CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

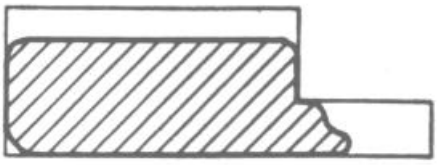
I controlli non distruttivi (CND) sono un insieme di prove fisiche concepite allo scopo di indagare sull'eventuale presenza di difetti in un pezzo senza doverlo distruggere tutto o in parte, rendendolo inutilizzabile.

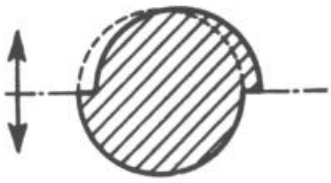
- Controlli con liquidi penetranti
- Controlli radiografici e gammagrafici
- Controlli con ultrasuoni
- Controlli magnetoscopici
- Controlli con correnti indotte
- Controlli visivi

I CND se collocati in punti opportuni del ciclo di fabbricazione, permettono di individuare i difetti nei primi stadi, consentendo l'eventuale scarto prima che il pezzo sia gravato dalle spese di ulteriori lavorazioni

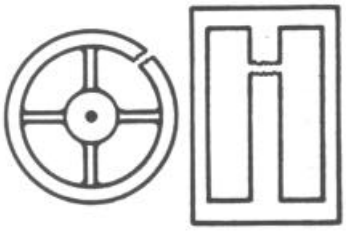
Difetti nei getti di materiali metallici (UNI 8628)

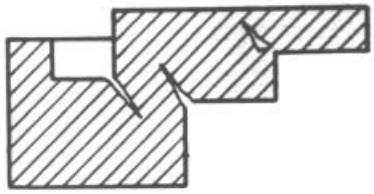
Difetti di forma



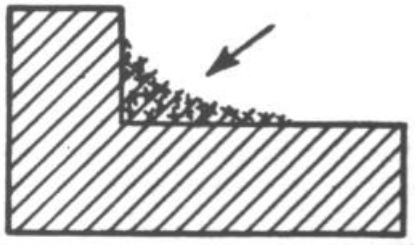


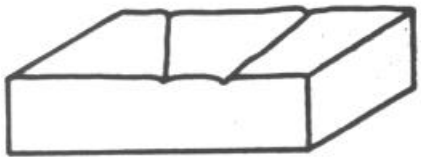
Soluzioni di continuità



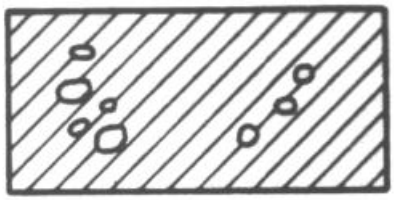


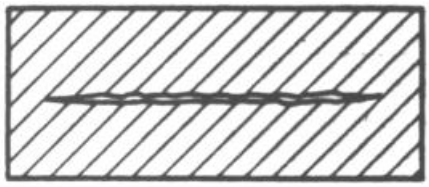
Difetti di superficie



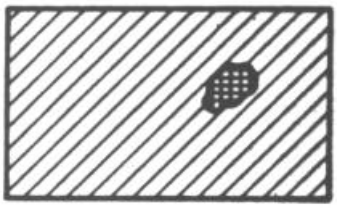


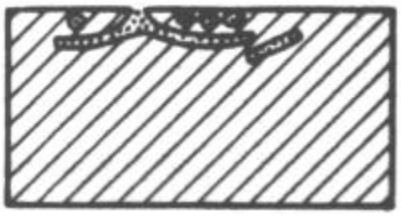
Cavità



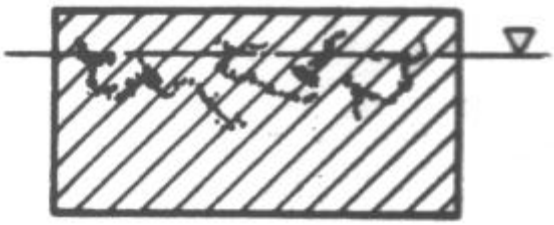


Inclusioni





Anomalie di struttura



Controlli con liquidi penetranti (UNI EN 571-1)

L'esame con liquidi penetranti è volto ad accertare discontinuità quali cricche, sovrapposizioni, piegature, e mancate fusioni che affiorano sulla superficie da esaminare.
Il controllo viene effettuato principalmente sui materiali metallici, ma può essere eseguito anche su altri materiali, purché siano inerti ai prodotti impiegati per l'indagine e non siano eccessivamente porosi.
La penetrazione del liquido all'interno di una discontinuità avviene per capillarità e non per gravità; tale prerogativa, che risulta la base di tutta la metodologia di controllo, rende facilmente ispezionabili superfici di difficile accesso indipendentemente dalla loro posizione.

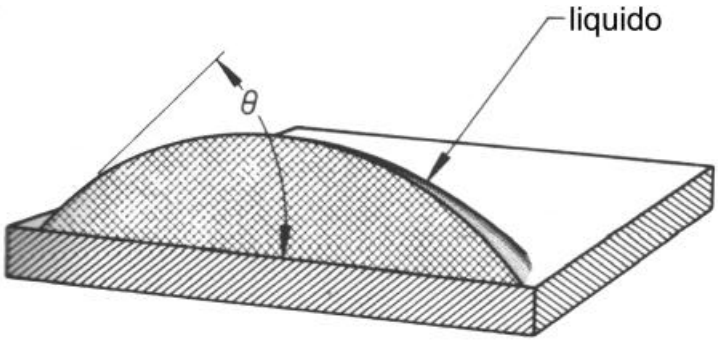
La capacità di un liquido di penetrare nelle cavità superficiali dipende essenzialmente da:

- Configurazione della cavità
- Tensione Superficiale
- Potere Bagnante
- Angolo di contatto del liquido

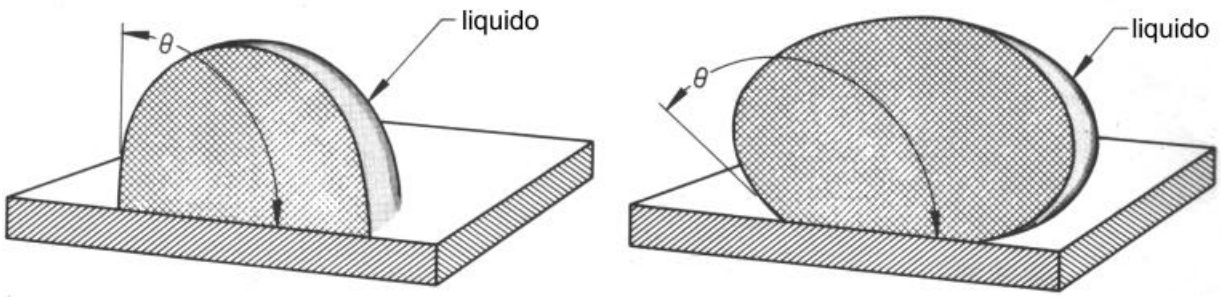
La tensione superficiale dipende prevalentemente dalle forze di "coesione" tra le molecole del liquido; quando questo viene a contatto con una superficie solida, tali forze competono con quelle di "adesione" tra le molecole del liquido e quelle del solido.

L'equilibrio che si instaura determina l‘angolo di contatto è, e di conseguenza, la buona o scarsa bagnabilità del liquido.

È<90° ➡ BUONA BAGNABILITA’



È 90° ➡ SCARSA BAGNABILITA’



I liquidi penetranti sono costituiti da una soluzione di un forte colorante rosso in solventi organici o da una emulsione di una sostanza fluorescente in acqua contenente tensioattivi.

CLASSIFICAZIONE PRODOTTI

LIQUIDO PENETRANTE		RIMOZIONE PENETRANTE		SVILUPPATORE	
TIPO	DESCRIZIONE	METODO	DESCRIZIONE	FORMA	DESCRIZIONE
1/I	Liquido penetrante fluorescente	A	Acqua	a	A secco
		B	Emulsionante lipofilico	b	Idrosolubile
2/II	Liquido penetrante rosso	C	Solvente	c	Idrosospensione
		D	Emulsionante idrofilico	d/e	Base solvente a rapida evaporazione

L’esame è generalmente effettuato seguendo le fasi successive:

1. **Preparazione e pulizia preliminare**
2. **Applicazione del liquido penetrante**
3. **Rimozione dell’eccesso di liquido penetrante**
4. **Applicazione del rivelatore**
5. **Ispezione**
6. **Registrazione**
7. **Pulizia finale**

PREPARAZIONE E PULIZIA PRELIMINARE

Tutti gli agenti contaminanti, quali incrostazioni, olio, vernici, devono essere rimossi, utilizzando metodi meccanici o chimici o una combinazione di entrambi.

PULIZIA MECCANICA

Gli agenti contaminanti vengono rimossi con spazzolatura, raschiatura, abrasione, sabbiatura, getti di acqua ad alta pressione.

Questi metodi non sono in grado di asportare i residui all'interno delle discontinuità

PULIZIA CHIMICA

Si utilizzano prodotti chimici adeguati alla rimozione degli agenti contaminanti.

I residui della pulizia chimica preliminare possono reagire con il liquido penetrante e ridurre la sensibilità dello stesso.

ASCIUGATURA

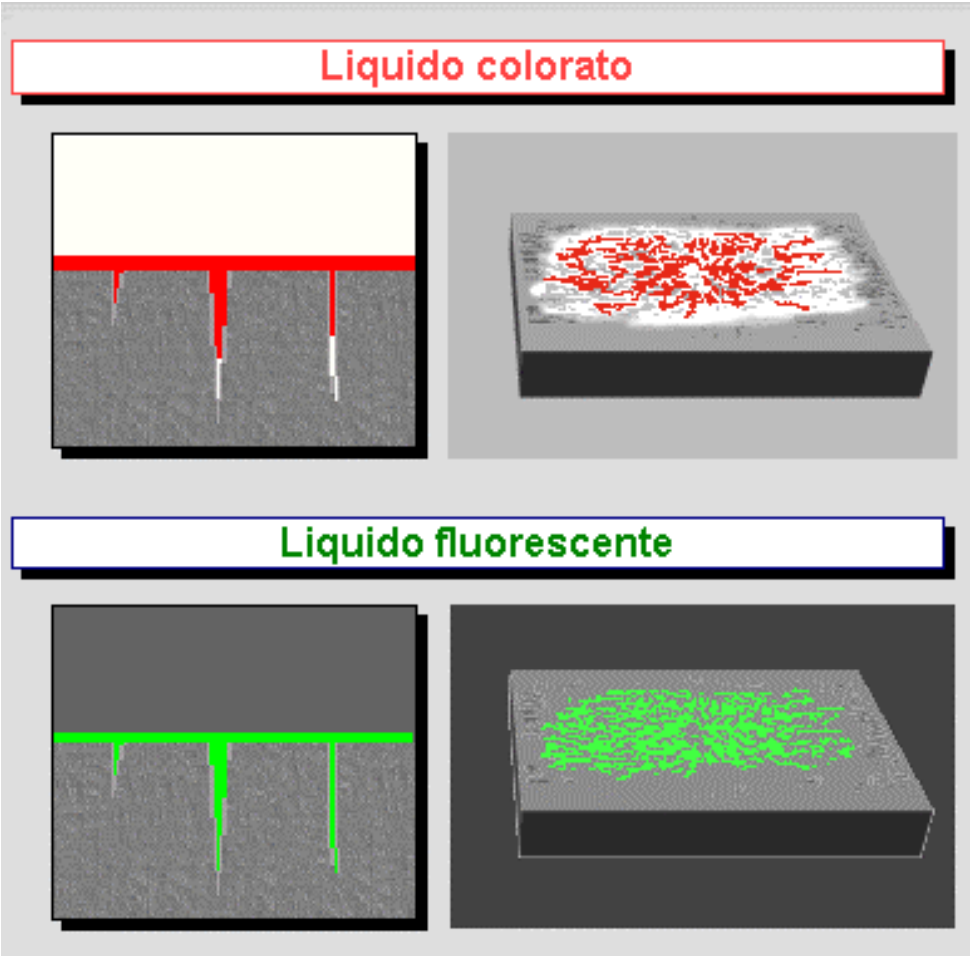
Al termine della pulizia preliminare bisogna asciugare le parti da esaminare affinché non rimangano nelle discontinuità tracce di acqua e solventi

APPLICAZIONE DEL LIQUIDO PENETRANTE

METODO DI APPLICAZIONE

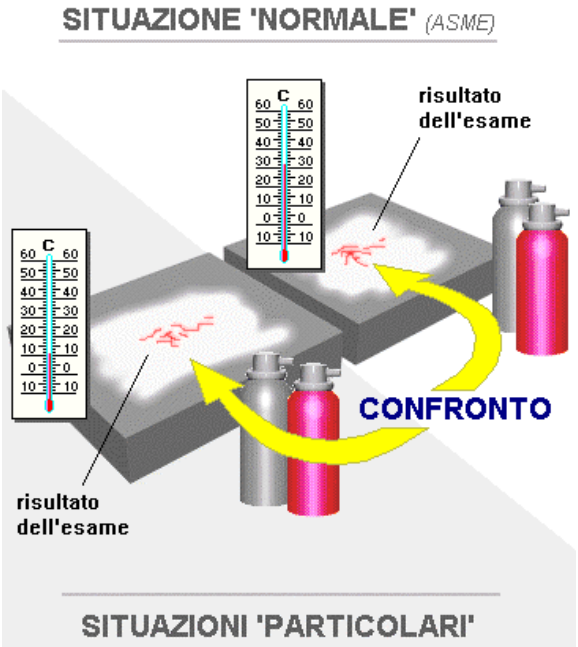
Il liquido penetrante può essere applicato sulla parte da esaminare mediante nebulizzazione, pennello, umettazione o immersione.

La superficie in esame deve rimanere bagnata per tutto il tempo in esame.



TEMPERATURA

Per ridurre al minimo l'umidità nelle discontinuità, la temperatura della superficie in esame deve essere compresa tra i 10°C e i 50°C. In casi particolari possono essere adottati valori di Temperatura fino a 5°C.



TEMPO DI PENETRAZIONE

Il tempo corretto di penetrazione dipende dalle proprietà peculiari del liquido penetrante, dalla temperatura di applicazione, dal materiale delle parti da esaminare e dalle discontinuità da rilevare.

TEMPI DI PENETRAZIONE CONSIGLIATI

Materiale	Forma	Tempo di penetrazione min.'
Alluminio e Magnesio	Fusioni Altre	da 5 a 15 da 5 a 15
Acciaio	Fusioni Altre	da 5 a 15 da 10 a 20
Ottone o Bronzo	Tutte	da 5 a 15
Titanio, Acciai inox, Austenitici, PH, Legati	Tutte	da 10 a 30

RIMOZIONE DEL LIQUIDO PENETRANTE IN ECCESSO

Nel processo di controllo, un lavaggio eccessivo delle parti rimuove il penetrante dalle discontinuità, mentre un lavaggio poco accurato o un penetrante poco lavabile lasciano un sottofondo eccessivo che può mascherare le indicazioni. L'adeguatezza del lavaggio viene normalmente giudicata con l'osservazione visiva durante tale operazione.

- **Penetranti lavabili con acqua**

Il penetrante in eccesso viene solitamente tolto dalla superficie spruzzando con acqua a bassa pressione (non oltre 280 kPa) e temperatura fra +10° e +38°C.

- **Penetranti rimovibili con solvente**

Il penetrante in eccesso viene tolto strofinando la superficie della parte in esame con uno straccio asciutto o salvietta di carta e ripassandola con un altro straccio pulito inumidito leggermente con solvente a rapida evaporazione.

- **Penetranti rimovibili con emulsificatore**

Il penetrante post-emulsionante in eccesso viene tolto immergendo il componente in un emulsificatore, e lavando successivamente a spruzzo la zona in esame o immergendola in una vasca d'acqua.

Gli emulsificatori necessari per rendere solubile in acqua il penetrante, si classificano in due tipi:

1) lipofilico o prodotto a base oleosa

2)idrofilico o prodotto a base acquosa.

APPLICAZIONE DEL RIVELATORE

La funzione dello sviluppatore è quella di assorbire ed attirare verso la superficie il penetrante rimasto nelle discontinuità dopo il lavaggio e di espanderlo in superficie con conseguente ingrandimento anche delle indicazioni relative a piccolissime discontinuità. Lo sviluppatore consente la visibilità delle indicazioni rosse in contrasto col sottofondo bianco, oppure luminose giallo-verdi sotto luce ultravioletta, per i penetranti fluorescenti.

- Rivelatore secco a polvere
- Rivelatore a sospensione acquosa
- Rivelatore a base solvente
- Rivelatore solubile in acqua
- Rivelatoread acqua o solvente per applicazioni speciali

TEMPO DI SVILUPPO

Il tempo di sviluppo dovrebbe essere compreso tra 10 e 30 minuti ma, per alcune specifiche applicazioni, potrebbero risultare necessari tempi diversi.

Il tempo di sviluppo inizia:

-Terminata l'asciugatura se si usa uno sviluppatore liquido
-Terminata l'applicazione se si usa uno sviluppatore secco.

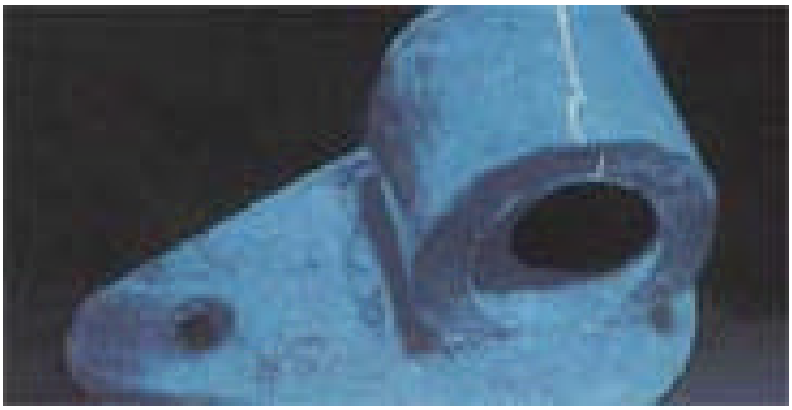
ISPEZIONE

Trascorso il prefissato tempo di rivelazione, si deve effettuare l'ispezione finale. L'illuminazione usata dipende dal tipo di penetrante impiegato:

•luce bianca per il metodo con penetranti rossi.

•luce ultravioletta per i fluorescenti

Esame eseguito con una soluzione organica



Esame eseguito con particelle fluorescenti

VANTAGGI E SVANTAGGI

- Metodo economico e di facile impiego.

- Non si può applicare a superfici eccessivamente rugose e porose.

- L'esame è limitato a zone facilmente accessibili.

- Si possono rivelare solo difetti superficiali che non siano chiusi.

- Non si possono rivelare difetti troppo grossi, che siano accessibili anche all'acqua e che quindi non trattengano il penetrante.

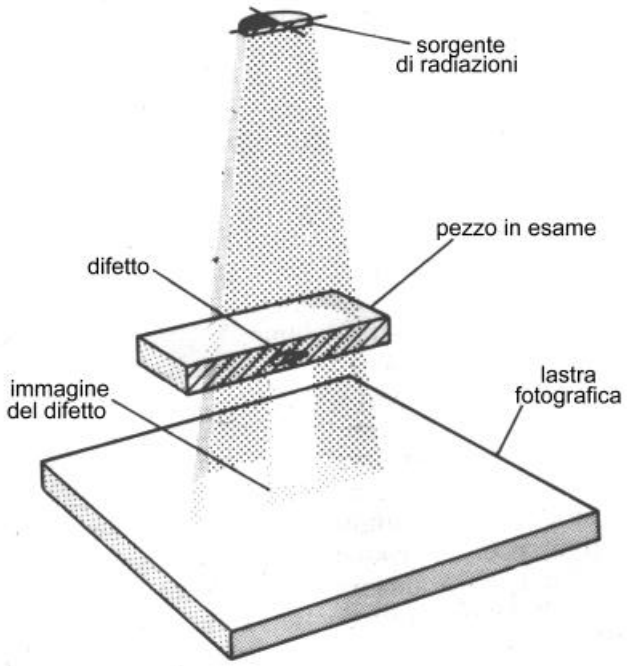
- Non si possono rilevare difetti troppo piccoli, non penetrabili dal liquido stesso o che non possano accumularne una sufficiente quantità.

- L'interpretazione dei risultati lascia un certo margine alla soggettività e all'esperienza interpretativa dell'operatore.

Controlli radiografici e gammagrfici (UNI EN 444)

Mediante le tecniche radiografiche e gammagrafiche risulta possibile evidenziare un gran numero di discontinuità presenti in manufatti industriali, getti o saldature, quali ad esempio porosità, inclusioni, soffiature, cricche, tarli, inclusioni di scoria, mancanza di penetrazione.

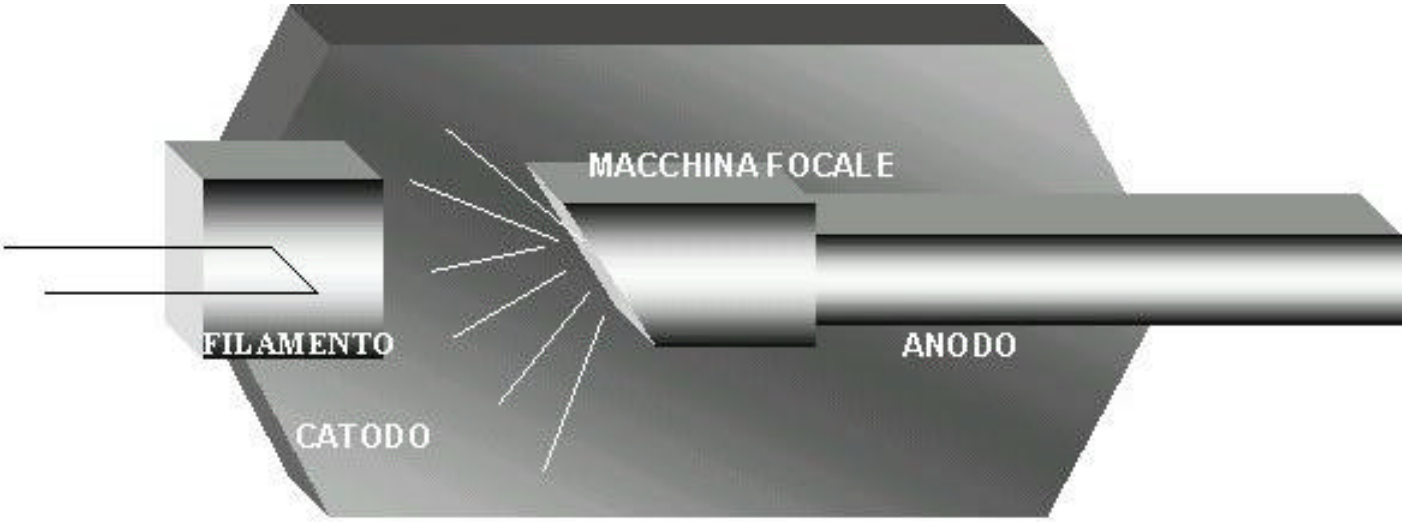
Il principio di funzionamento di tali tecniche si basa sulle alterazioni che radiazioni elettromagnetiche subiscono quando incontrano un difetto nel loro percorso all'interno del materiale. Quando un fascio di onde elettromagnetiche di elevatissima energia fotonica (elevata frequenza) e fortemente ionizzanti (raggi X o raggi γ), passa attraverso l'oggetto da esaminare, viene assorbito con legge esponenziale in funzione dello spessore e della densità della materia attraversata. I raggi X o γ passanti e variamente attenuati impressionano una lastra fotografica posta dietro l'oggetto da esaminare.



RAGGI X

La radiazione emessa da una sorgente può essere: MONOCROMATICA (costituita da un solo tipo di energia) e POLICROMATICA (costituita da più tipi di energie); nella radiografia industriale la radiazione monocromatica si usa raramente in quanto i raggi X risultano essere policromatici.

Per disporre di un fascio di raggi X occorre possedere una sorgente di elettroni, un bersaglio (su cui gli elettroni vengono proiettati) ed un dispositivo che acceleri il movimento degli elettroni stessi. Il fascio di elettroni viene emesso da un filamento di tungsteno, con forme e geometrie differenti, attraversato da corrente elettrica (CATODO); il bersaglio di impatto è costituito da una placca in materiale ad alta densità atomica (generalmente in tungsteno) che prende il nome di ANODO.



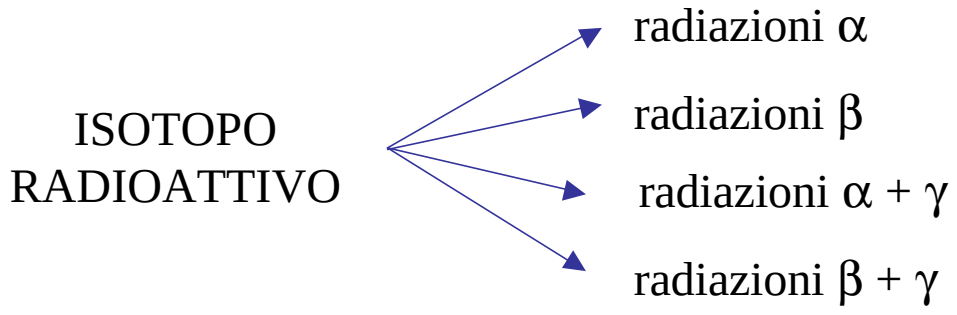
L'accelerazione degli elettroni, avviene polarizzando positivamente la placca; maggiore è la differenza di potenziale esistente, maggiore è l'accelerazione e quindi l'energia degli elettroni. Durante questo fenomeno si possono riscontrare prevalentemente tre condizioni:

- Gli elettroni provenienti dal CATODO sbalzano dalle loro orbite gli elettroni del materiale di placca, con conseguente generazione di RX.

- Gli elettroni provenienti dal CATODO non riescono a sbalzare gli elettroni del materiale di placca, ma imprimono loro una semplice deviazione con conseguente generazione di RX a differente intensità ed energia.

- Un'altra caratteristica della generazione di RX è la possibilità di interagire non con l'elettrone ma direttamente con il nucleo degli atomi interessati. Il nucleo, rispetto all'elettrone, risulta fortemente positivo ed esercita una notevole azione frenante (Bremsstrahlung) generando RX.

RAGGI g



La capacità delle radiazioni di attraversare un materiale viene attribuita prevalentemente ai raggi γ, per cui la particolare tecnica del metodo Radiografico che prevede l'utilizzo di isotopi radioattivi viene comunemente denominata GAMMAGRAFIA.

L'insieme del fenomeno che vede coinvolta la continua trasformazione del nucleo di un isotopo radioattivo prevalentemente instabile, con conseguente emissione di radiazione verso l'esterno, prende il nome di ATTIVITA' dell'ISOTOPO, ed il suo valore diminuisce nel tempo man mano che l'isotopo in questione si avvicina verso la sua condizione di stabilità naturale.

TEMPO DI DECADIMENTO: tempo necessario affinché si dimezzi l'ATTIVITÀ' dell'ISOTOPO

Iridio-192 75 giorni
Cobalto-60 5,3 anni
Cesio 30 anni
Radio 1620 anni

E’ possibile effettuare alcune generali considerazioni sui vantaggi e gli svantaggi tra l'impiego della Radiografia e quello della Gammagrafia; in particolar modo, per quanto concerne l'utilizzo di Isotopi Radioattivi, è possibile affermare:

VANTAGGI

- ✓**Costo contenuto.**
- ✓**Contenitore piccolo e facilmente trasportabile.**
- ✓**Sorgente molto piccola che può passare in aperture strette.**
- ✓**Nessuna alimentazione elettrica**

SVANTAGGI

- ✓**Richiedono accorgimenti protezionistici per il personale addetto ai lavori.**
- ✓**Nelle radiografie si ha meno contrasto.**
- ✓**La capacità di penetrazione dipende dal tipo di isotopo.**
- ✓**Occorre considerare i costi di sostituzione dell'isotopo in funzione del decadimento della sua attività.**

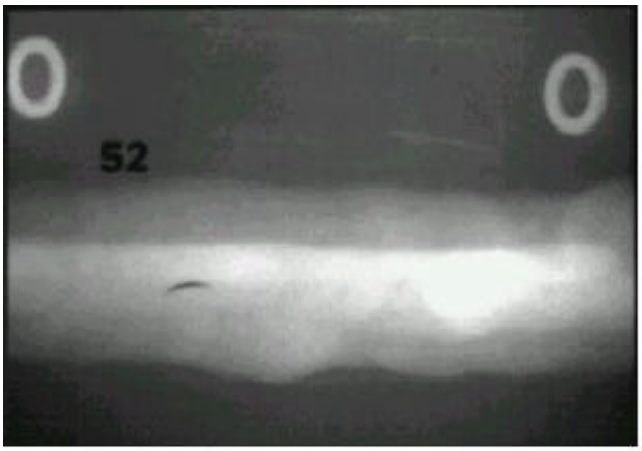
Per una corretta esecuzione dell'esame radiografico o gammagrafico, in termini di qualità dell'immagine, risulta di basilare importanza la corretta interazione di tre parametri:

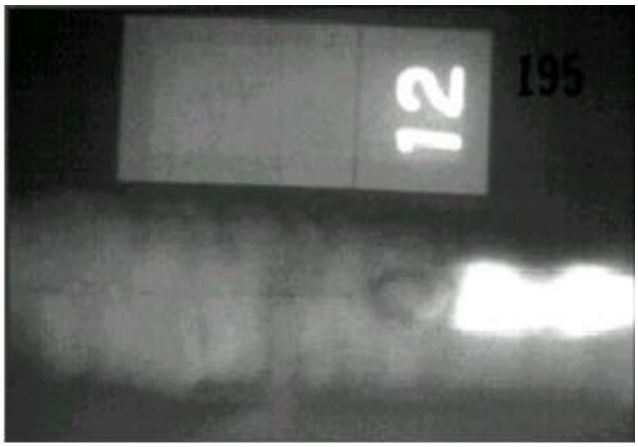
• intensità di radiazione

• tempo di esposizione

• distanza dal componente

Se nell'oggetto esaminato esistono difetti quali cavità, fessure, grosse inclusioni meno assorbenti della matrice o discontinuità del materiale più denso e quindi più assorbente, sulla lastra si formeranno macchie più scure o più chiare, d'intensità proporzionale allo spessore del difetto, il quale apparirà delimitato dalla sua proiezione prospettica.





Controllo radiografico su metanodotto

Controllo radiografico su piattaforma

Apparecchio gammagrafico per controllo panoramico

VANTAGGI E SVANTAGGI

➢Tali tecniche radiografiche hanno il pregio di fornire una documentazione diretta, duratura, obiettiva e dimensionale del pezzo esaminato.

➢ I raggi X e γ possono essere molto pericolosi poiché risultano altamente ionizzanti, cioè possono distruggere i legami molecolari della materia organica.

➢ Tale metodo, pur risultando proficuo per l'esame di pezzi di geometria semplice diventa di difficile applicazione quando la geometria dei pezzi diventa complessa in quanto l'interpretazione dei risultati può dar luogo ad ambiguità; inoltre tale tecnica non può dare indicazioni sulla profondità del difetto rilevato, se non con due proiezioni ortogonali fra loro.

➢I raggi X non superano spessori di acciaio superiori a circa 60 mm, mentre i raggi γ, anche nei casi migliori non superano i 180 mm.

➢Il maggior svantaggio del metodo radiografico industriale è che i risultati delle analisi sono ottenuti 'off line', ossia fuori dalla linea di produzione, dopo il processo di sviluppo fotografico. Si avverte invece la forte esigenza da parte delle industrie di misure dello spessore delle pareti dei tubi 'in line',senza la necessità di bloccare parti del ciclo produttivo.

CONTROLLI CON ULTRASUONI (UNI EN 583-1)

L'esame ad ultrasuoni si basa sulla propagazione di onde elastiche attraverso l'oggetto da esaminare e sul monitoraggio del segnale trasmesso (Tecnica per Trasmissione) o del segnale rifleso o diffratto da qualsiasi superficie o discontinuità (Tecnica per Riflessione).

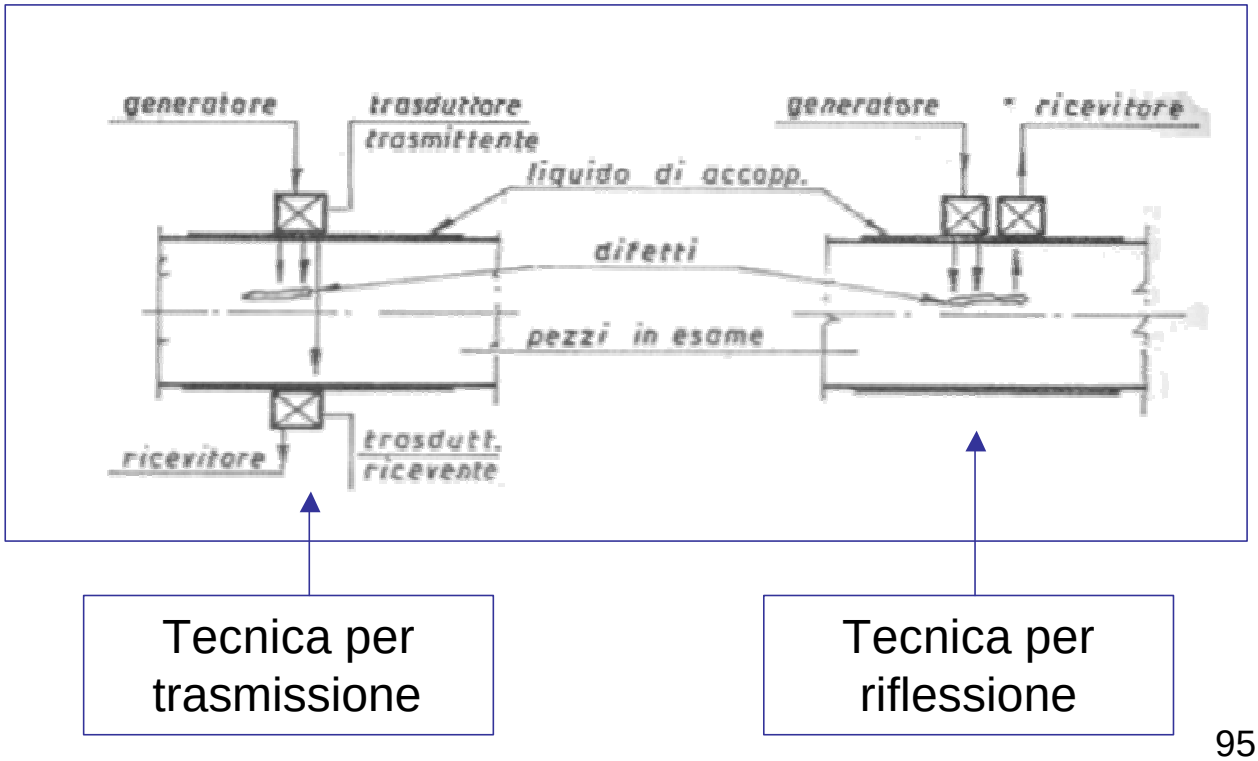
Gli ultrasuoni sono, quindi, onde elastiche di tipo meccanico che si trasmettono nei corpi solidi, producendo nelle loro molecole oscillazioni elastiche attorno all'originaria posizione di equilibrio. Le oscillazioni sono di tipo sinusoidali, e quindi caratterizzate da:

- Tipo di propagazione (onde longitudinali, onde trasversali, onde superficiali di Rayleigh, onde di Lamb)
- Lunghezza d'onda, l
- Frequenza, f
- Velocità di propagazione, v

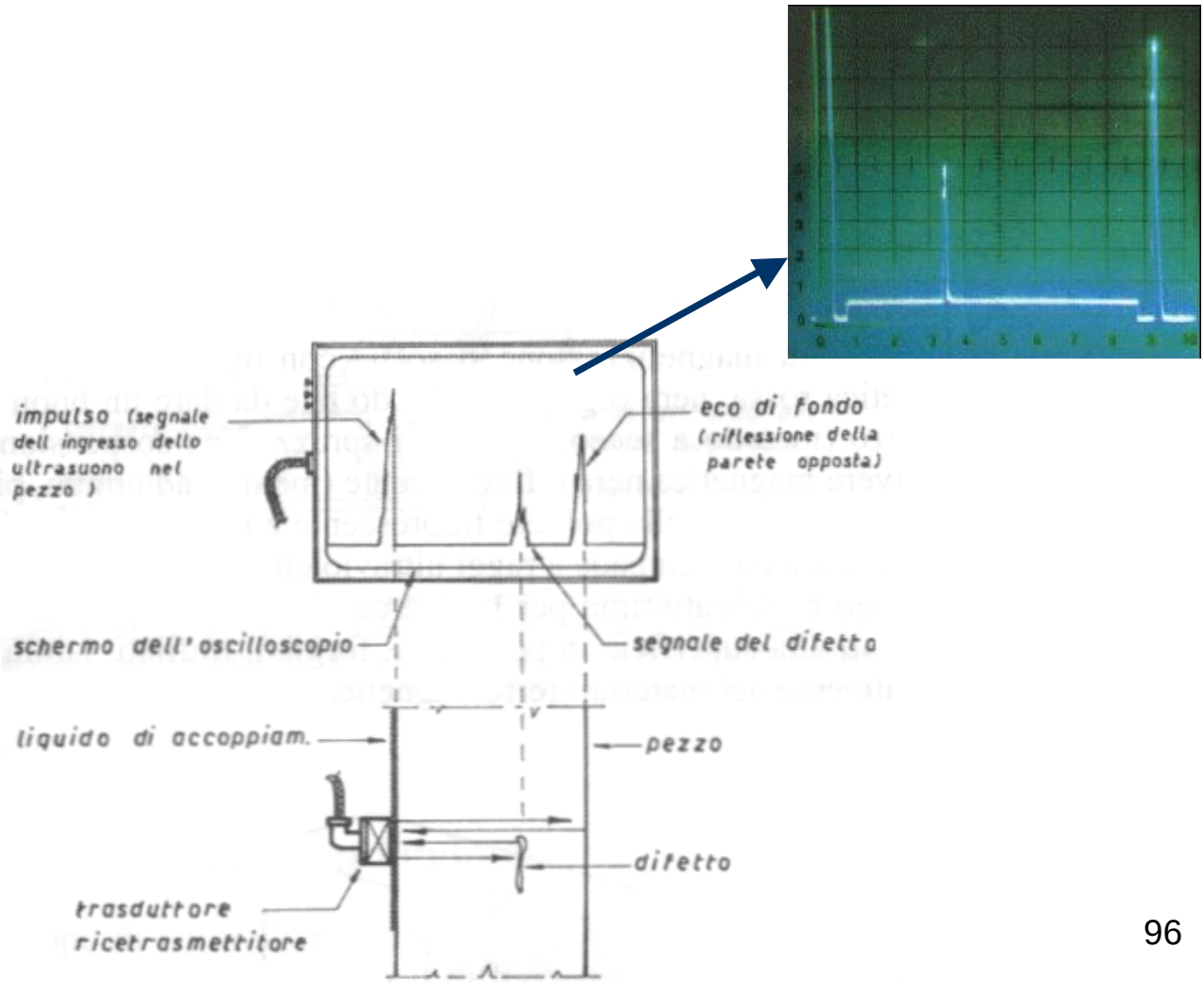
$$\mathbf{v = l \times f}$$

Il fascio d'onde ultrasonore, ovvero il segnale, viene generato sfruttando le proprietà piezoelettriche o magnetostrittive di alcuni cristalli di quarzo, cioè la loro capacità di contrarsi ed espandersi sotto l'azione di un campo elettrico o di un campo magnetico alternato.

Gli ultrasuoni generati vengono trasferiti direttamente nel materiale da controllare grazie al contatto, o più propriamente al semplice accostamento del generatore (trasduttore) alla superficie del pezzo. Il fascio d'onde ultrasonore si propaga nel materiale da esaminare con la stessa frequenza del generatore e con una velocità che dipende dal materiale attraversato. Quando il fascio incontra un ostacolo sarà riflesso, assorbito, deviato o diffratto secondo le leggi comuni a tutti i fenomeni di propagazione delle onde.



Il segnale di partenza degli ultrasuoni (eco di partenza) e quello riflesso dalla superficie opposta a quella d'entrata (eco di fondo), vengono visualizzati sullo schermo dello strumento con dei picchi, la cui distanza risulta proporzionale al tempo che gli ultrasuoni impiegano per percorrere il viaggio di andata e di ritorno dalla sonda alla superficie riflettente presente all'interno del materiale.
Se durante tale percorso il fascio ultrasonoro incontra delle discontinuità esse fungono da riflettori, e sullo schermo, tra i due precedenti picchi (eco di partenza ed eco di fondo), ne compariranno degli altri che rappresentano delle indicazioni relative al tipo di discontinuità incontrate.



MEZZO DELL'ACCOPPIAMENTO

Possono essere utilizzati diversi mezzi di accoppiamento, ma il tipo deve essere compatibile con i materiali da utilizzare:

✓Acqua contenente un agente (antigelo, umettante, inibitore della corrosione)

✓Pasta di contatto

✓Olio

✓Grasso

✓Pasta cellulosa contenente acqua

VELOCITA' DI SCANSIONE

La scelta della velocità di scansione deve tener conto della frequenza delle ripetizioni di impulsi e della capacità dell'operatore di riconoscere i segnali

$$V_{max} = (d \cdot f_{rep})/n$$

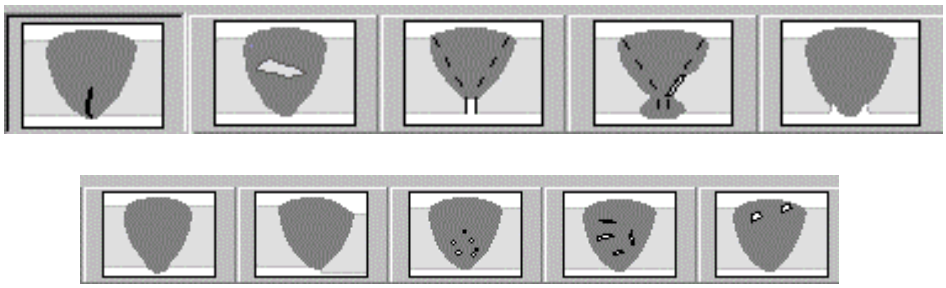
d = larghezza minima del fascio

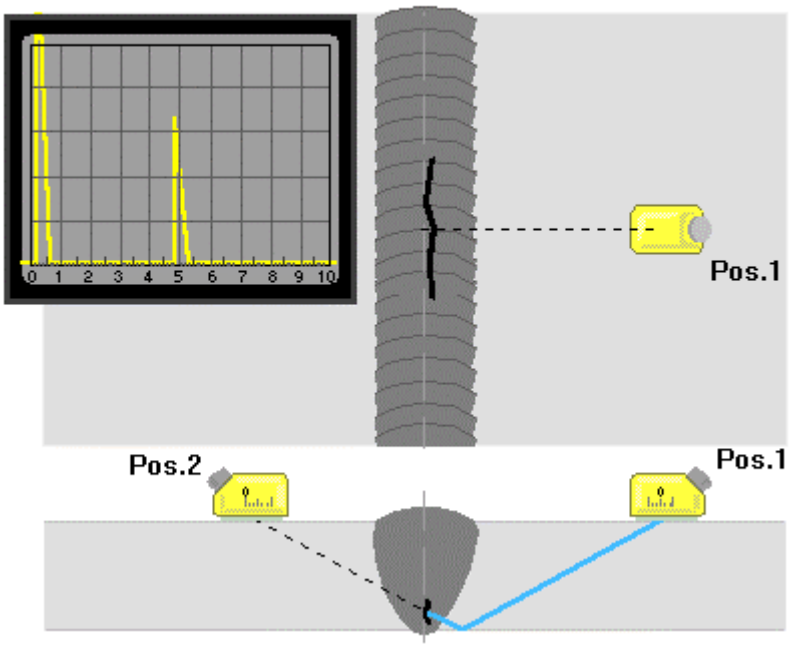
f_{rep} = frequenza delle ripetizioni di impulsi

n = numero di segnali consecutivi di un'indicazione prima dell'allarme

E' possibile valutare approssimativamente la dimensione della discontinuità incontrata dal fascio d'ultrasuoni, confrontando l'intensità dell'eco ricevuto con quello di difetti standard, o con grafici appositamente costruiti. Nella pratica corrente i CND con US si eseguono tarando lo strumento con adatti campioni standard, cioè cercando gli echi di difetti precostituiti (fori di dimensioni predeterminate eseguiti in posizioni definite del saggio di taratura), oppure tarando lo strumento direttamente sul pezzo da esaminare, per cogliere l'eco di fondo e la sua scomparsa od attenuazione.

Controllo su saldature





Controllo su rotore

Controllo dell'usura

Misura dello spessore

Vantaggi e Svantaggi

- Alta sensibilità. Si riescono a rivelare difetti molto piccoli.

- Buon potere di penetrazione. Permette l'ispezione di grosse sezioni.

- Accurata determinazione della posizione delle imperfezioni e della gravità delle stesse.

- Veloce tempo di risposta. Sono possibili test automatici ad alta velocità.

- E' richiesto l'accesso ad una sola superficie del mezzo di ispezione

- Impossibilità di utilizzo su materiali ad alta attenuazione acustica e con geometria complessa.

- L’eccessiva rugosità della superficie di scansione nelle ispezioni a contatto costituisce una seria limitazione all'applicazione del metodo ultrasonoro.

- La non facile interpretazione delle indicazioni fornite da un esame ultrasonoro necessita di operatori altamente qualificati e di notevole esperienza.

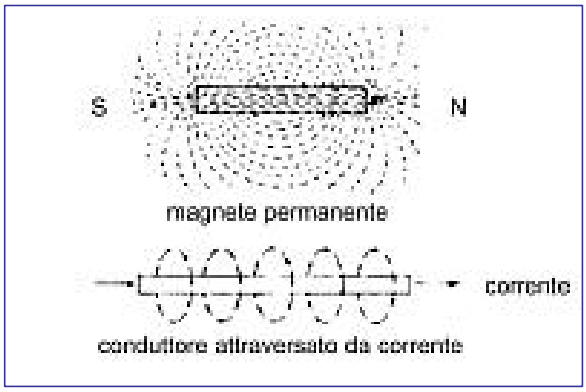
CONTROLLI MAGNETOSCOPICI (UNI 7062-72)

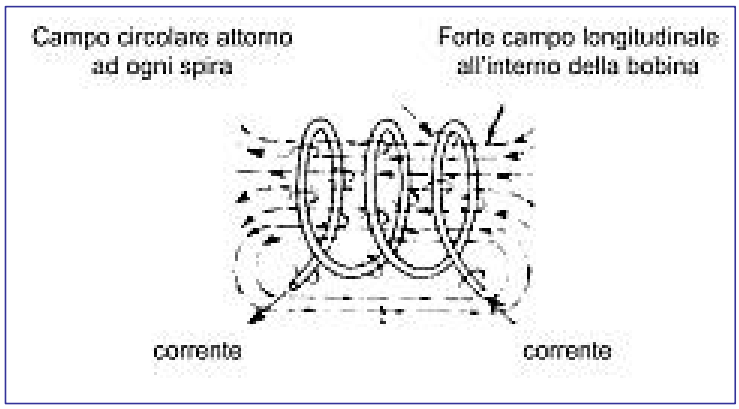
Gli esami magnetoscopici sfruttano il paramagnetismo di alcuni metalli (capacità di non opporsi al passaggio del campo magnetico), o meglio ancora il ferromagnetismo (capacità di concentrarlo) per evidenziare le anomalie delle linee di flusso del campo magnetico nei pressi di un difetto superficiale.

MATERIALI E PROPRIETÀ MAGNETICHE

Sono controllabili tutti i materiali ferromagnetici con una permeabilità relativa > di 100 µr. Esempi: ferro, acciaio, fusioni in ghisa.

I campi magnetici si creano all'interno ed intorno ad un magnete permanente o attorno ad un conduttore percorso da corrente elettrica



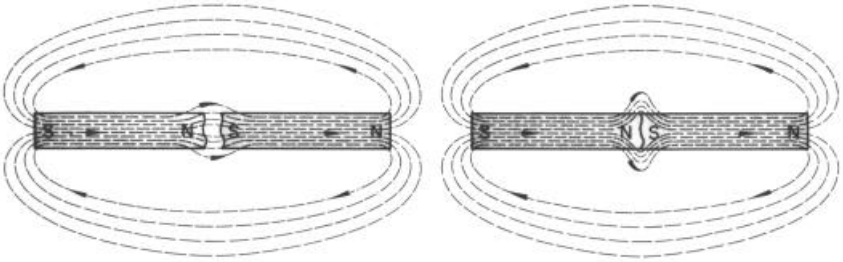


DIFETTI

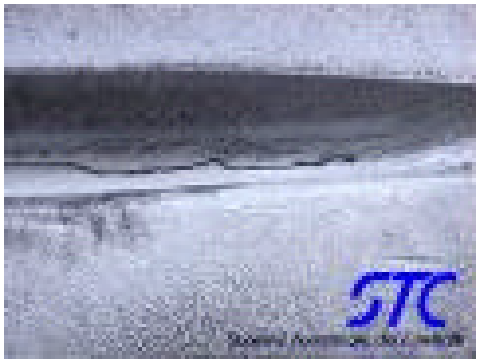
Facilmente rilevabili: cricche, mancanza di fusione, sfogliature, ripiegature**.**

Difficilmente rilevabili: es. pori, porosità, inclusioni.

Le linee di flusso, che rappresentano l'intensità locale del campo magnetico, attraversano un metallo in modo uniforme, ma nei pressi di una discontinuità, quale per esempio una microcricca, una cavità od un'inclusione, si addenseranno o disperderanno, deviando localmente e creando un'anomalia del campo magnetico ai bordi del difetto.



Quando un rivelatore magnetico (polveri secche o sospensione liquida) è applicato ad un pezzo dove esista una distorsione nelle linee di campo, la fuga di flusso magnetico attira le particelle magnetiche in corrispondenza di questa zona creando un accumulo delle particelle stesse.



Cricca rilevata con liquido magnetico fluorescente

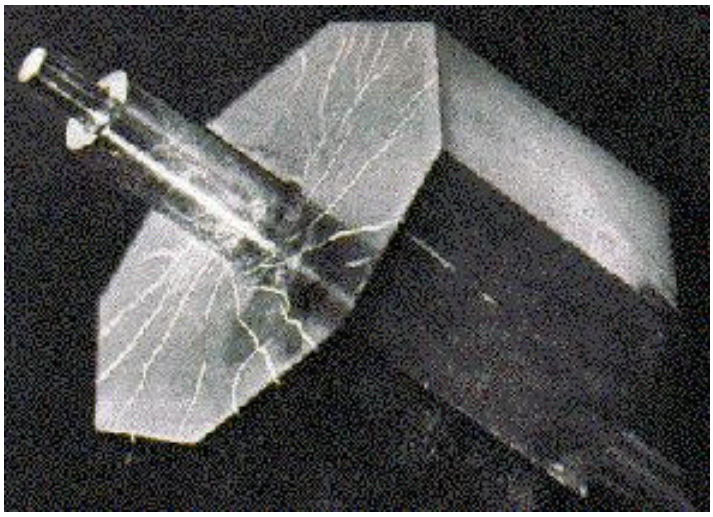
Il controllo magnetico è basato quindi su due fasi:

1)Un brusco cambiamento nella permeabilità che distorce le linee di forza creando un flusso disperso o polarità.

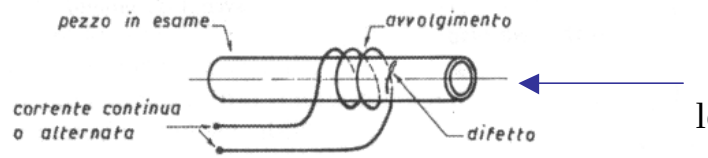
2) Applicazione di un rivelatore (particelle magnetiche) che vengono attirate da questi flussi dispersi, indicandone così posizione ed entità

PARTICELLE MAGNETICHE

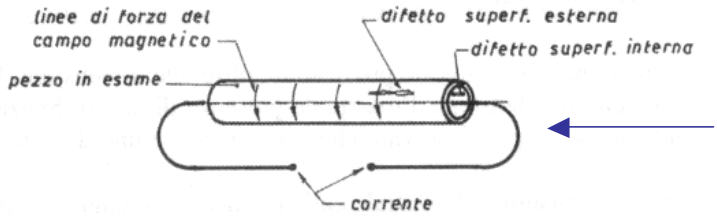
- Polveri a umido: adatte per l'ispezione di cricche sottili superficiali, come le cricche a fatica, da rettifica o trattamento termico e cricche in saldatura
- Polveri a secco: indicate per la rilevazione di difetti sub-superficiali e sono di solito usate con apparecchi magnetoscopici portatili.



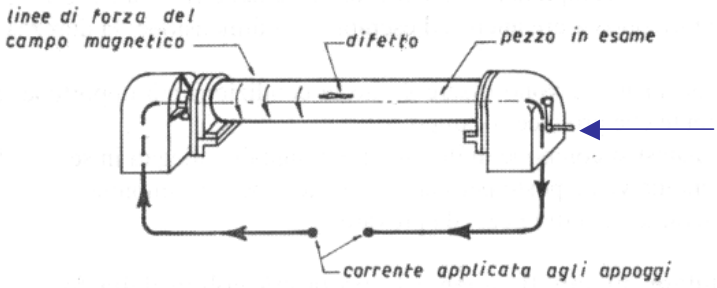
L'apparecchiatura necessaria si compone del generatore del campo magnetico, che potrà essere continuo od alternato a seconda delle esigenze e del sistema di rivelazione. Se la corrente magnetizzante è continua, è favorita la ricerca di difetti superficiali, mentre se si utilizza corrente alternata, possono essere rilevati i difetti subsuperficiali.



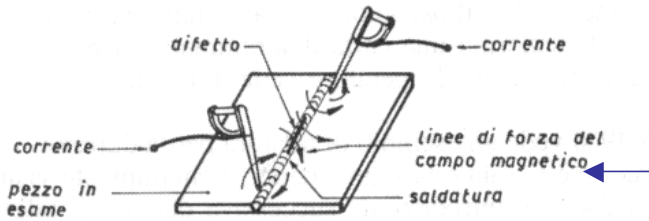
Magnetizzazione longitudinale con solenoide



Magnetizzazione circolare con conduttore elettrico passante



Magnetizzazione circolare con corrente passante attraverso il pezzo



Magnetizzazione circolare adatta per difetti longitudinali

Vantaggi e Svantaggi

➢La magnetoscopia permette d'evidenziare difetti superficiali e subcorticali, non rivelabili con i liquidi penetranti. E' comunque un CND più rapido, meno laborioso e più efficace di quello con liquidi penetranti, ma richiede l'uso d'apparecchiature talvolta assai costose.

➢La magnetoscopia è particolarmente adatta per la ricerca di difetti superficiali e subcorticali di ogni tipo, aperti (cricche, cavità, ecc.) o chiusi (inclusioni, segregazioni, ripiegature, cricche con bordi richiusi dalla sabbiatura, ecc.) presenti anche in pezzi semilavorati (stampati, fucinati, laminati), o semifiniti.

➢Il metodo è meno soggetto ad errori dell'operatore rispetto a quello con liquidi penetranti e non richiede necessariamente la perfetta pulizia preventiva delle superfici, sebbene sia sempre auspicabile per ottenere i migliori risultati.

➢E’ poco adatta per l'esame dell'integrità superficiale di: pezzi porosi, quali i getti di ghisa, alcuni pezzi microfusi e quasi tutti i pezzi d'acciaio sinterizzato; pezzi con superfici troppo scabrose, rugose, filettate o di geometria troppo complessa. In tali casi infatti, è facile incorrere in misurazioni sbagliate.

- Quando il campo è generato direttamente nel pezzo tramite passaggio di corrente elettrica, è assolutamente necessario usare puntali di contatto che si adattino perfettamente alle superfici onde evitare scintille o scariche elettriche che potrebbero danneggiare irrimediabilmente le superfici stesse.

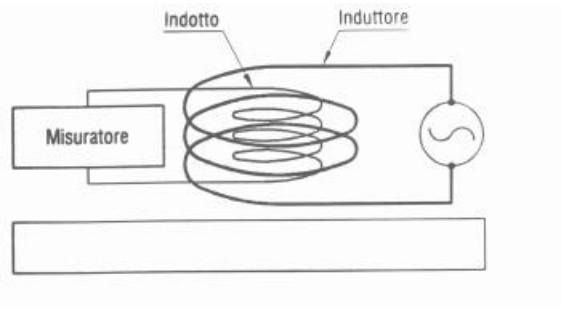
- Presenta scarsa sensibilità ai difetti tondeggianti ed è assolutamente inefficace per i difetti interni o per difetti troppo lontani dalla superficie. Le dimensioni minime del difetto rivelabile con la magnetoscopia dipendono soprattutto dalla sua distanza dalla superficie.

CONTROLLI CON CORRENTI INDOTTE (UNI 9190)

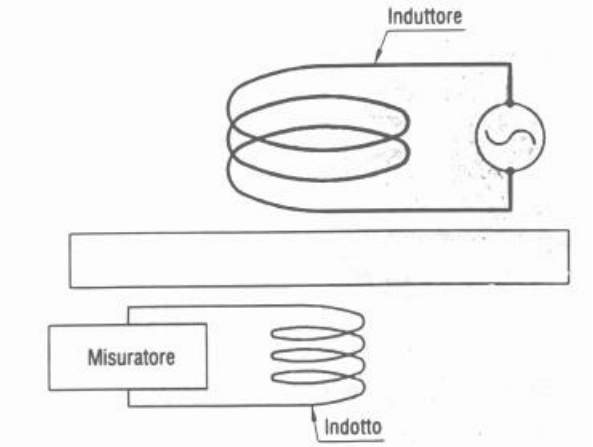
L'esame non distruttivo con correnti indotte consiste fondamentalmente nell'indurre dei campi magnetici alternati, creati attraverso apposite bobine (o sonde), nel materiale in esame. Tali campi generano nella zona di intervento delle correnti indotte (correnti di Focault) le quali saranno deviate da eventuali discontinuità presenti all'interno del componente interessato al controllo. Il campo magnetico variabile prodotto dalle sonde viene denominato "campo primario" mentre il campo magnetico generato dalle correnti indotte, anch'esso variabile, viene denominato "campo secondario".

- Metodo unilaterale → Induttore e indotto sono posti dalla stessa parte rispetto al pezzo in esame

- Metodo bilaterale → Induttore e indotto sono opposti l'uno rispetto all'altro



Metodo unilaterale

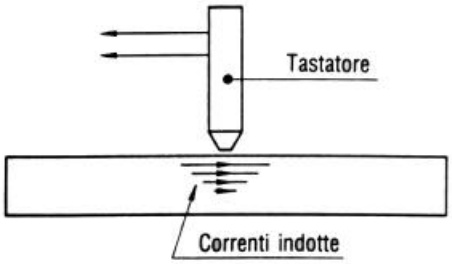


Metodo bilaterale

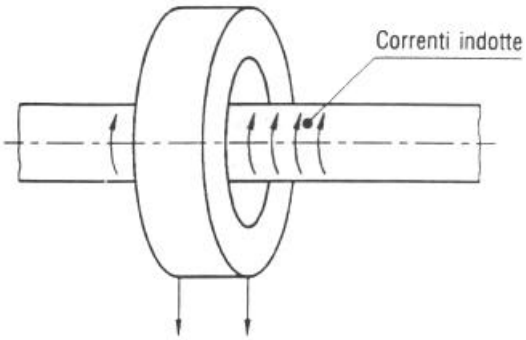
Configurazioni induttore-indotto

Vi sono tre tipi di configurazioni, ciascuna costituita da un gruppo di uno o più avvolgimenti, dove le funzioni di induttore e di indotto possono essere comprese in uno stesso avvolgimento oppure essere svolte separatamente da differenti avvolgimenti.

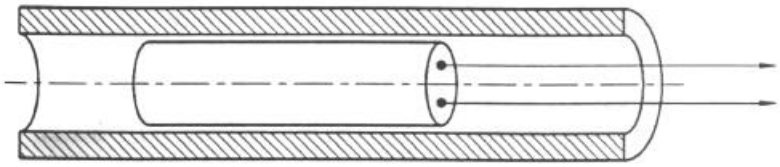
- Tipo a tastatore



- Tipo avvolgente



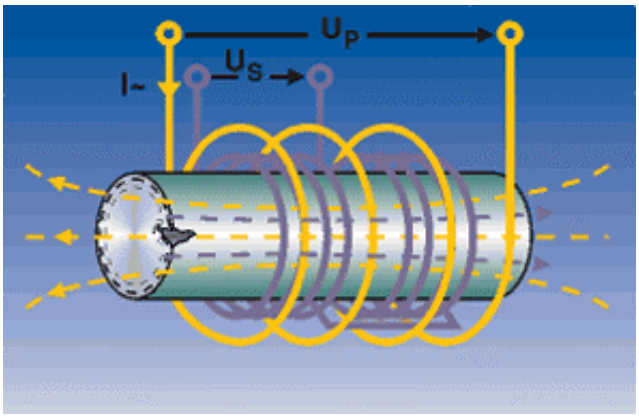
- Tipo per interni



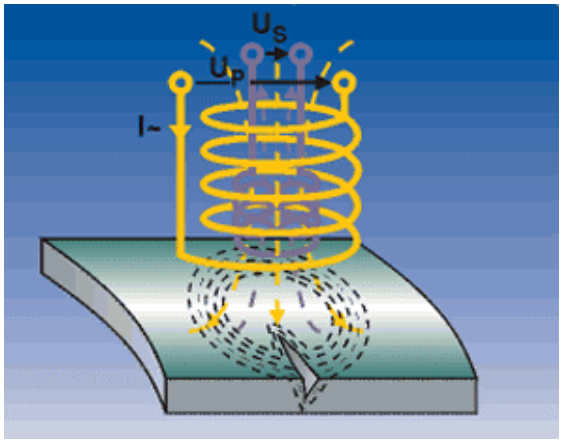
Nel controllo mediante correnti indotte si distinguono fondamentalmente due tipi di tecniche che dipendono dalla metodologia utilizzata per generare le correnti parassite nel materiale in esame:

TECNICA A BOBINA PASSANTE: dove la bobina di eccitazione ha la sola funzione di produrre il campo magnetico, mentre l'avvolgimento secondario ha la sola funzione di ricevere la tensione indotta dal flusso prodotto dalle correnti parassite.

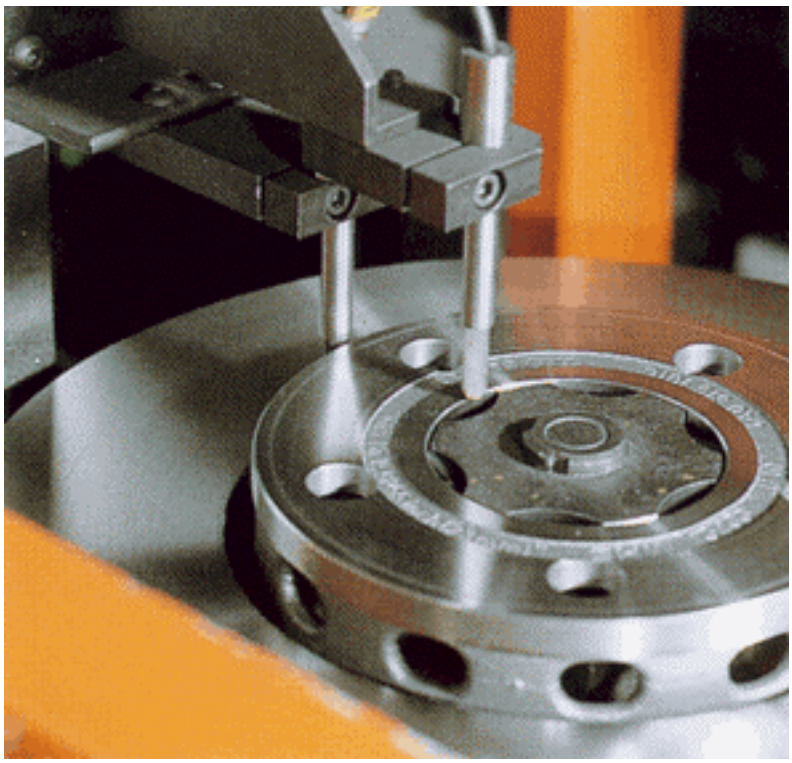
TECNICA A TESTINA (PICK-UP): dove una sonda viene fatta scorrere sulla superficie del componente in esame alla ricerca di eventuali difetti.



Prodotti semilavorati, come filo, barre e tubi sono controllati al fine di individuare difetti superficiali e/o subsuperficiali attraverso bobine circolari.



La superficie del materiale viene controllata attraverso sonde puntiformi che ruotano intorno al materiale stesso.



Due sonde puntiformi effettuano il controllo di due definite zone del freno a disco.

Vantaggi e Svantaggi

- I materiali sotto esame debbono essere conduttori di corrente

- La distribuzione delle correnti e del campo magnetico nell'elemento di prova non è uniforme sulla sezione ma decresce in ampiezza al crescere della distanza dalla superficie, in generale, maggiore sarà la frequenza, la permeabilità e la conducibilità, minore sarà la profondità di penetrazione.

- Tale metodo risulta una valida alternativa alla difficoltà di applicazione del controllo magnetoscopico per l'esame dei componenti realizzati in acciaio inossidabile austenitico.

- Non essendo necessario il contatto fisico tra sonda e superficie in esame, risulta possibile il controllo di manufatti in movimento e di componenti caratterizzati da particolari geometrie o temperature superficiali molto elevate.

➢Le applicazioni di tale tecnica in campo industriale sono molteplici: oltre al rilevamento e valutazione delle dimensioni di difetti superficiali e sub-superficiali, essa può essere utilizzata per la:

✓ Determinazione dell'integrità di tubazioni e delle parti saldate;

✓ Misura dello spessore di rivestimenti;

✓ Determinazione dell'integrità di cavi conduttori e la localizzazione dei fili danneggiati;

✓ Rilevamento di inclusioni metalliche in materiali non metallici;

✓ Misura della conduttività elettrica;

✓ Identificazione e discriminazione di leghe metalliche;

✓ Misura della permeabilità magnetica e dell'effetto di trattamenti termici su di essa.

CONTROLLI VISIVI

Gli Esami Visivi (anche denominati Esami Ottici) assumono particolare importanza nel settore dei Controlli non Distruttivi in quanto, pur disponendo di sofisticate apparecchiature ottiche per l'ispezione ed elettroniche per l'elaborazione delle immagini, l'interpretazione e la valutazione dei risultati viene effettuata oggettivamente dall'operatore in base a degli standards di accettabilità specifici dei particolari difetti del componente in esame.

Il principio si basa sull'impiego della luce come mezzo rivelatore dei difetti. Analizzando la direzione, l'ampiezza e la fase della luce riflessa o diffusa dalla superficie di un oggetto opaco, o trasmessa all'interno di un mezzo trasparente, si possono ottenere informazioni sullo stato fisico dell'oggetto in esame.

ESAMI VISIVI DIRETTI: possono essere utilizzati quando sia possibile accedere con gli occhi ad una distanza della superficie in esame non maggiore di circa 60 cm con una angolazione non inferiore a 30°.

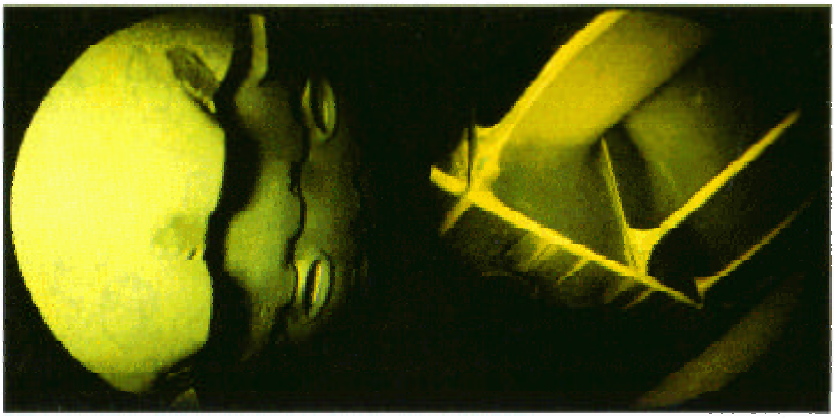
ESAMI VISIVI REMOTIZZATI: vengono generalmente utilizzati quando non sia possibile accedere direttamente all'oggetto od alla superficie in esame. Allo scopo vengono utilizzate apparecchiature più o meno sofisticate, quali ad es. specchi, telescopi, endoscopi, fibre ottiche, telecamere, con una risoluzione almeno equivalente a quella dell'occhio umano

ESAMI VISIVI REMOTIZZATI

Il Boroscopio risulta fondamentalmente costituito da una guaina esterna rigida, di lunghezza variabile, alla cui estremità anteriore incorpora un dispositivo ottico (obiettivo) in grado di riprodurre l'immagine di un oggetto posizionato di fronte allo strumento.

Nel caso degli Endoscopi l'illuminazione della superficie viene ottenuta mediante l'impiego di un fascio di fibre ottiche, poste parallelamente all'asse del sistema ottico, ed utilizzando una sorgente luminosa esterna di notevole intensità.

Le microtelecamere (dimensioni di qualche millimetro), vengono inserite nel terminale dell'endoscopio; il sensore raccoglie i segnali luminosi trasformandoli in impulsi elettrici e li invia al processore computerizzato il quale, dopo opportuna elaborazione, li decodifica in immagini ricostruendole su un monitor eventualmente collegato ad un videoregistratore.



Esami Metallografici

Una lega è caratterizzata, oltre che dalle fasi di cui è costituita, anche dal loro stato di suddivisione e dalla loro forma. Poiché le proprietà fisiche e meccaniche dei metalli sono connesse con la loro struttura, risulta chiara l'importanza dello studio della struttura reale delle leghe. Tale struttura non coincide, spesso, con quella indicata dai digrammi di stato (condizione di equilibrio) che dicono poco o nulla dello stato di suddivisione delle singole fasi, elemento che maggiormente influenza le caratteristiche meccaniche delle leghe.

E'evidente quindi l'importanza degli esami metallografici per indagare sulla struttura dei materiali metallici, non solo per i laboratori di ricerca ma anche per quelli destinati al controllo della qualità durante e al termine dei vari cicli di produzione.

Tali metodi di indagine possono essere condotti a vari livelli d'ingrandimento che vanno da quello *macroscopico*, eseguito ad occhio nudo o a debole ingrandimento, al *microscopio ottico* fino a quello *elettronico* che ha un potere risolutivo notevolmente più elevato.

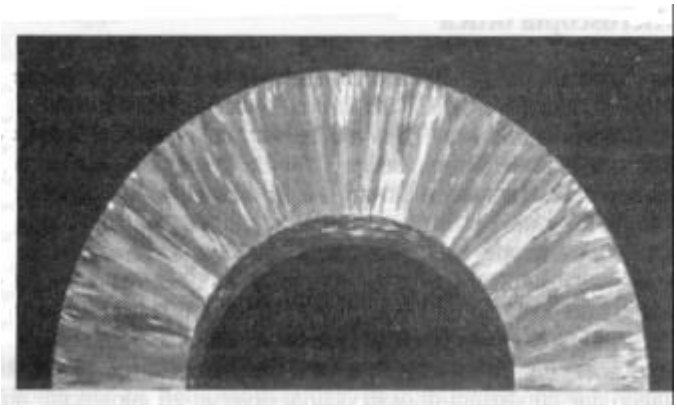
Esami Macroscopici

Gli esami macroscopici vengono integrati dalla preparazione di una sezione del pezzo spianata e rifinita con carta smeriglio, sulla quale si effettua un attacco per evidenziare microsegregazioni o inclusioni.

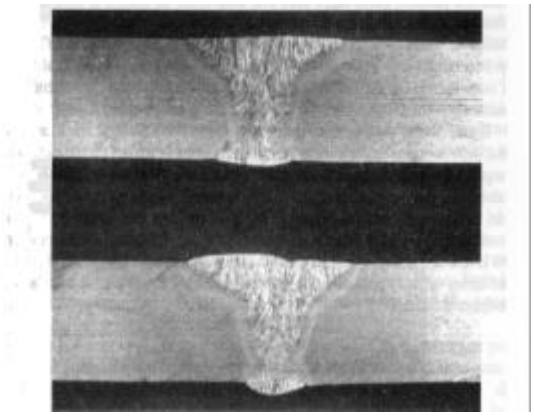
L'osservazione viene fatta a debole ingrandimento sia illuminando il campione perpendicolarmente che obliquamente.

La differenza con l'esame microscopico consiste nell'entità dell'ingrandimento.

Un metodo molto usato consiste nel far aderire al materiale della carta sensibile bagnata con un reattivo che al contatto di inclusioni o segregazioni dà dei prodotti di reazione che impressionano la carta lasciando su di essa l'impronta del pezzo.

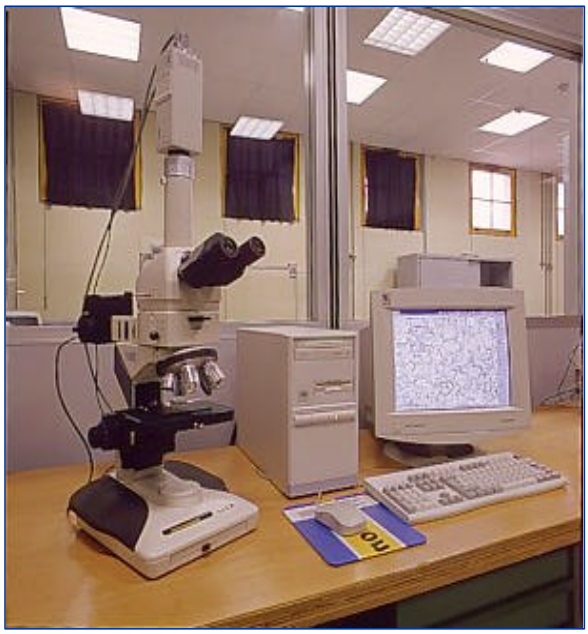


Esame macrografico di un tubo centrifugato in acciaio inossidabile austenitico attaccato con acido cloridrico + acqua ossigenata

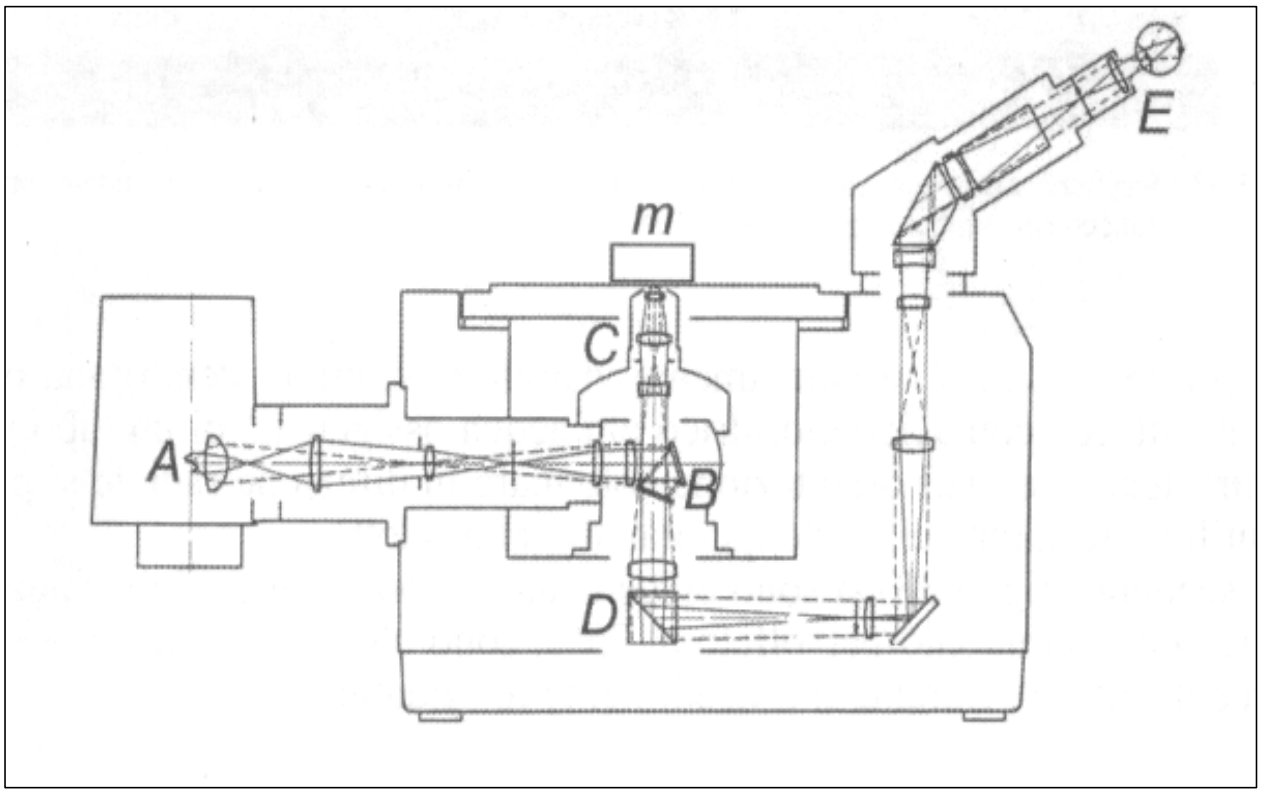


Struttura macroscopiche di giunzioni di lamiere in acciaio al carbonio saldate, ottenute mediante attacco con ammonio persolfato al 25%

Microscopi ottici



Obiettivi



- A Sorgente luminosa posta nel fuoco di una lente (condensatore)
- B Prisma
- C Obiettivo
- m Superficie da osservare
- D Prisma a riflessione totale
- E Oculare

a) Prelievo dei saggi

In un pezzo metallico ci possono essere delle disuniformità di composizione chimica per cui occorre prelevare un certo numero di campioni perpendicolarmente all'asse principale del pezzo, andando dal cuore alla periferia lungo il raggio.

Dimensioni: $S=300 \div 600 mm^2$ $h=10 \div 20$ mm

b) Lucidatura dei saggi

Per la prima spianatura si esegue una rettifica della superficie da esaminare e si procede, successivamente, su fogli di carta abrasiva a grana sempre più fine.

Finita la pulitura con carta smeriglio, si inizia la lucidatura per mezzo di dischi ricoperti di panno su cui viene depositata una pasta diamantata o una sospensione di allumina finissima in acqua.

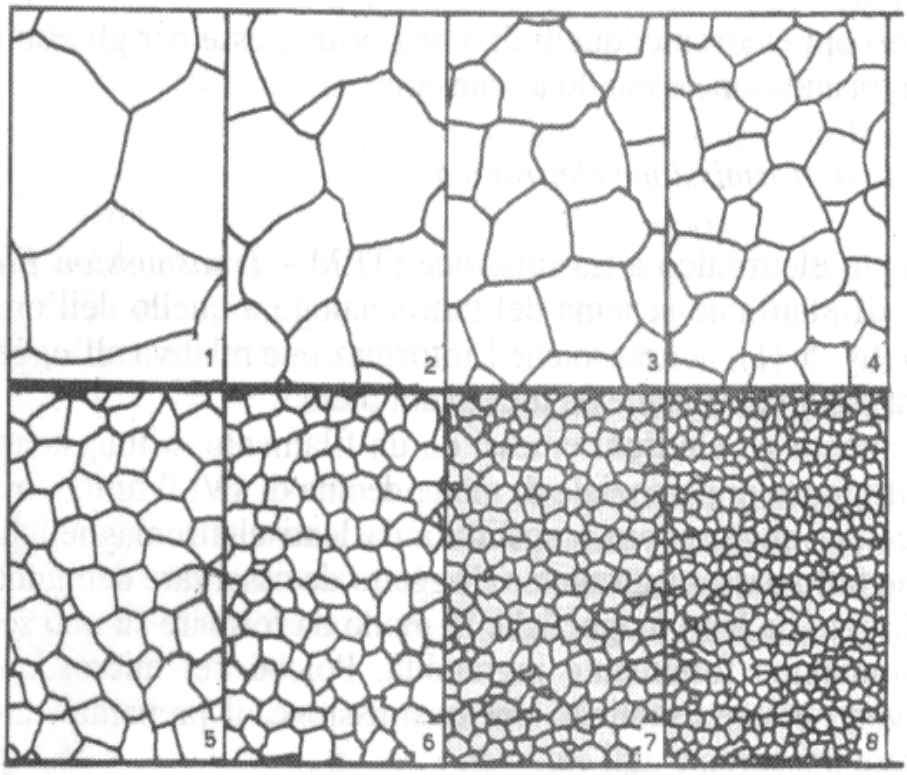
c) Attacco dei saggi

I costituenti di una lega vengono resi visibili e differenti per mezzo dell'attacco del campione, che può essere elettrolitico o chimico.

L'attacco chimico si effettua immergendo il campione in un reattivo oppure portando il reattivo sul campione con un batuffolo di cotone per il tempo necessario.

d) Esame dei saggi

Attraverso un esame micrografico è possibile determinare ad esempio la grandezza dei grani austenitici negli acciai comuni e speciali, sia per mettere in evidenza i suoi contorni, sia per misurarne le dimensioni medie.



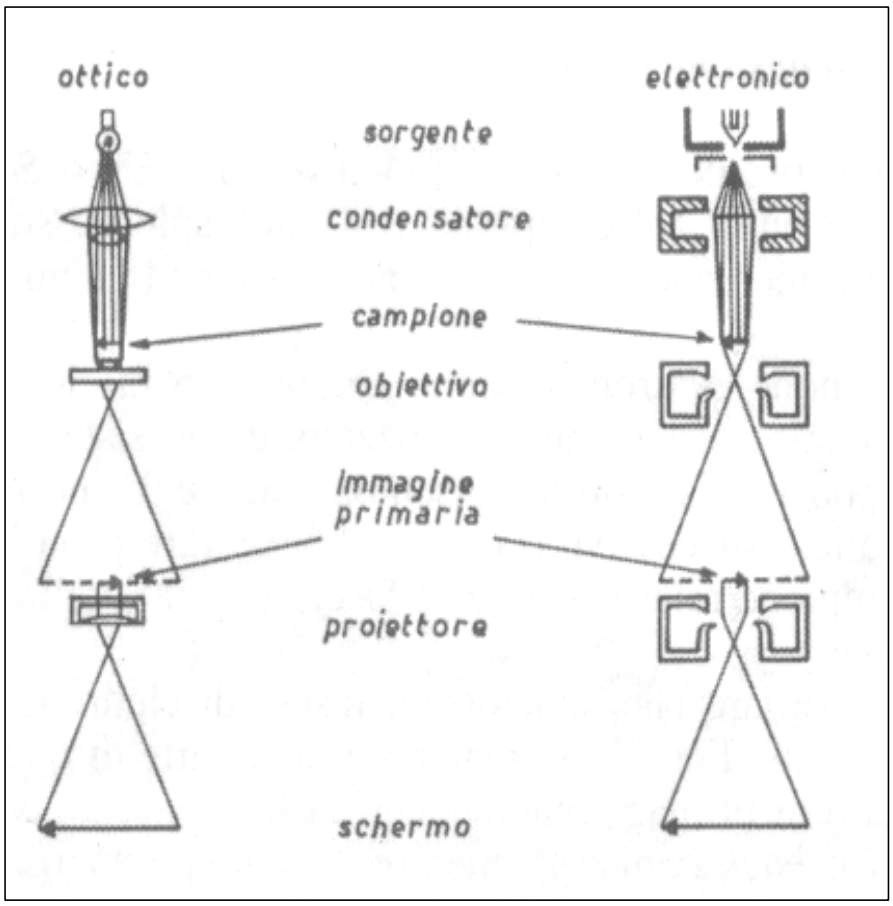
Serie degli otto reticoli a 100 ingrandimenti con dimensioni dei grani gradualmente decrescenti

Microscopi a trasmissione elettronica (TEM)

Gli elettroni emessi da un filamento di tungsteno sono accelerati da una differenza di potenziale.

Il fascio di elettroni viene fatto passare attraverso l'oggetto da osservare e viene focalizzato da lenti magnetiche in modo da formare su uno schermo fluorescente un'immagine con elevati ingrandimenti.

I campioni devono essere osservati per trasmissione per cui si ricorre all'assottigliamento del campione o all'impiego di repliche delle superfici da esaminare.

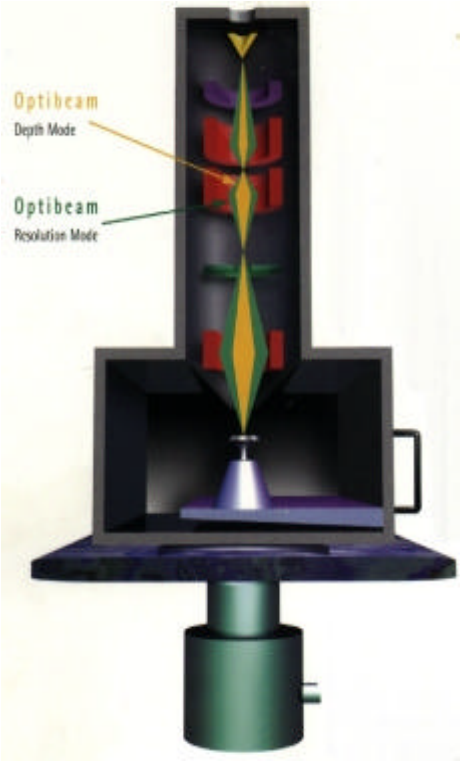


Microscopio elettronico a scansione (SEM)

I componenti principali del SEM sono quattro:

- il sistema che genera il fascio di elettroni (incluse varie lenti magnetiche, obiettivi elettromagnetici e un dispositivo di scansione)
- il sistema che genera il vuoto
- il controllo elettronico
- il sistema visivo.

Il fascio di elettroni è emesso termoionicamente da un catodo di tungsteno ad alta temperatura ed è focalizzato da varie lenti magnetiche. Questi dispositivi, contenuti nella colonna elettronica devono operare nelle condizioni di vuoto, è necessario, quindi, un opportuno sistema di pompaggio che realizzi il vuoto (dell'ordine di 10^{-4} Pa) prima di generare il fascio di elettroni.



- emettitore di elettroni

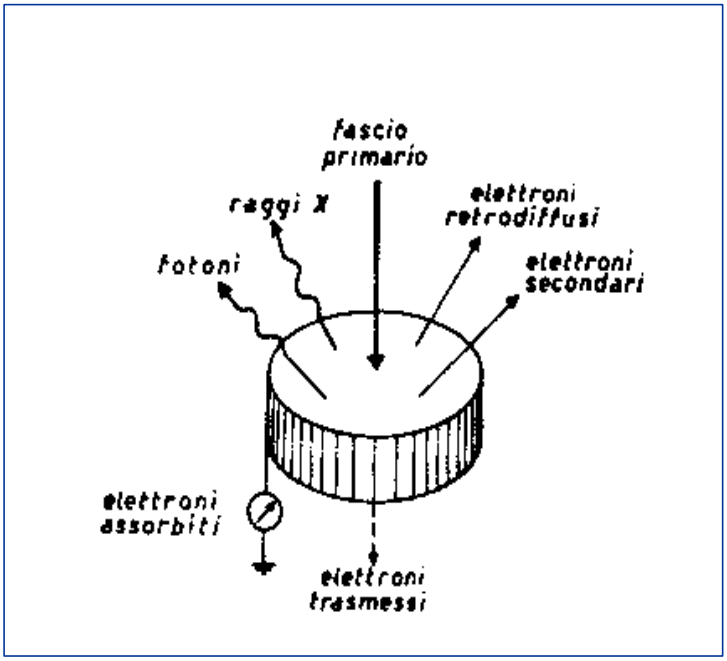
- Lenti per la focalizzazione e per la scansione del fascio

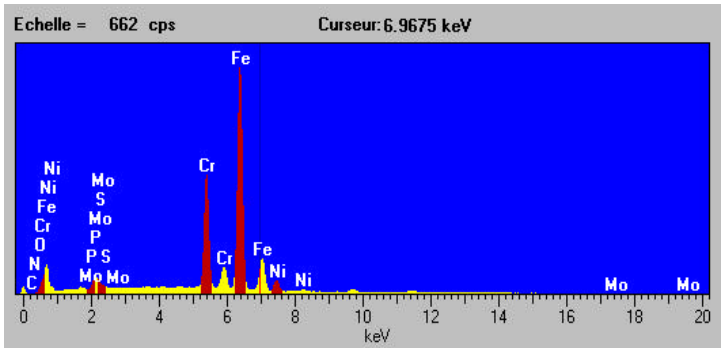
- Fenditure per la collimazione del fascio

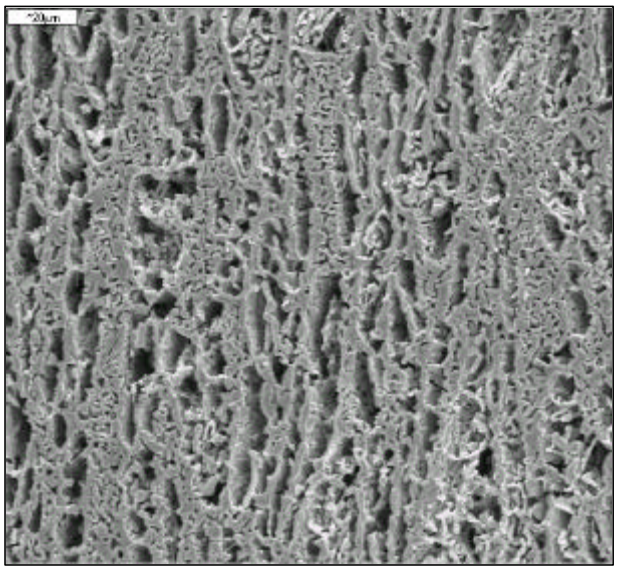
- Camera porta campione con uscite per la rilevazione dei segnali

Gli elettroni emessi vengono accelerati da un campo elettrico generato da un'elevata differenza di potenziale (5÷30kV) e, dopo varie focalizzazioni e controlli, impattano sul provino emettendo vari tipi di radiazioni. Il provino è connesso elettricamente al circuito del SEM per mezzo di una pasta di grafite per evitare polarizzazioni del campione consentendo lo smaltimento degli elettroni ricevuti.

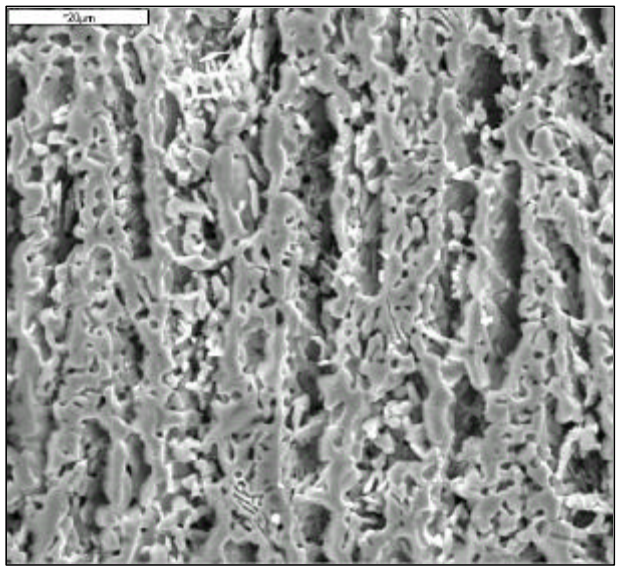
Il microscopio elettronico utilizza gli elettroni secondari o emessi per formare le immagini, mentre i raggi X sono rilevati per effettuare le microanalisi.



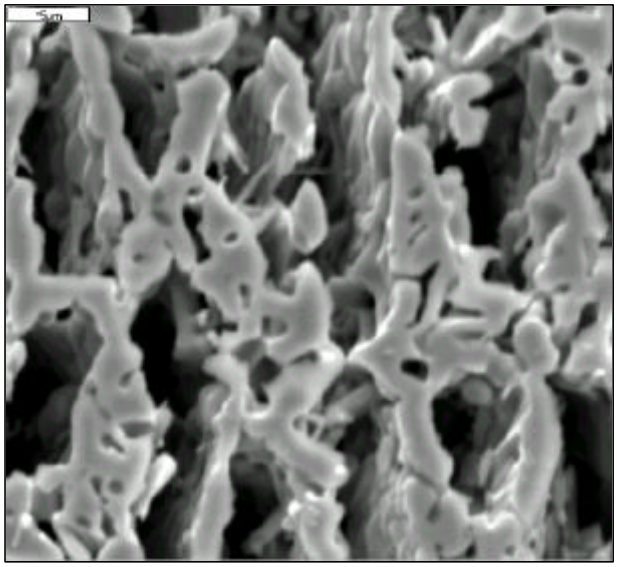




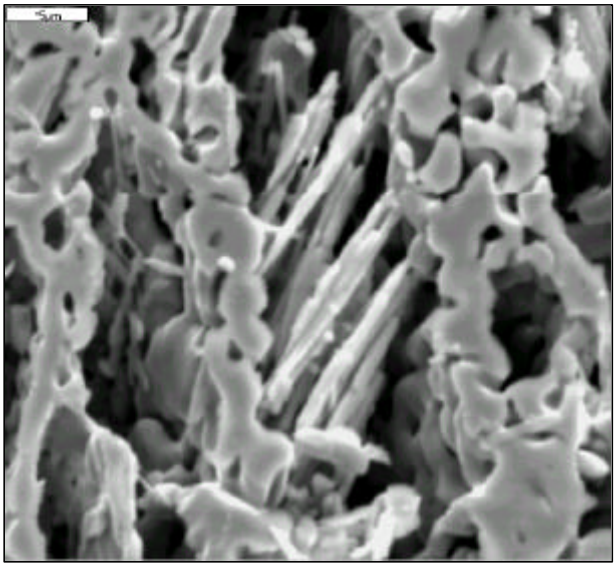
750x



1500x



3500x



3500x