



ISTITUTO
ITALIANO
DELLA
SALDATURA

M. CEVENINI

Liquidi penetranti per controlli non distruttivi su superfici calde

**8° seminario sulle
prove non distruttive**

tenuto sotto gli auspici
del Comitato Italiano
di Coordinamento per
le Prove non distruttive

Salice Terme, 8 e 9 Ottobre 1973

Liquidi penetranti per controlli non distruttivi su superfici calde

La memoria descrive le proprietà e le applicazioni di nuovi tipi di liquidi penetranti per controlli non distruttivi su superfici aventi elevate temperatura.

Di questi liquidi penetranti visibili e fluorescenti sono descritti i vantaggi rispetto all'uso dei penetranti convenzionali e le prove di laboratorio che certificano la loro rispondenza alle norme internazionali, quali le MIL, ASTM e ASME.

The paper describes the characteristics and performance of a new type of penetrant for N. D. testing on surfaces having high temperatures.

Of these visible and fluorescent penetrants, the paper describes the advantages compared with the use of conventional penetrants, as well as the laboratory tests which certify their correspondence to International Specifications, such as MIL, ASTM, ASME.

Introduzione

Dato che i controlli non distruttivi hanno acquistato nel tempo sempre maggior importanza, di pari passo con l'evoluzione delle tecniche di fabbricazione, ne è seguita la necessità di applicarli a lavorazioni sempre più specifiche, impensabili in passato, con lo scopo di primaria importanza di ridurre i costi, rappresentati dai tempi inattivi, durante i quali si dovevano sospendere o ritardare i controlli; questo costituiva una seria limitazione all'estendersi dell'uso del metodo di controllo con liquidi penetranti convenzionali, visibili e fluorescenti.

Una fra le più importanti di queste limitazioni è rappresentata dalla temperatura delle superfici da controllare, le quali, se elevate, avrebbero provocato l'alterazione dei liquidi usati per il controllo, compromettendone la funzionalità e lo stesso risultato dei controlli.

I consigli dati dai tecnici di controllo e le stesse istruzioni dei fabbricanti mettevano in guardia contro l'applicazione dei liquidi su superfici calde, o l'esposizione a fonti di calore, sia in fase di sciacquatura, che nell'uso in forni di essiccazione.

Liquidi penetranti applicati a superfici con temperature superiori a 60°C tendono a « cuocere » ed a carbonizzare e così anche i solventi ed i rivelatori convenzionali, presentando pericoli d'incendio e per la salute dell'operatore. Da qui è sorta la necessità e l'opportunità di poter dispor-

re di liquidi penetranti appositi da usare su superfici calde.

Il campo di applicazione è molto vasto: saldature appena eseguite, oppure saldature a passate multiple su forti spessori con medie temperature di preriscaldamento; caldaie e tubazioni contenenti fluidi caldi o esposte al sole; manutenzione di impianti petrolchimici alle loro temperature di esercizio; controllo delle superfici durante la sostituzione periodica dei contenitori di combustibile nei reattori nucleari, e molti altri.

A queste esigenze dell'industria si è risposto con la formulazione di un sistema formato dai tre consueti componenti: penetrante, solvente, rivelatore, però aventi caratteristiche superiori, in modo da coprire l'intera gamma di temperature da 60°C a 175°C ed oltre, fino a 205°C.

Una temperatura di 175°C può, a prima vista, sembrare non eccessiva. Bisogna però notare che, salvo casi eccezionali, le temperature di impiego non superano questo limite, oltre il quale sorgono problemi di protezione del personale addetto, da scottature e da vapori nocivi. Il punto di infiammabilità (coppa aperta), sia per il liquido penetrante che per il solvente, è superiore ai 230°C.

Sensibilità

La qualità e le caratteristiche di questi liquidi penetranti per alte temperature possono essere meglio illustrate dal seguente rapporto del

* Soc. NDT Italiana - Milano.

Truesdail Laboratories di Los Angeles, California (Laboratorio incaricato dell'Aviazione USA).

Si tratta di una prova di sensibilità di questi liquidi: penetrante, solvente, rivelatore a 120 °C confrontati con gli «standards» MA-6 (penetrante), MB-4 (solvente), MC-4 (rivelatore) della MIL-I-25135C Gruppo I, a temperatura ambiente, secondo le procedure dell'ASME, Codice per i serbatoi in pressione (1971), Sezione III, Appendice IX-3662 «Qualifica di procedimento per temperature «non-standard». Per i confronti di sensibilità è stata usata una «piastrina comparativa per liquidi penetranti» costruita in accordo con il Codice ASME.

Il codice di procedura ASME è stato modificato: a) tagliando la piastrina comparativa suddetta in due sezioni, così una sezione ha potuto essere messa in forno, mentre l'altra sezione rimaneva a temperatura ambiente e, b) paragonando la funzionalità dei campioni di prova ad elevata temperatura con il MIL-I-25135C Gruppo I standards a temperatura ambiente, invece che paragonando fra loro i campioni stessi.

- 1) Una sezione della piastrina comparativa era posta in un forno a 250°F (120°C) e l'altra sezione era mantenuta a temperatura ambiente.
- 2) Passati 108 minuti, tempo sufficiente per portare la sezione nel forno alla stessa temperatura del forno, il penetrante standard MA-6 era applicato alla sezione a temperatura ambiente della piastrina comparativa e lasciato penetrare per 10 minuti. Il liquido penetrante standard MA-6 era poi rimosso con una salvietta asciutta; faceva seguito l'applicazione del solvente standard MB-4, pulito in seguito con una salvietta asciutta. Il rivelatore standard era immediatamente applicato mediante spruzzatura.

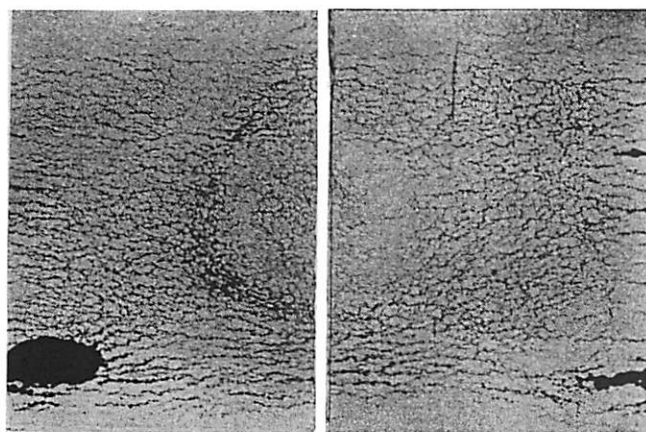


Fig. 1 - Penetrante per alte temperature a 120 °C.

Fig. 2 - Penetrante Standard Militare a 27 °C.

- 3) Il liquido penetrante visibile (a temperatura ambiente) era applicato sulla sezione nel forno, passati 122 minuti, e lasciato penetrare per 60 secondi. La sezione era poi rimossa dal forno e pulita con una salvietta asciutta. Il solvente (a temperatura ambiente) era poi applicato e pulito con una salvietta. Il rivelatore era applicato immediatamente mediante spruzzatura da una bomboletta a spruzzo a distanza di 20 cm circa dalla superficie. La sezione era poi rimessa nel forno.
- 4) Dopo 7 minuti la sezione era rimossa dal forno e posta a lato dell'altra sezione a temperatura ambiente per il paragone di sensibilità (Figg. 1 e 2). Il campione in prova era favorevolmente paragonabile allo standard.
- 5) La sezione della piastrina comparativa, alla quale era stato applicato il liquido penetrante visibile, era poi rimessa nel forno a 120°C per altri 23 minuti, poi era tolta e paragonata ancora all'altra sezione a temperatura ambiente. La prova di sensibilità del campione di prova era approssimativamente equivalente allo standard dopo questo tempo addizionale di rivelazione, benché ci fosse qualche mancanza di definizione del colore.
- 6) Un'altra piastrina comparativa, divisa da un intaglio in due sezioni ma non tagliata, era usata per paragonare la prova del campione dei liquidi penetrante, solvente, rivelatore per alte temperature con il Gruppo I Standards MA-6, MB-4, MC-4 a temperatura ambiente (25°C).

I liquidi penetranti erano applicati quasi simultaneamente alle due sezioni del blocco intagliato e lasciati penetrare per 10 minuti. La rimozione dei penetranti dopo il tempo di penetrazione era fatta per assorbimento mediante una salvietta asciutta, seguiva l'applicazione dei rispettivi solventi e l'asciugatura con salvietta asciutta. I rispettivi rivelatori furono poi applicati mediante spruzzatura. La valutazione della sensibilità era fatta dopo 7 e 30 minuti dall'applicazione del rivelatore. Il risultato del gruppo di prova penetrante, solvente, rivelatore per alte temperature era favorevolmente simile al Gruppo I Standard (MA-6, MB-4, MC-4).

Qualificazioni

Gli enti di ispezione e controlli hanno avanzato fondate ipotesi che lo zolfo ed il cloro, come pure

gli altri alogeni, quali: fluoro, bromo, iodio, abbiano un effetto corrosivo (corrosione sotto tensione) sulle leghe con alto contenuto di nichel, titanio ed altri metalli speciali, come negli acciai inossidabili austenitici. Quindi è di fondamentale importanza scegliere prodotti che contengano solo in minima parte i suddetti elementi.

Le Specifiche del Codice ASME 1971 per recipienti in pressione, Sezione III, App. IX-3630, ed il NAVSHIPS 250-1500-1 restringono il contenuto di zolfo e alogeni a non più dell'1%. Analisi eseguite da un laboratorio indipendente hanno dato per questi materiali i seguenti risultati medi:

Materiali per alte temperature	Alogeni (ASTM D 808)	Zolfo (ASTM D 129)
Liq. penetr. visibile	0,002% (20 ppm)	0,02% (200 ppm)
Liq. penetr. fluoresc.	0,002% (20 ppm)	0,03% (300 ppm)
Solvente	0,002% (20 ppm)	0,01% (100 ppm)
Rivelatore	0,002% (20 ppm)	0,01% (100 ppm)

Procedure di controllo

Non è più necessaria una particolare pulizia prima dell'applicazione del liquido penetrante, poiché:

- lo stesso liquido penetrante, altamente detergente, discioglie la maggior parte delle impurità presenti;
- gli olii ed i grassi, molto viscosi o anche solidificati a temperatura ambiente, a temperature superiori diventano molto fluidi e non interferiscono sensibilmente con i controlli;
- la maggior parte dei solventi (inclusa l'acqua), che normalmente interferiscono con la penetrazione, non sono più un problema, essendo vaporizzati a queste alte temperature.

E' però indispensabile eliminare scorie di saldatura e altre impurità solide.

La temperatura della superficie influenza la velocità di penetrazione. La seguente tabella suggerisce i tempi di penetrazione alle diverse temperature:

Temperatura	Tempo di penetrazione
100° ÷ 175° C	30 ÷ 60 secondi
80° ÷ 100° C	60 ÷ 120 secondi
50° ÷ 80° C	2 ÷ 3 minuti
(25° ÷ 50° C)	(3 ÷ 10 minuti)
(10° ÷ 25° C)	(10 ÷ 30 minuti)

Il penetrante deve essere tolto dalle superfici il più completamente possibile, con stracci asciutti e puliti.

Si applica un leggerissimo rivestimento di solvente sulla zona, usando un pennello o una salvietta di carta inumidita. Quindi si toglie immediatamente dalle superfici questo solvente, sempre usando una salvietta di carta pulita e asciutta. Si spruzza il rivelatore sulla superficie asciutta, tenendo la bomboletta spruzzatrice a circa 20 cm dalla superficie. Si applica un sottile ma completo strato di rivelatore; due o tre leggere applicazioni sono preferibili ad uno strato molto pesante.

La rivelazione delle indicazioni è pressoché istantanea.

La pulizia finale dopo l'esame può essere agevolmente fatta con una spazzola o uno straccio.

Alcuni usi particolari

Un valido impiego del liquido penetrante per alte temperature in campo petrolifero è nel controllo delle tubazioni esposte al calore del sole, nella

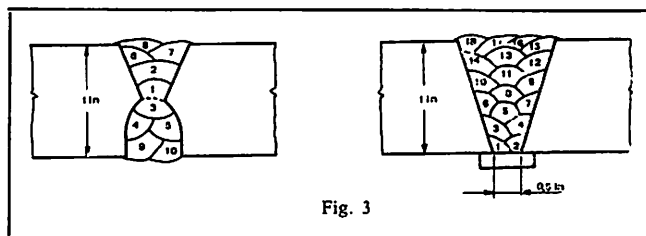


Fig. 3

riparazione con saldatura di difetti di tenuta, operazione che richiede di togliere o abbassare la pressione di linea e la cui esatta localizzazione è difficile da accertare senza un penetrante visibile; la verifica dell'integrità dell'area adiacente, prima di eseguire la riparazione, ecc. Tutto questo significa ore di attesa che la superficie si raffreddi, problemi superati se verrà usato un penetrante per alte temperature.

Nei controlli di manutenzione di recipienti in pressione e similari, i tempi di penetrazione sono sostanzialmente ridotti, dato che non c'è necessità di attendere che la superficie si raffreddi sotto i 130°C prima dell'applicazione del liquido penetrante. Questi prodotti risparmieranno tempo nei controlli delle saldature appena effettuate, dato che il completo raffreddamento non è più necessario. E questo risparmio è specialmente significativo se il controllo con penetranti visibili è richiesto dopo ciascuna passata.

Lo schizzo della Fig. 3 illustra due tipiche saldature a passate multiple eseguite su lamiera da 25 mm di spessore, dove ogni passata è stata

controllata col liquido penetrante per alte temperature. Risultano chiari, dal notevole numero di passate, i tempi morti risparmiati.

E' stato realizzato anche un liquido penetrante fluorescente per alte temperature, avente caratteristiche persino superiori rispetto alla versione visibile. Esso ha la massima stabilità della fluorescenza giallo-verde a temperature maggiori di quelle precedentemente indicate, nonché una ottima definizione del difetto.

Il liquido penetrante fluorescente ha caratteristiche autosviluppanti: non è quindi indispensabile l'applicazione finale del rivelatore.

Entrambi i tipi di liquidi penetranti, visibile e fluorescente, possiedono una caratteristica molto interessante. E' nota la difficoltà di eseguire un controllo con penetranti, se in precedenza è stato eseguito un controllo ultrasonoro, usando come mezzo di accoppiamento per es. la glicerina o qualche altro olio; il mezzo di accoppiamento incuneatosi nei difetti rigetta il penetrante.

Questa è la caratteristica dei liquidi penetranti per alte temperature: sia il tipo visibile che quello fluorescente possono essere mescolati al mezzo di accoppiamento. A controllo ultrasonoro finito si asciuga il mezzo di accoppiamento colorato e si applica il rivelatore. Ne risultano due ispezioni in una, con la possibilità di scoprire difetti superficiali difficilmente evidenziabili con i sistemi ultrasonori.

Anche il rivelatore ha un'ulteriore notevole caratteristica: serve ottimamente come composto

anti-spruzzo. I composti anti-spruzzo vengono applicati sull'area adiacente alla saldatura, così il materiale spruzzato durante l'operazione di saldatura non si deposita né aderisce.

Nell'industria nucleare, dove sono particolarmente sentite le esigenze di assenza di zolfo e alogeni nei liquidi penetranti, imposte dai Codici ASME, spesso si trascura la composizione degli anti-spruzzo. Al rivelatore, che lavora molto bene anche come anti-spruzzo, è stato rilasciato un certificato per l'uso su reattori nucleari.

Le industrie nucleari hanno forse trascurato, fino a poco tempo fa, il problema del propellente usato nelle confezioni a spruzzo dei liquidi penetranti. Quello normalmente usato è il Freon, nome commerciale del diclorodifluorometano (Cl_2CF_2), un materiale contenente alogeni, della stessa categoria dei solventi clorurati.

Le Specifiche escludono il propellente dalla determinazione degli alogeni, che è fatta prima dell'aggiunta del propellente stesso per la preparazione delle confezioni a spruzzo; è però giustificato il timore che il Freon contribuisca alla corrosione sotto tensione.

Per eliminare anche questi ultimi dubbi, le confezioni a spruzzo del rivelatore per alte temperature usano come propellente l'isobutano, un prodotto esente da zolfo e alogeni. L'isobutano inoltre non presenta pericoli per il personale per quanto riguarda lo sviluppo di gas tossici, presenti quando si usano i normali solventi clorurati su superfici a temperatura elevata.