IN CHE MODO I RECENTI SVILUPPI DELL'XRF PORTATILE INFLUISCONO SULL'IDENTIFICAZIONE POSITIVA DEL MATERIALE (PMI) NELLE LEGHE DEGLI IMPIANTI

Abstract

Questo articolo discute i vantaggi dell'analisi non distruttiva della lega in loco. L'utilità degli analizzatori XRF portatili (HH-XRF), noti anche come analizzatori PMI o analizzatori di leghe XRF, è spiegata in termini pratici che si applicano direttamente all'ispezione PMI (Positive Material Identification). Oltre a una panoramica della tecnologia e dei suoi usi tradizionali, vengono identificati notevoli sviluppi recenti e il loro impatto è direttamente correlato ai test PMI sulle leghe. Hardware e software notevolmente migliorati portano una nuova velocità di livello, una gamma elementare più ampia e una maggiore precisione per le prove sul campo dei materiali in lega. In particolare, prestazioni del rivelatore 10 volte migliori, sensibilità da 5 a 50 volte migliore per la maggior parte degli elementi, una nuova capacità di analizzare elementi leggeri come Mg, Al, Si, P e S, test "in servizio" ad alta temperatura e collimazione del fascio per un'analisi di saldatura superiore sono tra le innovazioni discusse.

1. Introduzione

Per i fornitori di componenti industriali o le operazioni di impianti industriali, l'ispezione PMI e la verifica dei materiali sono preoccupazioni fondamentali. Che si tratti di resistenza alla corrosione, tolleranza alla temperatura o caratteristiche meccaniche, le leghe sono specificate dalla progettazione. Un mix di materiali in lega può provocare il guasto dei componenti. I costi dei guasti dei componenti includono tempi di fermo, riparazione e sostituzione, materiale perso (con perdite), rischi ambientali e di incendio o contaminazione dei lotti.

L’analisi XRF (HH-XRF) è una tecnica di test non distruttiva (NDT) veloce per misurare la composizione della lega, confermare i gradi di lega ed eseguire ispezioni PMI. Che si tratti di produrre componenti, ricevere materiali in lega, installare tubi, valvole o altri articoli mission-critical o semplicemente un semplice controllo di conferma dei sistemi di processo in servizio, HH-XRF fornisce una conferma rapida e definitiva del materiale. Gli operatori di PMI Analyzer possono identificare rapidamente le miscele di materiali, migliorare i processi di controllo dei materiali e ottenere un rapido ritorno sull'investimento.

1.1 Nozioni di base sull'XRF portatile

La maggior parte delle composizioni di leghe rientrano nella gamma di elementi rilevabili per HH-XRF (Figura 1). I campioni di lega, a causa della loro omogeneità e predominanza di elementi altamente reattivi, sono ideali per l'analisi XRF.

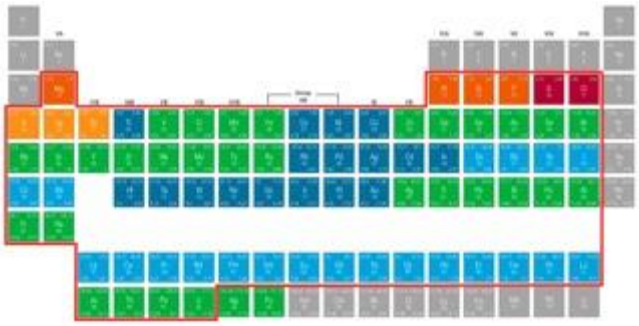

Figura 1. Elementi rilevabili con XRF - Mg to U

Ci sono tre componenti di base nell'XRF (Figura 2):

- Una sorgente di raggi X per l'eccitazione del campione (ionizzazione) - passaggi 1, 2 e 3;
- La cattura della firma a raggi X emessa (fotoni) dal materiale di prova eccitato (ionizzato) - fase 4;
- Elaborazione di questa firma spettrale in chimica del campione e ID grado - passaggio 5.

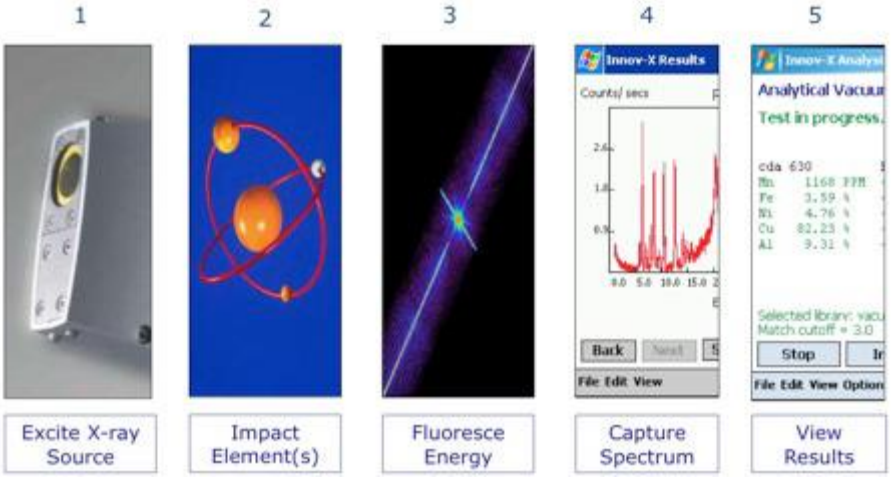

Figura 2. I passaggi dell'analisi XRF

Poiché la tecnica XRF effettua una misurazione vicino alla superficie (~ 10 micron di profondità per i campioni di lega), le superfici verniciate, placcate, corrose o pallinate possono richiedere preparazione / molatura. Attualmente, solo gli elementi più pesanti del sodio (Na) possono essere testati con HH-XRF. Al momento non è possibile effettuare misurazioni dirette di carbonio, berillio, boro o litio.

Ma, anche con queste limitazioni, l'XRF fornisce test in loco rapidi (due secondi per la maggior parte delle leghe), tipicamente non distruttivi. Il robusto imballaggio industriale è progettato per applicazioni interne, esterne e ad alta temperatura. Sebbene non siano una certificazione metallurgica al 100%, gli analizzatori PMI portatili possono in genere misurare il 99,5 +% della maggior parte delle leghe industriali. Per verificare un grado di lega, è solo necessario distinguerlo da altri gradi simili. In genere, questo è fatto facilmente. I gradi identici al 99% come SS-303, SS-304, SS-321 e SS-347 o 9 Chrome e 9 Chrome + V sono facilmente ordinati in base alle differenze specifiche del grado visibili a HH-XRF. Queste differenze possono raggiungere lo 0,05%.

A differenza dell'analisi di laboratorio, in cui l'utente paga (in tempo e denaro) per ogni test, con HH-XRF, quasi tutto il costo è il costo del capitale iniziale. Una volta acquistato l'analizzatore PMI XRF, ogni test è un

evento "punta e spara" di due secondi. Poiché il costo aggiuntivo per test è irrisorio, questo invita a eseguire test ridondanti.

L'ispezione PMI viene eseguita al ricevimento per verificare i materiali in entrata, ma si può riprovare al momento dell'uso o dell'installazione per rilevare eventuali errori di gestione del materiale dopo la ricezione. Una bacchetta di saldatura, sia essa immagazzinata nel contenitore sbagliato o presa da quella sbagliata, può essere verificata, corretta o rifiutata nel giro di due secondi. Inoltre, si può effettuare di nuovo l'analisi sul componente installato in servizio o al controllo qualità finale prima della spedizione.

Un singolo test in ricezione non rileverà gli errori a valle nella fabbricazione o nell'installazione. L'obiettivo del test sui materiali non è solo confermare che il materiale è corretto, ma anche correggere i processi errati che causano confusione. Il test ridondante con un analizzatore PMI è il modo più semplice e veloce per trovare ed eliminare confusioni di materiali.

A partire dagli anni '80, l'XRF portatile da campo era più adatto per testare acciai inossidabili, acciai al cromo-molibdeno, leghe di nichel e leghe di cobalto. Acciai basso legati, gradi di rame e titanio sono stati trattati in modo più limitato perché l'identificazione di molti di questi gradi richiede o beneficia della capacità di misurare direttamente elementi leggeri come alluminio, silicio, zolfo e fosforo. I gradi di alluminio sono stati testati solo in modo molto limitato. La misurazione diretta di magnesio, alluminio e silicio a livelli inferiori allo 0,5% è essenziale per test significativi sull'alluminio. La tabella 1 (di seguito) colloca i tipici limiti di rilevamento (LOD) per gli elementi chiave di prova delle leghe XRF su una "linea temporale / tecnologica".

	1980s and 90s	**2000s**	**2010s**
Detector	Hg Iodide and SiPin	SiPin	Silicon Drift
Resolution/Count Rate	500-1000eV/1k-2K cps	250 eV/4000 cps	160 eV/100k cps
Source	Isotope	X-ray tube	X-ray tube
Mg - Magnesium (in Al)	Not detectable	>2% w purge*	0.200%
Al - Aluminum	Not detectable	Marginal w purge	0.200%
Si - Silicon	Not detectable	Marginal w purge	0.050%
P - Phosphorus	Not detectable	Marginal w purge	0.014%
S - Sulfur	Not detectable	Marginal w purge	0.01%
Ti - Titanium	1% and higher	0.20%	0.008%
V - Vanadium	1% and higher	0.20%	0.008%
Cr - Chromium	0.50% and higher	0.05%	0.008%
Ni - Nickel	0.50% and higher	0.20%	0.009%
Cu - Copper	0.50% and higher	0.20%	0.006%
Mo - Molybdenum	0.20% and higher	0.05%	0.002%

Tabella 1. LOD approssimativi selezionati rispetto al tempo (tecnologia) nelle leghe di ferro

2 Innovazioni recenti negli analizzatori PMI portatili

Solo negli ultimi due anni, come illustrato nella tabella 1 sopra, sono stati realizzati notevoli miglioramenti nei limiti di rilevamento. I limiti di rilevamento, la precisione e la durata del test sono tutti guidati dallo stesso fattore di analisi: il tasso di conteggio netto. La combinazione di una sorgente più efficiente, una velocità di conteggio del rivelatore 10 volte più veloce e un'elettronica migliorata significa che elementi che erano impossibili solo pochi anni fa, ora possono essere eseguiti a livelli più bassi, più velocemente e con una precisione migliore rispetto agli elementi tipici analizzati indietro negli anni '80 e '90.

Tra i tanti miglioramenti:

2.1 Tubo radiogeno monoblocco

Il design del tubo a raggi X monoblocco:

- Elimina la connessione via cavo tra l'alta tensione di alimentazione e il tubo a raggi X;
- Migliora l'affidabilità e consente un design dello strumento più compatto;
- Riduce il rumore elettrico migliorando il rapporto segnale / rumore, contribuendo a ridurre i limiti di rilevamento sopra elencati.

2.2 Caratteristiche e funzioni avanzate della libreria dei gradi di lega

2.2.1 ID tramp element

Con limiti di rilevamento spesso inferiori a 100 ppm, gli elementi comuni come titanio, vanadio, cobalto, rame, tungsteno, niobio e stagno possono essere misurati e identificati come materiale di scarto, consentendo un'eccellente corrispondenza dei gradi, integrità del grado di libreria e chiara identificazione dei comuni tramp element e loro concentrazioni.

Figura 3. Tramp element rilevati

2.2.2 Inclusione del valore nominale

L'Inclusione del Valore Nominale (Figura 4) utilizza le specifiche di grado per incorporare i valori attesi degli elementi non visibili agli analizzatori XRF PMI. Essenzialmente, questo è un modo pratico per aggiungere informazioni utili sugli elementi leggeri a un test breve e semplice. Oltre ad avvisare l'operatore che il campione dovrebbe contenere alluminio o silicio o boro o berillio quando non può essere misurato o non è stato misurato, viene corretto anche il valore del materiale di bilanciamento. Pertanto, laddove viene effettuata una corrispondenza di grado sicura, l'inclusione del valore nominale fornisce informazioni utili e una chimica generalmente migliore.

Figura 4. Valori nominali: inclusi, non inclusi

Nelle schermate sopra, i risultati mostrati a sinistra mostrano un test di due secondi con l'inclusione del valore nominale che mostra il valore nominale (valore atteso) dell'alluminio. Il test di 20 secondi al centro mostra un valore misurato per l'alluminio.

In questi due casi, l'utente ottiene informazioni virtualmente identiche e accurate. Nel 3° caso, uno scatto di due secondi senza il vantaggio dell'inclusione del valore nominale identifica lo stesso grado, ma non elenca il valore dell'alluminio e mostra che il titanio è superiore del 5% rispetto al valore effettivo. In effetti, la precisione riportata per il titanio è migliore dell'1%, ma la precisione, a causa dell'alluminio mancante, è ridotta del 5%!

2.3 Ulteriori funzioni avanzate di libreria

2.3.1 Confronto diretto dei voti

La funzione Confronto diretto dei gradi confronta l'analisi con le due migliori corrispondenze con la specifica della pendenza nella libreria e contrassegna gli elementi vaganti e fuori specifica in base al codice colore.

2.3.2 Messaggi di corrispondenza dei gradi

Il messaggio di corrispondenza del grado fornisce un messaggio rapido e personalizzabile specifico per il voto abbinato dall'analizzatore. Grade Match Messaging è utile per leghe con più di un nome comune, per guidare gli utenti riguardo alla manipolazione del materiale o per fornire altre informazioni complementari sul materiale.

2.3.3 SmartSort

SmartSort consente all'analizzatore PMI di decidere automaticamente quando eseguire test estesi per elementi leggeri. Questa è una funzione che consente di risparmiare tempo che consente all'utente di utilizzare test più brevi per la maggior parte del tempo, ma di estendere automaticamente il test quando è necessaria la misurazione diretta di elementi leggeri per un'identificazione precisa del grado.

3 Dissipazione del calore / Prestazioni di prova ad alta temperatura

3.1 Sfide di dissipazione del calore per gli analizzatori PMI

Esistono tre tipi di problemi di dissipazione del calore:

- Test a temperature ambiente elevate;

- Test di componenti riscaldati in servizio;
- Cicli di test pesanti (esecuzione di molti test e test lunghi, 60 secondi o più, con solo pochi secondi tra ogni test).

Queste sfide possono verificarsi separatamente o in combinazione.

Una recente innovazione è un design migliorato per assorbire il calore dallo strumento (Figura 5). La parte superiore dell'analizzatore funge da radiatore o dissipatore di calore.

La superficie in alluminio rigato sulla parte superiore dell'analizzatore PMI è direttamente collegata alle fonti primarie di calore all'interno dello strumento. Il risultato è un canale preferenziale efficiente che dirige il calore lontano dall'analizzatore. In precedenza, solo la testa della sonda in metallo forniva questa funzione. Questo nuovo design estende la capacità dell'analizzatore di gestire lo stress dei test PMI in servizio.

Figura 5. Il nuovo design dell'analizzatore PMI porta a una migliore dissipazione del calore

3.2 Linee guida PMI per Hot Testing

Per l'ispezione PMI (Positive Material Identification), le linee guida per l'utente per il test di componenti caldi e in servizio includono:

- Limitazione della durata del test a 7 secondi o meno (tipicamente da 2 a 4 secondi per i modelli SDD);
- Testare solo materiali al di sotto di 900°F / 480°C;
- Test utilizzando solo il fascio di energia primario o "tradizionale".
- Utilizzando solo la finestra Kapton "gialla" (Figura 6).
- Nessun test sugli elementi leggeri. Testare direttamente gli elementi leggeri:-
    - Richiede una finestra Prolene "chiara" (Figura 6). Il Prolene fonde a 350 gradi F e quindi non è compatibile con il riposo caldo durante il servizio;
    - Richiede che una seconda energia del fascio di tensione inferiore venga eseguita in sequenza;
        - Questo secondo fascio di elementi leggeri aggiunge da 10 a 60 secondi alla durata del test, che è troppo lunga per campioni caldi in servizio.
- Test con una frequenza di 1 test al minuto / 60 test all'ora (come regola generale);
- Per temperature superiori a 600°F o 315°C, utilizzando una tecnica di ribaltamento per ridurre al minimo il trasferimento di calore.

Clear Prolene Window Yellow Kapton Window = Heat Mask

Figura 6. PMI Analyzer Prolene e Kapton Windows

La tecnica di inclinazione è illustrata di seguito (Figura 7).

Flush Tilted Flush w/Heat Mask

Figura 7. Tecniche di flush e inclinazione

I dati seguenti (Tabella 2) confrontano la "tecnica di ribaltamento" (2a foto, Figura 7) con l'uso di uno scudo termico in ceramica sottile e protettivo (3a foto in Figura 7). Il rilevatore dell'analizzatore PMI viene raffreddato da un dispositivo di raffreddamento Peltier a -35°C. Durante il test di campioni caldi, la tensione richiesta per guidare il Peltier per raffreddare il rilevatore aumenta. Questa tabella indica "quanto duramente" l'analizzatore PMI deve lavorare per mantenere la corretta temperatura del rivelatore.

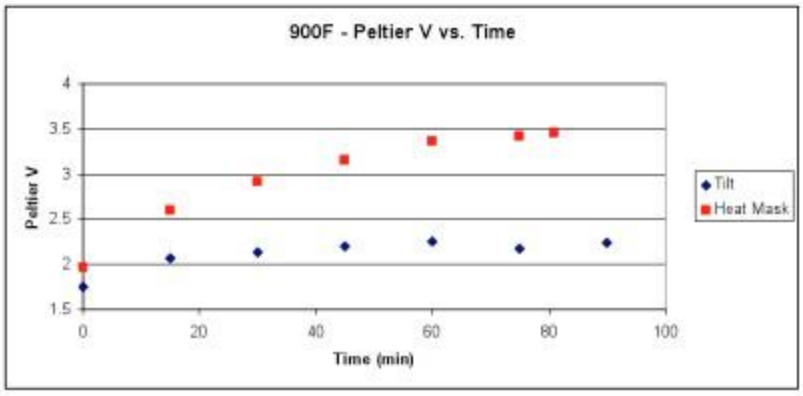

Tabella 2. Peltier V vs. il tempo

La tecnica dell'inclinazione, forse non intuitiva, funziona meglio su campioni caldi rispetto a una maschera termica isolante. Mentre la maschera termica rimane un'opzione perché è migliore per temperature superiori a 600°F rispetto alla tradizionale tecnica di lavaggio (3a foto, Figura 7), la tecnica di inclinazione funziona bene entro l'intervallo operativo fino a 900°F.

4. Collimazione dei raggi con telecamera per analisi PMI di piccole dimensioni

Poiché le leghe sono un materiale favorevole (omogeneo e ricco di elementi resistenti e reattivi) per i test HH-XRF, l'analisi PMI di forme irregolari o pezzi molto piccoli può essere facilmente eseguita. Tuttavia, quando 2 metalli dissimili sono appoggiati o uniti, come può essere il caso con il test di saldatura, la chiave è restringere il fascio di raggi X, e quindi essere in grado di puntare questo fascio stretto, in modo che il test possa essere specifico per uno solo dei metalli.

Una ruota portafiltri interna a 8 posizioni, posizionata tra il tubo a raggi X e la finestra del campione, viene utilizzata per condizionare il fascio di raggi X. Una semplice interfaccia utente consente all'utente di selezionare uno spot del fascio collimato a 3 mm di diametro. Oltre a ciò, una fotocamera incorporata consente il puntamento preciso richiesto per concentrarsi esclusivamente sul target di analisi più piccolo.

Di seguito sono riportate due schermate che mostrano la vista della telecamera e il cerchio di mira rosso per individuare il punto del fascio. La prima vista è semplicemente un biglietto da visita per dare un'idea della scala. Il secondo mostra un punto della trave posizionato per misurare il bordo destro di una saldatura d'angolo. Questa saldatura misura 7 mm di diametro, quindi sarebbe pratico misurare un bordo centrale, uno sinistro e uno destro per le differenze di concentrazione. In questo caso, due piastre in acciaio al carbonio saldate insieme con un materiale di saldatura in acciaio inossidabile. Questo è stato fatto solo per scopi dimostrativi XRF, non per la costruzione di ponti! In questo caso, la concentrazione di nichel sul bordo sinistro e destro è rispettivamente del 5,2% e del 5,8%. Il centro è il 7,2% di nichel. Questi sono i tipi di differenze che ci si aspetterebbe spostandosi dal bordo della saldatura al centro.

Figura 8. Esempi di telecamera e collimatore per piccoli punti

Allo stesso modo, laddove è richiesta la molatura superficiale, l'utilizzo della fotocamera e del collimatore è utile in due modi:

- L'utente può vedere che il campione viene prelevato dalla superficie molata;
- Lo spot del fascio più piccolo consente di ridurre il tempo impiegato per la molatura.

5. Conclusioni

Il test PMI (Positive Material Identification) con HH-XRF genera un ritorno diretto sull'investimento in molti modi. Ad esempio, il test con un analizzatore PMI alla ricezione elimina il costo della manodopera persa e degli assemblaggi rifiutati. L'ispezione PMI durante l'installazione o la fabbricazione previene nuovamente la perdita di manodopera e lo spreco dei costi dei materiali. E i test PMI al termine dell'installazione o della fabbricazione (controllo di qualità finale) prevengono confusione e perdite legate al guasto dei componenti o al rifiuto del prodotto.

Con i notevoli progressi dell'hardware e del software, i programmi PMI basati su HH-XRF possono testare più materiali in meno tempo con maggiore sicurezza analitica. Questo perché l'attuale tecnologia di analisi delle leghe HH-XRF può:

- Testare definitivamente una gamma più ampia di materiali;
- Ordina rapidamente e semplicemente i voti che differiscono di meno dello 0,5%;
- Testare materiali caldi e in servizio con meno limitazioni;
- Migliore chimica della saldatura di prova utilizzando la collimazione del fascio.

Con una gamma più ampia di materiali "testabili", tempi di test più brevi (maggiore produttività dei test), operazioni più semplici (più persone possono eseguire i test), test ridondanti ad alto volume diventano una strategia più conveniente.

QUANTANALITICA
Via Guido Rossa 14
23875 Osnago (LC) - Italy
Tel. +39 039 9280061
Fax. +39 039 9289636
info@quantanalitica.com
www.quantanalica.com