

POLVERI MAGNETICHE FLUORESCENTI PER APPLICAZIONI A LUCE VISIBILE

Codice IDN50

Le nuove ASME 2010 Sez.V Art. 7 descrivono rispettivamente nell'Appendice III :

“Magnetic Particle Examination using the Yoke technique with Fluorescent Particles in an Undarkened area” e nell'Appendice IV : “Qualification of Alternate Wavelength Light sources for excitation of Fluorescent Particles” .

Sembra chiaro che le ASME abbiano preso in considerazione l'esigenza di utilizzare le particelle magnetiche fluorescenti anche al di fuori delle solite condizioni standard cioè in zona oscurata (luce bianca max 20 lx) e luce UV a 365 nm minimo 10 W/m² (ovvero 1.000 mW/cm²), come del resto anche previsto dalle Norme europee ISO 9934-1 par. 10.2:

“ Una radiazione UV-A maggiore permette l'accettazione di un livello di luce bianca ambiente proporzionalmente maggiore, a condizione che possa essere dimostrato che si mantiene il contrasto tra le indicazioni e ciò che le circonda.”

Con adeguata luce ambiente si utilizzano solitamente le particelle colorate sia a secco che ad umido, sempre che diano sufficiente contrasto con la superficie in esame, scontando però i limiti di difficoltà di applicazione e bassa sensibilità delle polveri a secco o la necessità di usare (e spesso dover successivamente rimuovere) la lacca bianca di fondo con le particelle nere ad umido.

Sono disponibili sul mercato ed approvate dalle Norme (ad es. ASTM E 709) le particelle 'dual colors' cioè sia visibili in luce ambiente che fluorescenti, ma il loro utilizzo è stato sino ad oggi limitato per ragioni che vedremo successivamente.

Le particelle fluorescenti con le loro caratteristiche di alta sensibilità, facilità di applicazione, utilizzabili senza necessità di pre-applicare e togliere vernici di fondo, potrebbero effettivamente tornare utili in molte occasioni dove le limitazioni delle colorate sono particolarmente penalizzanti.

Le ASME prevedono un difetto artificiale (gli shims descritti nella T-764.1.2) per dimostrare all'Ispettore che la procedura alternativa consente di ottenere indicazioni simili o migliori di quelle ottenute con procedura standard, soddisfacendo così anche le ISO che richiedono di dimostrare che si mantiene il contrasto tra le indicazioni e ciò che le circonda aumentando l'intensità della luce UV in presenza di luce bianca a maggiore intensità.

Sia nell'Appendice III che IV (Table III-721 e Table IV-721) sono identificate come "Variabili Essenziali" i punti qualificanti della procedura da documentare, fra le quali le condizioni e gli strumenti di magnetizzazione e d'illuminazione ma, al primo posto nella Table IV-721, devono essere indicati "Particle manufacturer and designation" cioè nome del Produttore e nome commerciale delle particelle fluorescenti utilizzate.

Una ragione dovrà pur esserci se nell'iniziale Table 721 delle ASME sez. V che elenca le "Variabili Essenziali" di un controllo magnetico standard e' richiesto solo di specificare se:

" fluorescent/visibile, color, particle size, wet/dry " cioè genericamente che tipo di particelle sto usando mentre, se mi trovo in condizioni non-standard, devo precisare il prodotto e il produttore.

La ragione è che si ritiene primaria la qualità delle particelle fluorescenti utilizzate. Essa e' ricondotta da parte di tutte le specifiche a due caratteristiche fondamentali: la dimensione delle particelle e la loro luminescenza.

Altri test qualitativi come la resistenza alla temperatura, stabilità della fluorescenza, caratteristiche corrosive, ecc. sono non meno importanti ma conseguenti al confronto della sensibilità delle stesse cioè della capacità di visualizzare un difetto con un'indicazione con il massimo di definizione e luminosità.

La miglior definizione si ottiene utilizzando particelle magnetiche di dimensioni (granulometria) adeguata al tipo e dimensioni del difetto che voglio rilevare, nonché della rugosità della superficie da controllare.

Non è detto che solo la granulometria sottilissima dia la miglior definizione, anzi una relativamente più ampia distribuzione di granulometrie all'interno della stessa polvere magnetica potrebbe meglio evidenziare sia le cricche sottilissime che quelle medie, come ad esempio quelle presenti sul blocco di riferimento tipo 1 della ISO 9934-2, approvato anche dalle ASTM E 1444 e che per questo ed anche perché ci siamo convinti della sua validità, è stato usato per le relative prove comparative fotograficamente documentate.

Per le prove di Qualifica delle particelle fluorescenti nelle due condizioni non standard :

A) Luce U.V.+ Luce Bianca

B) Luce a lunghezza d'onda alternativa

sono stati utilizzati gli shims richiesti dalle ASME V Art. 7 T-764. 1.2.2, prove fotograficamente documentate.

Gli stessi shims sono stati utilizzati per la verifica della loro conformità all'utilizzo come "dual colors" cioè per uso sia come visibili con luce bianca che fluorescenti con luce U.V.

Un altro pezzo campione elencato nelle ASTM E 709, la Magnetic Stripe Card (ISO 7810), è stato usato per la valutazione delle particelle magnetiche fluorescenti che avevamo deciso di confrontare, documentando fotograficamente i risultati.

Grande importanza riveste la valutazione della Luminescenza, parametro direttamente legato alla visibilità del difetto e quindi alla giusta preoccupazione di ogni operatore cioè di aver "perso" un difetto perché non ben visibile:

la miglior visibilità è data dalla miglior Luminescenza.

Le ISO 9934-2 specificano il metodo di prova della luminescenza al paragrafo 7.5.1 con lo scopo di misurare il coefficiente di fluorescenza cd/W mediante un' attrezzatura e un metodo che abbiamo dapprima utilizzato per la valorizzazione della fluorescenza delle particelle in prova.

Questo metodo presenta alcune incertezze d'attuazione pratica, che ne rendono, a nostro parere, poco riproducibili e confrontabili i risultati.

Ad esempio non viene specificata come si deve preparare la superficie della polvere fluorescente in esame.

Infatti la stessa polvere fluorescente da noi posta in un portacampioni di ceramica era sottoposta a vibrazione oppure pressata per verificare come meglio uniformarne la superficie.

La superficie del campione pressato che si presentava ad occhio nudo solo un po' più piana ed uniforme, dava misure superiori anche del 100% rispetto al campione ottenuto per vibrazione.

Nella ISO 9934-2 non vengono inoltre previsti, sul sensore di luminanza, opportuni filtri per correggerne la lettura alla risposta spettrale dell'occhio umano, come previsti nella ASTM E 1135.

L'ASTM E 1135 che riguarda analogamente la comparazione della fluorescenza dei liquidi penetranti, prevede l'utilizzo di strumenti ad hoc che eliminano tutte le incertezze di cui sopra, prevedendo posizioni di misura, irraggiamento U.V. , filtri primari e secondari sul sensore di misura standard, che portano ad una ripetibilità e riproducibilità migliore del 5%. Un portacampioni standard contiene il campione di carta filtro impregnata di penetrante fluorescente.

La NDT ITALIANA ha sviluppato anni fa uno strumento, il FOTOFUORIMETRO NDT S 291 che è stato approvato ed elencato nell'ASTM E 1135.

Abbiamo quindi provato ad impiegarlo per la misura comparativa delle particelle magnetiche fluorescenti, utilizzando nello stesso portacampioni una tipologia di campione che si è rilevato facile da preparare, riproducibile e conservabile.

Riteniamo utile, in particolare per tutti i possessori del FOTOFUORIMETRO NDT S 291, descrivere la metodologia di preparazione del campione di particelle magnetiche fluorescenti che abbiamo messo a punto:

da un nastro adesivo trasparente di Mylar ritagliare due rettangoli di circa 50 x 40 mm di lato. E' necessario che il nastro adesivo sia di Mylar in quanto materiale non fluorescente; esso è facilmente reperibile in negozi di articoli tecnici o nautica.

Tracciare su un foglio di carta bianca un cerchio di diametro 18 mm utilizzando la finestra circolare del portacampioni, corrispondente all'area di lettura.

Appoggiare uno dei due rettangolini di Mylar al centro del cerchio tracciato, con il lato adesivo rivolto verso l'alto.

Utilizzando una spatolina applicare uno strato uniforme di polvere magnetica sopra al nastro adesivo in modo da coprire un'area superiore al cerchio di lettura precedentemente tracciato sulla carta.

Posizionare sopra al tutto il secondo rettangolino di Mylar con l'adesivo a faccia in giù facendolo aderire per sigillare, rullando eventualmente il campione con una bacchetta o una biro tonda.

Tagliare con una forbice i bordi perché non interferiscano durante l'inserimento e l'uscita del portacampioni nello strumento ed identificare il campione con inchiostro indelebile.

Con questa tecnica sono stati preparati un certo numero di campioni di vari prodotti e produttori ritenuti significativi ed identificati con una sigla :

Tabella 1

Sigla	Colore a luce ambiente	Granulometria dichiarata
G 8	verde scura	fine
G 9	verde medio	media
G 6	rossa	media
M 1	marrone	fine
M 4	verde medio	media
L	verde chiaro	media
A	marrone	fine
K	marrone chiaro	fine
C 1	marrone	fine
FW 1	verde medio	fine

(La FW 1 fa parte della linea Elite prodotta dalla NDT ITALIANA.)

Il colore a luce ambiente e' stato elencato, ma non si e' rivelato significativo ai fini della qualità delle polveri.

I campioni sono stati inseriti in sequenza nel FOTOFLUORIMETRO NDT S 291, ponendo arbitrariamente a 100 il primo con sigla G 8 ; i valori misurati sono stati inseriti nella Tabella 2.

Tabella 2

Sigla	% Misurata	Differenza %
G 8	100 (posta a 100 come riferimento)	0
G 9	180	+80
G 6	60	-40
M 1	70	-30
M 4	140	+40
L	300	+200
A	40	-60
K	90	-10
C 1	50	-50
FW 1	220	+120

Potete notare una grande disparità di valori, che riflettono del resto anche le analoghe letture da noi ottenute in cd/W secondo il metodo ISO 9934-2.

L'ASTM E 1135 ci aiuta spiegandoci al punto 5.2 "Because the eye responds logarithmically rather than linearly to changes of brightness, differences in brightness must be fairly large to be significant. Differences of 25 % are obvious, 12 % noticeable, and 6 % detectable by the eye. Experts may sometimes detect 3 % differences, but these are not usually significant to the average observer."

Se solo una differenza di almeno il 25% risulta chiara per l'occhio umano, come si comporteranno dal punto di vista pratico tutti le polveri che danno risultati anche di molto superiori o inferiori a questo intervallo?

A questo punto la valutazione delle stesse su un campione reale con difetti standard

ci è sembrata più che opportuna. Abbiamo quindi utilizzato per primo il blocco di riferimento tipo 1 della ISO 9934-2, approvato anche dalle ASTM E 1444.

Tutte le foto illustrative di questa memoria sono state eseguite con Nikon D700, obiettivo Micro-Nikkor 105/2.8 , specificando l'intensità della luce bianca oppure UV o combinate; le fotografie ad ingrandimento 100X sono state eseguite con Micro Fotocamera con obiettivi dedicati.

Tutte le polveri per uniformità sono state diluite nello stesso mezzo liquido alla stessa percentuale dell'1% ; percentuali inferiori o superiori sembrano influenzare principalmente la durata d'uso dei bagni a ricircolazione piuttosto che le performance delle polveri stesse.

La prima serie di foto del blocco tipo 1 contrassegnate 'A', eseguite sotto luce UV 15 W/m² con luce bianca inferiore a 20 Lux, mostrano chiaramente le differenze di indicazioni rilevate su difetti reali.

Tutte le polveri che hanno luminescenze misurate fra -30% e +80% rispetto al campione, danno indicazioni all'occhio umano rispettivamente un poco inferiori o un poco superiori allo standard.

Le due polveri che fornivano misure di luminescenza inferiori al -30%, confermano indicazioni a basso contrasto e visibilità, nettamente inferiori alle altre.

Per quanto riguarda le polveri con misure di luminescenza superiori, comprese fra +80 e +200% , si può notare un proporzionale aumento di visibilità del difetto.

La polvere siglata L che ha la massima luminescenza presenta però all'uso pratico lo svantaggio di minor contrasto dovuto al sottofondo molto luminoso che provoca un effetto 'abbaglio' all'operatore.

Tutte le polveri presentano sotto luce UV una fluorescenza giallo-verde senza una significativa differenza in termini di 'visibilità' fra quelle più tendenti al giallo rispetto a quelle più tendenti al verde.

La serie di foto contrassegnate 'B' sono state ottenute applicando le stesse particelle al pezzo campione elencato nelle ASTM E 709, la Magnetic Stripe Card (ISO 7810), con risultati analoghi a quelli di cui sopra, integrati da una valutazione quantitativa di sensibilità fornita dalla scala graduata da 1 a 10, presente sulla Card.

La polvere siglata G6 di colore rosso a luce ambiente emette sotto luce UV una fluorescenza pure rossa ed e' proposta dal produttore come 'dual colors' cioè utilizzabile anche a luce ambiente.

Dato che la normativa non specifica di che colore debbano essere questo tipo di particelle, abbiamo pensato di compararla alla nostra polvere verde (fluorescente) Elite FW1 prendendo come riferimento standard la nostra polvere nera Elite BW2 con lacca bianca di fondo Elite WBL5.

Sono stati utilizzati gli appositi difetti campione 'shims', con luce bianca a 500 Lx (ISO 3059), la polvere G6 e' stata diluita come indicato dal produttore a 8g/l, la FW1 a 2g/l e la BW2 a 10g/l; queste diverse concentrazioni implicano anche interessanti valutazioni economiche.

Il risultato di questo test, illustrato nel gruppo di foto 'C', conferma la possibilità di utilizzare sia particelle di colore rosso che la FW 1 di colore verde a luce ambiente in alternativa all'uso delle particelle nere con lacca di sottofondo bianca, sempre in presenza di adeguato contrasto con il colore della superficie.

Nella realtà è facile trovare acciaio ossidato rossastro che fornisce scarso contrasto con particelle anch'esse rosse; probabilmente questo colore è stato scelto per similitudine con i liquidi penetranti che però richiedono l'uso dello sviluppatore bianco.

Abbiamo successivamente valutato le particelle fluorescenti sotto Luce U.V.+ Luce Bianca, utilizzando gli appositi difetti campione 'shims', con luce UV a 30 W/m² (circa a metà fra il min. e max. prescritti in condizioni standard) e luce bianca a 2.000 Lux, valori che si potrebbero verificare in situazioni medie di utilizzo pratico. Queste prove di Qualifica andranno ripetute qualora l'intensità di luce UV (inteso come minimo) e di luce bianca (inteso come massimo) si discostassero significativamente.

Il risultato di questo test, illustrato nel gruppo di foto 'D', conferma che le polveri di fascia alta di luminescenza di Tab. 2 , fra cui la ns. FW1, soddisfano i requisiti di Qualifica, quelle di fascia bassa sono praticamente invisibili mentre la visibilità di quelle di fascia media varia sensibilmente al variare delle rispettive intensità di luce bianca e U.V.

Abbiamo infine affrontato la valutazione dei campioni di polveri magnetiche fluorescenti sottoposti a 'Luce a lunghezza d'onda alternativa' alla luce U.V. (a 365 nm) e cioè superiore a 400 nm come richiesto dalle ASME, utilizzando LED a 450nm cosiddetti a luce Blu, disponibili sul mercato.

Per omogeneità di valutazione, abbiamo modificato (vedi Foto E) un nostro FOTOFUORIMETRO NDT S 291 montando entrambi i tipi di LED a 365 e 450 nm, utilizzabili alternativamente e regolandone l'intensità in modo da ottenere la stessa lettura per il campione G8 già' utilizzato come standard.

I valori misurati sono stati inseriti nella Tabella 3.

Tabella 3

Sigla	Luce U.V. 365nm	Luce Blu 450 nm
G 8	100 (posta a 100 come riferimento)	100
G 9	180	180
G 6	60	100
M 1	70	80
M 4	140	180
L	300	500
A	40	50
K	90	100
C 1	50	60
FW 1	220	400

Si può notare come la maggior parte dei campioni mantengano sotto luce Blu valori identici o di poco superiori a quelli ottenuti sotto luce U.V. salvo la G6 (rossa fluorescente), la L e la nostra Elite FW1, che danno valori sensibilmente superiori.

Per la comparazione pratica delle stesse abbiamo nuovamente impiegato il blocco di riferimento tipo 1 della ISO 9934-2, approvato anche dalle ASTM E 1444 :

il risultato di questo test, illustrato nel gruppo di foto 'F', conferma la miglior visibilità del campione FW 1 anche in luce Blu, infatti questa polvere magnetica fluorescente e' stata formulata ottimizzandone la risposta all'irraggiamento sia della luce U.V. che di quella Blu.

Abbiamo quindi effettuato le prove di Qualifica come prescritto nelle ASME 2010 Sez.V Art. 7 Appendice IV : "Qualification of Alternate Wavelength Light sources for excitation of Fluorescent Particles" .

Il risultato di questo test, illustrato nel gruppo di foto 'G', conferma che la polvere magnetica fluorescente Elite FW 1 può essere utilizzata con analoga performance anche con Luce Blu.

Si evidenzia che utilizzando luce blu l'operatore dovrà obbligatoriamente indossare occhiali-filtro di colore giallo forniti dallo stesso produttore della luce blu.

BIBLIOGRAFIA

ASME 2010 Sez.V Art. 7

ISO 3059

ISO 7810

ISO 9934-1

ISO 9934-2

ASTM E 709

ASTM E 1135

ASTM E 1444

AMS 3044