

ISPEZIONE CON PENETRANTI

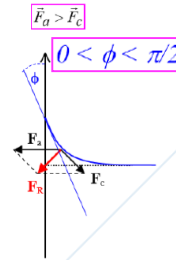
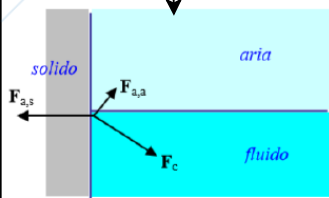
Applicazioni

- Principale tecnica usata per ispezionare in ambito aeronautico i componenti
- Adatta solo per difetti che affiorano alla superficie
- particolarmente usata per ispezionare cordoni di saldatura e in generale difetti anche molto sottili

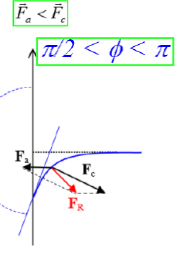
Principio fisico

Questa tecnica si basa sul fenomeno della capillarità, per cui un liquido riesce a penetrare in cavità molto piccole, se determinate condizioni che riguardano la **bagnabilità** (quindi alle **forze di adesione**) vengono rispettate; oltre a questo importante è anche il concetto di **tensione superficiale**, che si può pensare come una membrana che il liquido forma all'interfaccia con l'aria e la sua esistenza è data dalle **forze di coesione** tra le particelle di liquido.

BAGNABILITÀ

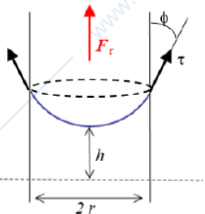


Il liquido bagna la parete



Il liquido non bagna la parete

ϕ = angolo di raccordo tra superficie del liquido e parete del recipiente



$$F_r = \tau \cos \phi L$$

$$\text{con } L = 2\pi r$$

$$F_r = \tau \cos \phi 2\pi r$$

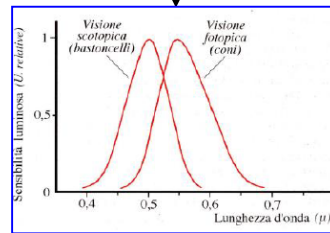
all'equilibrio $F_r = mg$

$$\text{con } m = \rho V \approx \rho \pi r^2 h$$

Quindi $\tau \cos \phi 2\pi r = \rho \pi r^2 h g$

$$h = \frac{2\tau \cos \phi}{\rho g r}$$

VISIBILITÀ



L'occhio umano ha la migliore visibilità ad una lunghezza d'onda pari a 555 nm, per cui il massimo contrasto si ottiene intorno ai 550 nm, su cui lavorano proprio i liquidi penetranti

PROCEDURA DI CONTROLLO LPI

1. PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE

- Per la riuscita del controllo è molto importante che questa operazione sia eseguita in modo molto accurato poichè è fondamentale che i difetti siano tutti accessibili al liquido penetrante, quindi si rimuovono eventuali tracce di incrostazioni, sostanze oleose, rivestimenti come nichelature o cromature e strati di vernice. Per fare ciò si usano diversi metodi:
 - **PULIZIA MECCANICA:** gli agenti contaminanti sono rimossi tramite spazzolatura, raschiatura, abrasione, sabbatura, getti d'acqua ad alta pressione (!!! **operazioni come la pallinatura potrebbero richiudere le cricche e renderle invisibili!!!**)
 - **PULIZIA CHIMICA:** può avvenire tramite **sgrassaggio con vapore d'acqua o di opportuni solventi, lavaggio con solventi e detergenti liquidi, attacco chimico (decapaggio acido o basico), sverniciatura.** **N.B.:** I residui della pulizia chimica potrebbero interagire con il penetrante e diminuirne la sensibilità.
- Segue l'operazione di asciugatura che è anch'essa molto importante perchè eventuale acqua impedirebbe al penetrante di aderire alla superficie della discontinuità: essa può avvenire ad aria ambiente, con forni a circolazione di aria calda o mediante lampade a infrarossi; in ogni caso la temperatura non deve superare i 70°C e in caso si uso di aria compressa, questa non deve andare oltre i 70 kPa.

2. APPLICAZIONE DEL PENETRANTE

- Il penetrante viene applicato mediante **immersione, spennellatura o spruzzatura**, in modo che venga ricoperta in modo uniforme tutta la superficie da ispezionare (bisogna andare circa 25 mm oltre i margini della suddetta zona);
- la scelta della tipologia dipende da fattori quali **sensibilità richiesta, tipo di materiale da testare, numero di componenti da testare, l'estensione della superficie da controllare e la portabilità;**
- ad esempio se è importante la sensibilità viene adoperato penetrante fluorescente, capace di individuare i più piccoli difetti con la massima visibilità, mentre se ci si aspetta difetti abbastanza grandi, magari su superfici anche piuttosto rugose, il penetrante visibile si dimostra più efficace.

3. ATTESA DEL TEMPO DI PENETRAZIONE

- È necessario attendere il giusto tempo per consentire l'assorbimento per capillarità del penetrante da parte dei difetti;
- Il tempo necessario dipende dalle dimensioni delle cricche e da altre variabili ma in generale si assume un tempo minimo di 10 minuti;
- un tempo eccessivo non è dannoso ma potrebbe indurre processi di incrostazione del penetrante che quindi avrebbe difficoltà ad essere assorbito dal rivelatore.

4. RIMOZIONE DEL PENETRANTE IN ECCESSO

Il penetrante in eccesso viene quindi rimosso; in base alla tipologia di penetrante esistono diversi metodi:

- **METODO A (penetranti lavabili in acqua):** la rimozione avviene mediante immersione in acqua corrente o mediante spruzzo a bassa pressione (non oltre 275 kPa e tra 10 e 38°C, spruzzo discretamente largo e distante circa 30 cm dalla superficie); l'adeguatezza è giudicata con osservazione visiva continua;
- **METODI B E D (penetranti rimovibili con emulsificatore lipofilo e idrofilo):** la rimozione avviene per immersione nel caso dei lipofili o per spruzzo nel caso degli idrofili (si evita la spennellatura per non andare a toccare il penetrante nelle cricche); gli emulsificatori agiscono sui penetranti e li rendono lavabili, tuttavia è necessario attendere il cosiddetto **tempo di emulsificazione** per poter effettuare il lavaggio, ma un tempo troppo breve dissolverebbe solo una parte del penetrante, mentre un tempo troppo lungo intaccherebbe anche il penetrante presente nelle cricche, riducendone la visibilità;
- **METODO C (penetranti asportabili con solvente):** per componenti molto ingombranti o facenti parte di strutture, non è possibile l'immersione in vasche, per cui si usano penetranti asportabili con solvente; degli stracci o delle salviette vengono imbevute leggermente di solvente e passati sulla superficie interessata; si passa anche uno straccio pulito per rimuovere eventuali residui; il solvente evapora molto velocemente.

Penetrante emulsificabile lipofilo

Questo tipo di emulsionante esplica un'azione meccanica e chimica sul penetrante, il quale quindi si trasforma in autolavante

Penetrante emulsificabile idrofilo

L'emulsificatore idrofilo è costituito da molecole ad alto peso molecolare, alle cui estremità sono presenti un radicale idrofobo ma capace di legarsi al penetrante e uno idrofilo che si lega ad una molecola di acqua: in questo modo dopo il tempo di emulsificazione un getto d'acqua è in grado di rimuovere il penetrante senza che esso si ricompatti

5. APPLICAZIONE DEL RIVELATORE

- In ogni caso bisognerà avere il pezzo con superficie asciutta prima di spargere il rivelatore
- si spargerà il rivelatore il quale per effetto della capillarità attirerà il penetrante e darà luogo alla formazione di indicazioni
- solitamente l'indicazione è leggermente più larga della discontinuità stessa e per manifestarsi impiega mediamente 5 minuti (senza variazioni significativamente dimensioni)
- un tempo eccessivo porta a espandere troppo l'indicazione e a diminuirne il contrasto e di conseguenza la visibilità

C'è anche un terzo tipo misto (a contrasto ma anche fluorescente)

TIPI DI PRODOTTI USATI

Type	
Type I	Fluorescent dye
Type II	Visible dye
Method	
Method A	Water washable (oil-based)
Method B	Post-emulsifiable, lipophilic
Method C	Solvent-removable
Method D	Post-emulsifiable, hydrophilic
Method E	Water washable (water-based)
Sensitivity	(Only for Type I)
Sensitivity Level 1/2	Very low
Sensitivity Level 1	Low
Sensitivity Level 2	Medium
Sensitivity Level 3	High
Sensitivity Level 4	Ultrahigh
Developers	
Form a	Dry powder
Form b	Water-soluble
Form c	Water-suspendable
Form d	Non-aqueous for Type I fluorescent penetrant
Form e	Non-aqueous for Type II visible dye
Form f	Specific application
Solvent	
Class 1	Halogenated
Class 2	Non-halogenated
Class 3	Specific application

SVILUPPATORI A SECCO: polvere bianca impalpabile di adeguata granulometria e potere assorbente, applicati mediante cabine di turbolenza o in modo elettrostatico

SVILUPPATORI IN SOSPENSIONE ACQUOSA: polvere bianca tenuta in sospensione acquosa, additivata con agenti anticorrosivi; la polvere è mantenuta in sospensione mediante appositi agitatori e l'applicazione avviene per immersione in vasca; per far comparire le indicazioni il componente dovrà essere essiccato con apposite attrezzature.

SVILUPPATORI IN SOSPENSIONE SOLVENTE: soluzione più vantaggiosa data la volatilità del solvente che quindi evapora quasi istantaneamente dopo l'applicazione rendendo minimo il tempo di asciugatura.

SENSIBILITA'

FLUORESCENTI

- **Livello 1:** normale
- **Livello 2:** alta sensibilità
- **Livello 3:** ultra elevata per usi speciali

A CONTRASTO DI COLORE

- **Livello 1:** normale
- **Livello 2:** alta sensibilità