aiutare a isolare le aree con problemi di caricamento del catalizzatore o con le sue condizioni. I problemi dei fumi residui possono anche essere isolati utilizzando questi dati. I risultati del diametro esterno e le letture delle correnti indotte vengono presi e visualizzati contemporaneamente per facilitarne l'interpretazione.

Questo è l'unico sistema a correnti indotte in uso oggi che penetra l'intero spessore della parete del tubo fino a 24 mm (0,95 pollici). Mentre il cingolo risale i tubi, le sonde registrano i segnali per la valutazione. Non solo il sistema registra le variazioni della permeabilità magnetica, ma soprattutto elabora e monitora in modo continuo, consentendo la rilevazione di cricche e difetti all'interno della parete del tubo e delle superfici interne ed esterne. Poiché il sistema funziona elettronicamente, LEO-Scan non richiede liquidi di accoppiamento (ad es. acqua), il che rende l'intero controllo assolutamente ripetibile.

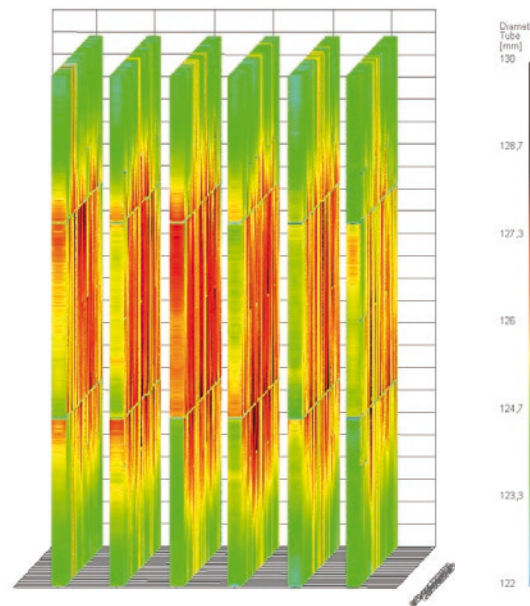


Figura 1: risultati tipici dell'ispezione

La ripetibilità è un elemento chiave per questo tipo di controllo. Consente di sovrapporre e confrontare direttamente di anno in anno i risultati di ciascuna ispezione. Qualsiasi deviazione nei segnali può essere correlata a danni nella parete del tubo. Ciò è in netto contrasto con i test a ultrasuoni: la variazione della forza di accoppiamento elimina la ripetibilità e la difficoltà di penetrazione di questi materiali, ad esempio a causa della rugosità nel prodotto appena colato e della presenza di grana grossolana (elevata dissipazione/smorzamento) – rendono gli ultrasuoni inadatti per i tubi ottenuti da centrifuga.

Utilizzando fino a quattro laser (a seconda delle distanze da tubo a tubo), il LEO-Scan misura il diametro esterno durante il controllo a correnti indotte. I laser consentono la massima precisione e ripetibilità. La misurazione del diametro del tubo può essere utilizzata anche come controllo secondario per verificare la condizione di deformazione del tubo ed aiutare ad indicare le probabili cause che hanno creato il danno.

### **Vi sono tre scenari possibili per i difetti dei tubi di reforming**

- È possibile che si formino cricche senza crescita diametrica a causa di disturbi operativi, problemi al catalizzatore o impatto della fiamma (surriscaldamento a breve termine), problemi di distribuzione del flusso dei fumi e shock termico.
- Può formarsi una crescita diametrica senza fessurazioni (surriscaldamento a lungo termine).
- Una combinazione di entrambi.

LEO-Scan ha la capacità di scoprire difetti così complessi grazie alla sua combinazione di controllo a correnti indotte e misurazioni laser, il che lo rende uno dei sistemi più completi ed efficaci sul mercato.

Se giustificata in base ai risultati dell'ispezione o all'invecchiamento del materiale, può essere raccomandata una valutazione della durata residua (approccio non distruttivo, basato sulla deformazione). Essa calcola la durata rimanente basandosi sull'esperienza e sul giudizio di addetti alla verifica dell'idoneità al servizio (FFS), la strategia di sostituzione e il supporto all'acquisto della gestione complessiva. Il risultato finale di questa analisi fornisce ai nostri clienti una valutazione di Idoneità API-579 per il Livello di servizio II.



LEO-Scan



La figura 2 mostra la sovrapposizione di diversi anni di ispezioni effettuate dall'esterno del tubo. Idealmente questi grafici iniziano con un'ispezione di base, che si sovrappone poi agli altri ad ogni ispezione successiva. Ciò rende i cambiamenti nei segnali immediatamente evidenti e semplici da valutare. Questo grafico mostra chiaramente i cambiamenti (crescita) nel diametro esterno vicino al lato sinistro del grafico, che rappresenta il fondo del tubo.

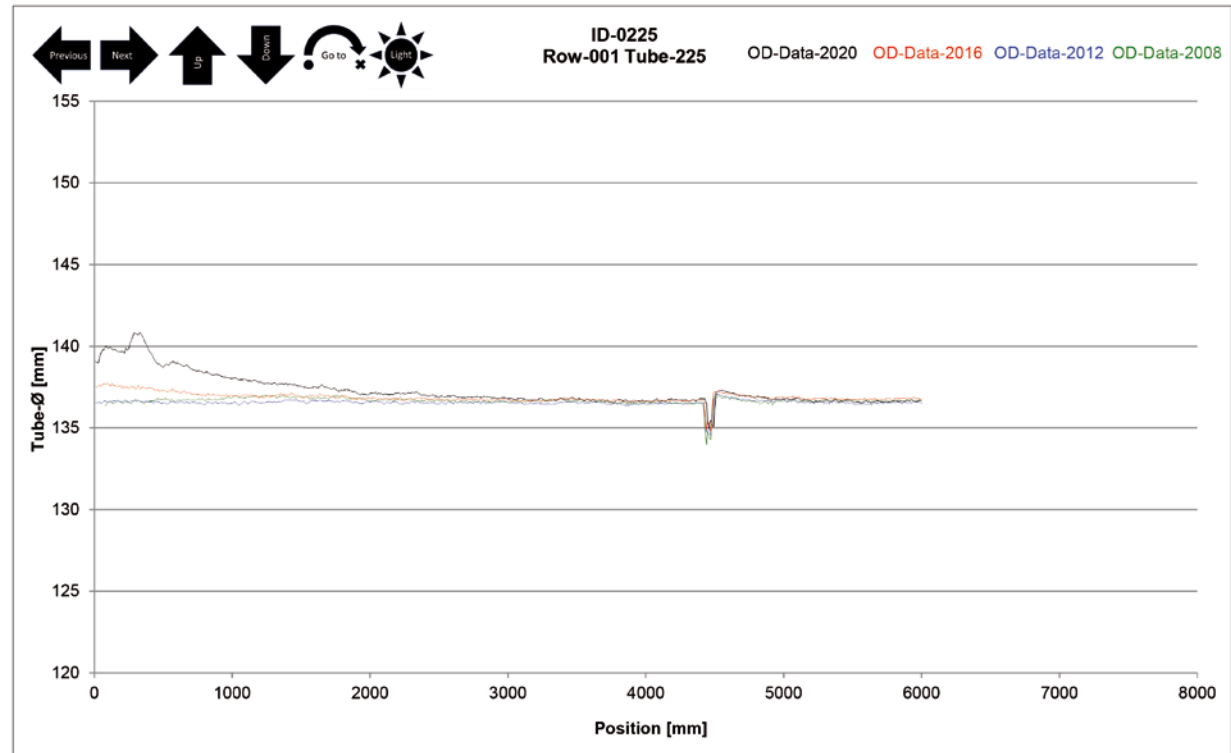


Figura 2: Quattro ispezioni del diametro esterno di un tubo di reforming sono sovrapposte per mostrare i cambiamenti nel tempo (base iniziata nel 2008 e ispezioni nel 2012, 2016 e 2020)

È ora disponibile un nuovo dispositivo sviluppato dalla Divisione BU: LEO-iScan. Avendo dimostrato di essere robusto e affidabile nell'uso sul campo, comprende una potente unità laser che misura in modo molto accurato il diametro interno in combinazione con un sistema a correnti indotte. L'ispezione viene eseguita partendo dalla sommità della flangia del tubo e proseguendo fino alla griglia di supporto del catalizzatore. Ciò è possibile solo quando i tubi sono in fase di sostituzione del catalizzatore. Poiché le superfici interne dei tubi di reforming sono lavorate a macchina, queste letture mostrano facilmente una crescita di deformazione anche in assenza di dati precedenti (di riferimento). Il sistema utilizza otto laser configurati su quattro assi per ottenere un'immagine completa del diametro interno del tubo.

Un vantaggio dell'utilizzo delle correnti indotte per l'ispezione dall'interno è la vicinanza delle sonde al sito del potenziale danno da deformazione che generalmente inizia a circa 1/3 dalla superficie interna. Il sistema è stato sviluppato per fornaci che potrebbero richiedere il monitoraggio dei danni da deformazione al di sotto del pavimento, o per tubi che si toccano a causa di forti curvature, rendendoli così inaccessibili dall'esterno. Può essere utilizzato anche come controllo secondario per verificare la condizione di deformazione di un tubo. I risultati mostrano il diametro del tubo in una vista 3D a 360°. Queste informazioni possono essere presentate per tubi singoli, file singole o l'intero tubo di reforming.

## Misura diametro interno con laser multipli e correnti indotte (LEO-iScan)





## Monitoraggio delle condizioni estremità



Le estremità in uscita sono componenti importanti che richiedono un'ispezione rigorosa, a causa della loro posizione e della funzione prevista. Per l'identificazione e la determinazione della deformazione, abbiamo sviluppato un dispositivo unico per misurare le estremità diametralmente dall'uscita del tubo al collettore.

Le misurazioni sono effettuate su due assi; questa configurazione consente di valutare la crescita del diametro sia delle sezioni rettilinee che delle curve, tenendo conto delle intrinseche (e normali) differenze di diametro dovute al processo di piegatura. Rispetto al controllo manuale del calibro, questo nuovo sistema è molto veloce, affidabile e ripetibile. Fornisce inoltre un profilo del diametro accurato su tutta la lunghezza estremità, con una valutazione della deformazione in forma digitale che può essere utilizzata per valutazioni future.

È anche possibile misurare la permeabilità dell'estremità di uscita utilizzando lo strumento FOERSTER MAGNETOSCOPI. Ciò è particolarmente importante quando si tratta di nipping in caso di rottura di un tubo: è importante determinare che il materiale sia in condizioni idonee, cioè con duttilità sufficiente a consentire il nipping. La procedura può essere utilizzata in linea, senza richiedere la fermata dell'impianto per isolare i tubi che perdono. Di recente molti impianti hanno richiesto uno spegnimento, o almeno una riduzione del flusso di processo vapore proprio per consentire il nipping.



ISPEZIONE DELLE ESTREMITÀ SUPERIORI

# Ispezione delle estremità superiori





Lo standard storicamente accettato per l'esame dei tubi di reforming in servizio nei reformer metano (SMR) è quello di ispezionare la lunghezza riscaldata del tubo all'interno della fornace. Tuttavia tendenze recenti hanno modificato la prospettiva, poiché ora è possibile scoprire difetti interni e danni in queste porzioni del tubo che fino ad ora non erano state ispezionate. Sono stati riscontrati difetti in due disposizioni completamente diverse: uno rivolto verso l'alto e uno rivolto verso il basso; In entrambi, il difetto era dovuto al meccanismo di danno noto come "fatica termica".

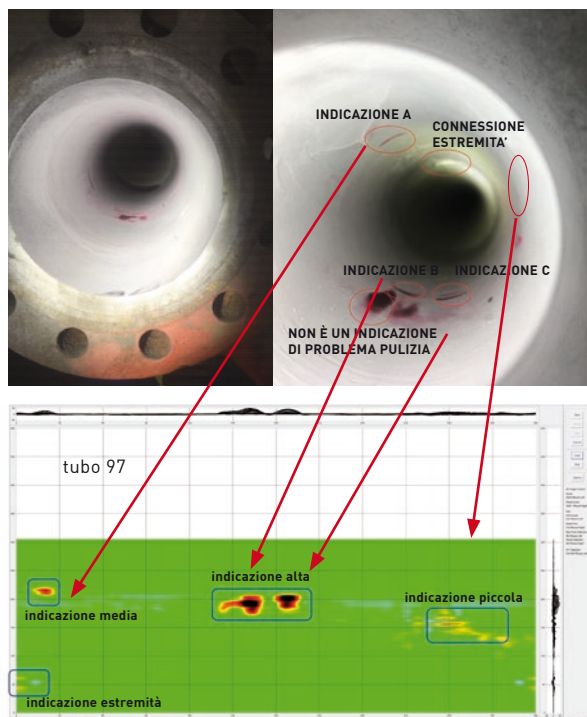


Figura 3: Scansione dell'estremità superiore con evidenza dei difetti



Figura 4: Estremità superiore tipica

È necessario sottolineare che queste cricche iniziano all'interno e si propagano verso l'esterno, senza alcun preavviso fino a quando un guasto imprevisto interrompe l'operatività. È anche importante sapere che questo tipo di cricca in genere non mostra una dilatazione misurabile. Pertanto un'ispezione efficace delle estremità superiori deve rilevare le cricche piuttosto che i danni da dilatazione.

Quando si verificano guasti di questo tipo si possono causare danni veramente gravi, interruzioni della produzione e rischi per la sicurezza. Questo perché un incendio che si verifica alle estremità superiori dei

tubi di reforming, in un'area non visitata frequentemente, può bruciare senza essere scoperto per un bel po' di tempo. Le parti superiori dei tubi, le parti di ingresso e l'acciaio strutturale possono surriscaldarsi, innescando una cascata di ulteriori guasti.

La divisione BU Inspection ha sviluppato una tecnica affidabile ed uno specifico dispositivo per controllare queste aree superiori dei tubi per evitare tali disastri. Una sonda a correnti indotte appositamente costruita scandisce le estremità superiori alla ricerca di cricche ed altri segni di affaticamento termico. L'identificazione tempestiva di questi difetti contribuisce al funzionamento sicuro e affidabile del reformer, e può prevenire incendi significativi.

La Figura 3 mostra una scansione tipica dell'estremità superiore con crepe nella parete del tubo che si irradiano verso l'esterno dalla superficie interna. Il cliente ha verificato le cricche utilizzando liquidi penetranti (PT). Il rilevamento tempestivo di tali difetti può aumentare l'affidabilità e proteggere il valore del bene garantendo al contempo la sicurezza.

VALUTAZIONE DELLA DURATA RESIDUA

Qual è la durata residua  
dei Vostri tubi?





Un software proprietario sviluppato con uno sforzo collaborativo: TubeLife è stato creato espressamente per colmare il divario nella valutazione della durata residua dei tubi di reforming: prima non esistevano codici o pratiche pubblicamente disponibili per affrontare la complessità di come monitorare il ciclo di vita dei tubi di reforming. TubeLife raggiunge questo obiettivo integrando i dati sulle dimensioni di deformazione e cricche nel proprio schema.

In passato le stime quantitative erano basate su principi ed elementi standard post-costruzione, come API 571, API 579, R5 e/o BS7910. Tuttavia l'applicazione di questi standard è tutt'altro che ideale, in quanto non riflette direttamente la complessità dei meccani-

smi di danno che influiscono sulla longevità dei tubi di reforming. Un modello Dyson modificato incorporato in TubeLife valuta la deformazione accumulata in un determinato periodo di tempo, come mezzo per prevedere il degrado del materiale e calcolare la vita utile rimanente. Inoltre, l'analisi valuta tutte le misure a correnti indotte che indicano danni alla parete, poiché le crepe di solito sono indizio di una prossima rottura del tubo.

Il software attinge anche dai dati diametrali del laser per la misura della deformazione, insieme alle informazioni sulla procedura e sulla cronologia dei vari stop.

Lo schema si basa su diversi meccanismi di degrado che spesso si verificano nei tubi di reforming. Questi includono l'invecchiamento/ammorbidente termico, la deformazione, la modifica della struttura (soprattutto i carburi secondari) e l'aumento della densità di dislocazione mobile, la formazione di cavità. L'integrazione di vari tipi di degrado consente stime realistiche della vita residua, in base all'accumulo di deformazioni durante la vita del tubo, e la valutazione accurata della formazione di cricche tramite correnti indotte.

Questa tecnica di valutazione è stata eseguita con successo in molte aziende in tutto il mondo.

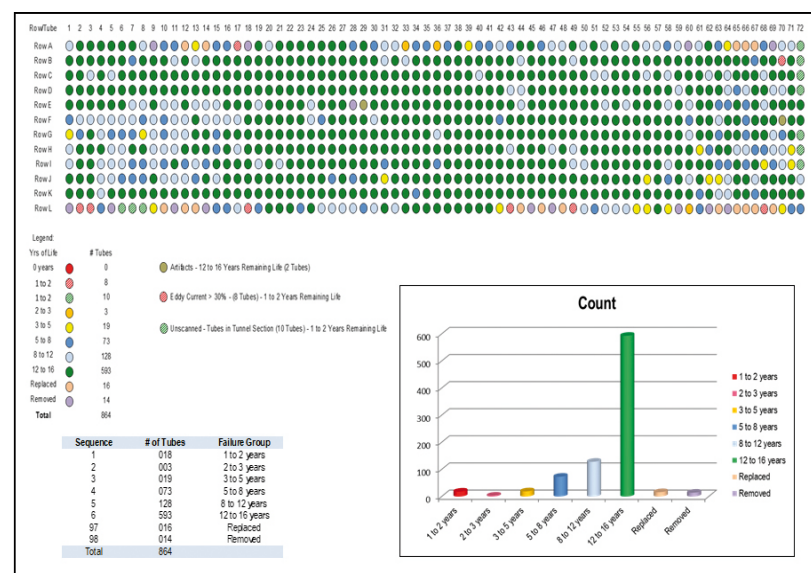


Figura 5: output tipico per la valutazione durata vita residua

### Rilevamento cricche tramite controllo a correnti indotte

La forte attenzione che oggi viene riservata alla qualità, per non parlare dei rischi associati all'affidabilità del prodotto, richiede sempre più verifiche sicure al 100%. Il metodo a correnti indotte secondo DIN EN ISO 15549 è un metodo non distruttivo e senza contatto per il controllo dei materiali. Rivela difetti come cricche, porosità, cavità e difetti, e funziona in modo rapido, affidabile ed economico, senza richiedere l'uso di liquidi di accoppiamento.

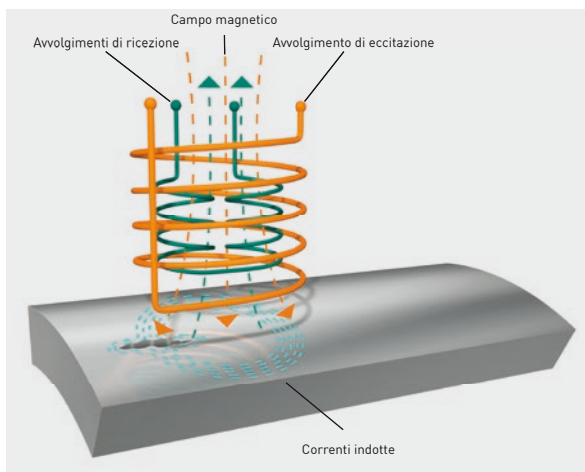


Figura 6: Il principio del controllo a correnti indotte

Una bobina di eccitazione genera un campo magnetico, che induce correnti parassite ad alta frequenza nel materiale. Il segnale risultante viene solitamente registrato con una bobina differenziale. Nel segnale ricevuto si valuta l'ampiezza e lo spostamento di fase del segnale dell'eccitatore, rivelando anche i più piccoli difetti nel materiale.

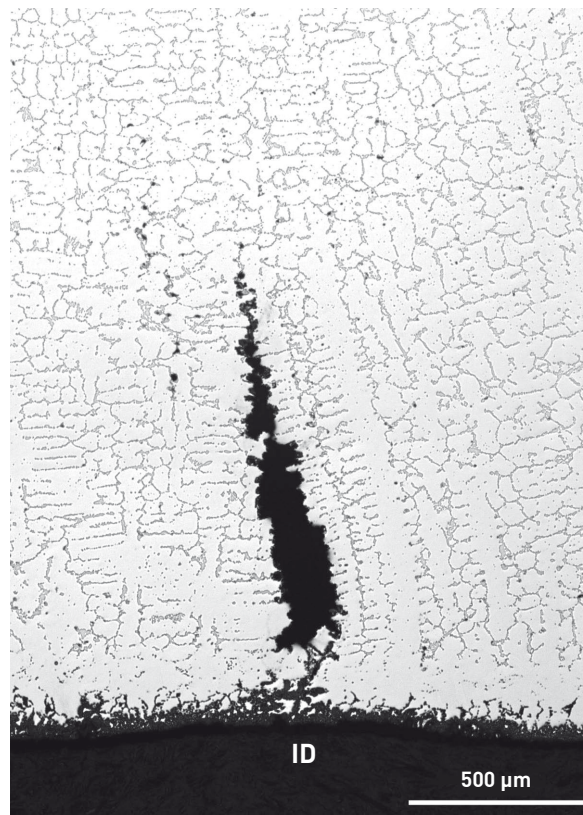
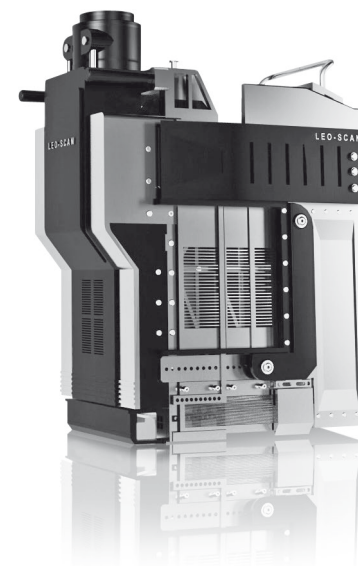


Figura 7: Microfotografia con ingrandimento della fissurazione

### Controllo cricche

Per il rilevamento cricche, una sonda a correnti indotte viene fatta transitare su tutta la lunghezza di un campione di riferimento. Se non sono presenti difetti nel materiale, le correnti indotte fluiscono in modo uniforme, perché la resistenza elettrica è omogenea. Ma ovunque ci sia una cricca la densità delle correnti si presenta diversa da quella di un pezzo non danneggiato. Questa modifica viene registrata e visualizzata come segnale di errore. La penetrazione dipende dalle frequenze in uso: mentre le frequenze più alte si concentrano più vicino alla superficie, le frequenze più basse penetrano più in profondità nel materiale. Il tipo di sonda, la dimensione della sonda e la frequenza di controllo vengono scelti in base al tipo di controllo e di materiale.



LEO-Scan



**FOERSTER TEST TOWER – La nostra struttura per mettere alla prova le apparecchiature**

La test tower appena installata, che contiene diversi tubi nella loro estensione verticale originale (compresa la flangia superiore), è una perfetta rappresentazione di una fila di tubi catalizzatori in un impianto di reforming a vapore di metano. Questa configurazione consente condizioni di scansione realistiche per sperimentare nuovi sviluppi o ottimizzare prototipi e modifiche; ora è disponibile per esperimenti con sistemi di scansione automatizzati esterni (OD) e interni (ID). Inoltre, è l'ideale per controllare il software in termini di applicazione di programmi di controllo e raccolta dati in tempo reale quando si utilizza una strumentazione mobile a correnti indotte avanzata.





NEL MONDO

A casa in tutto il mondo,  
con radici a Reutlingen  
in Germania





**Operativi in tutto il mondo, sempre e ovunque**

Fin dall'inizio il gruppo FOERSTER ha lavorato per costruire la sua rete mondiale di esperti per operare in modo efficiente e prudente nei mercati globali. Ovunque nel mondo si presenti la necessità di eseguire prove su tubi di reforming, la nostra divisione BU Inspection è a Vostra disposizione, pronta a rispondere a tutte le Vostre richieste ed esigenze.

**Sede centrale**

- Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG, Germany

**Filiali**

- FOERSTER Instruments Inc., America
- FOERSTER (LOTIS & MANTIS), America
- US Thermal Technology Inc. (USTT), America
- FOERSTER (Shanghai) NDT Instruments Co., Ltd., Cina
- FOERSTER Japan Ltd., Giappone
- FOERSTER France SAS, Francia
- FOERSTER Italia S.r.l., Italia

**Rappresentanze**

- Hydro Kleen Systems do Brasil Limpeza Industrial Ltda, Brazil, Argentina
- Middle East Star (MES) – Tragency Middle East, Egitto
- Pipeline Supply Company LLC. (India), India
- PT. Profluid, Indonesia
- NDT Corrosion Control Services Co. (NDTCCS), Arabia Saudita, Bahrain
- Calibre Petrochem SDN. BHD., Malaysia
- Leap Engineering Solutions, Pakistan
- Marant Polska SP z o.o., Polonia
- Arsenal Group Co. Ltd, Russia
- Safetech Co., Ltd., Corea del Sud
- Pipeline Supply Company LLC. (PSC), Sultanato di Oman





**FOERSTER**

Parent Company of MP and USTT  
Owner of LOTIS and MANTIS Technology

**Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG**

In Laisen 70 | 72766 Reutlingen | Alemania

+49 7121 140 0 | m +49 160 9461 7857

inspection@foerstergroup.com

[foerstergroup.com](http://foerstergroup.com)

**U.S. Thermal Technology Inc.**

**A FOERSTER Group Company**

140 Industry Drive | Pittsburgh, PA 15275

+1 412 788 8976 | m +1 713 806 6561

inspection@foerstergroup.com

Kara Ellis

**FOERSTER INSTRUMENTS INC.**

**(LOTIS & MANTIS)**

906 Geneva Street, Shorewood, IL 60404

C: 815-979-3238

[kara.ellis@foerstergroup.com](mailto:kara.ellis@foerstergroup.com)