UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

Esami metallografici e controlli non distruttivi

Metodi di indagine

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

METODI DI INDAGINE

Esistono dei metodi particolari di indagine che nel loro complesso formano la cosiddetta ***metallografia***, ed hanno lo scopo specifico di approfondire le conoscenze sulla costituzione ed intima struttura dei metalli e delle loro leghe, e sulla influenza che queste hanno nei riguardi delle proprietà fisiche e meccaniche.

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

I sistemi di valutazione sono suddivisi tradizionalmente in esami in "*scopìa*" ed esami in "*grafìa*".

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

L'esame in "***scopìa***" è condotto al fine d'orientamento preliminare e/o di scelta delle zone da documentare eventualmente in grafia. Esso può rappresentare una fase autonoma, quando si tratti di controlli di routine in produzioni continue o di serie, ed interessi esclusivamente la verifica dell'omogeneità della produzione. È condotto direttamente dall'operatore, eventualmente con l'ausilio della strumentazione di ripresa fotografica come telecamere che permettono esami contemporanei a più persone ed offrono la possibilità di elaborazioni elettroniche atte a perfezionare le condizioni di esame. Questa strumentazione consente inoltre la possibilità d'esami anche per oggetti non direttamente accessibili, per localizzazione, per dimensioni o per pericolosità (materiali radioattivi).

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

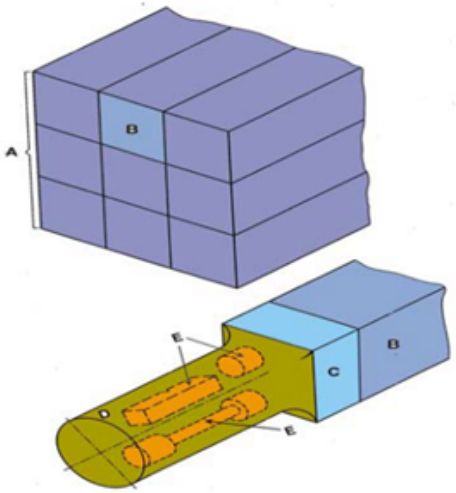
L'esame in "***grafia***" costituisce la fase finale del controllo. L'esame per mezzo d'apparecchiature televisive si presenta poi di specifico interesse quando si studiano fenomeni dinamici, come le trasformazioni di fase.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

PROCEDIMENTI PER IL PRELIEVO DEI SAGGI E DEI PROVINI

Le normative, ai fini meccanici e metallografici, adottano la distinzione in:

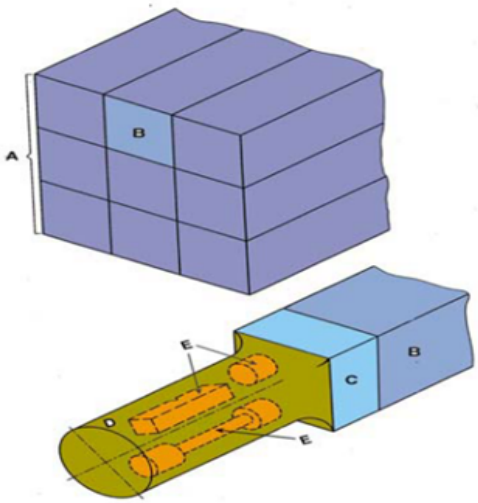
- *prodotto metallurgico* (B), l'elemento scelto in un'unità di collaudo (A), in vista dell'ottenimento dei provini (ad esempio prodotto "piatto", una lamiera, prodotto "lungo", un tondo, una vergella, etc.);
- *saggio* (C), il materiale prelevato dal prodotto in quantità sufficiente per ricavare uno o più provini (in alcuni casi prodotto e saggio coincidono);



A: unità di collaudo
B: prodotto/campione
C: saggio (o campione)
D: barrotto
E: provini

PROCEDIMENTI PER IL PRELIEVO DEI SAGGI E DEI PROVINI

- *barrotto* (D), una parte del saggio che ha subìto un trattamento meccanico, seguito eventualmente da uno termico, destinato all'approntamento dei provini metallografici, di trazione, per prove di fatica, etc;
- *provino* (E), una parte del saggio o del barrotto, di dimensioni definite, lavorato alle macchine utensili, portato allo stato voluto per subire una determinata prova. In alcuni casi il provino può essere costituito dallo stesso saggio o dal barrotto.



A: unità di collaudo
B: prodotto/campione
C: saggio (o campione)
D: barrotto
E: provini

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

Esami metallografici e controlli non distruttivi

Esami macroscopici

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

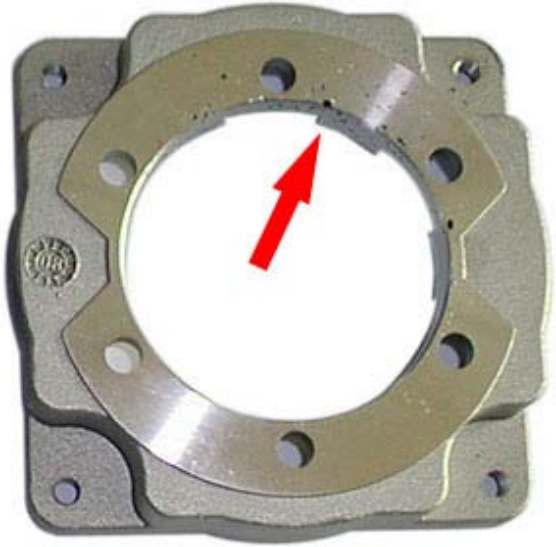
ESAMI MACROSCOPICI

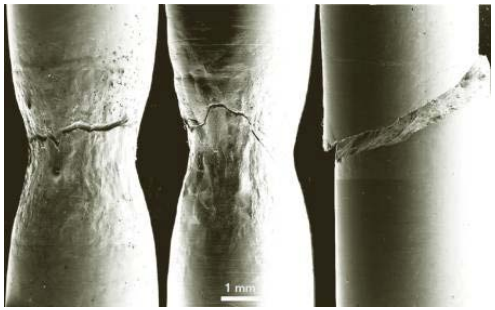
Volendo studiare un manufatto nel suo complesso, molte indicazioni utili si possono trarre ***dall'osservazione del pezzo*** così come si trova senza alcuna preparazione, dall'esame delle fratture in esercizio ed in particolare delle superfici di rottura delle provette di trazione e di resilienza e di quelle di piegatura: a seconda, infatti, del materiale e delle modalità con cui si è effettuata la prova, le fratture hanno forma ed aspetto diverso.

Tali esami vengono generalmente integrati dalla preparazione delle superfici sulle quali si effettua una attacco metallografico per mettere in evidenza inclusioni, liquazioni, ecc. L'osservazione viene fatta a debole ingrandimento (esame macroscopico).

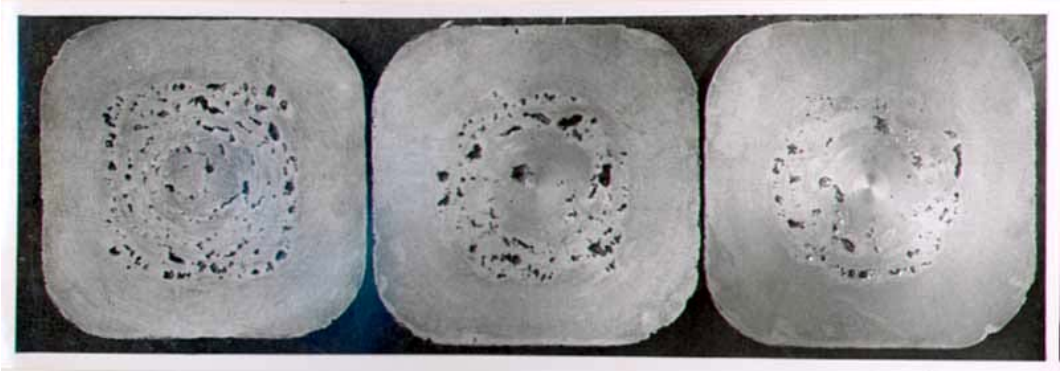
© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

ESAMI MACROSCOPICI





ESAMI MACROSCOPICI



PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI PER L'ESAME MACROSCOPICO

Il *grado di preparazione delle superfici* per l'esame macroscopico dipende dalla definizione che si richiede all'esame macroscopico: può essere sufficiente una lavorazione con finitura non elevata (per esempio nel controllo corrente per l'identificazione di difetti di solidificazione quale il cono di ritiro).

Generalmente un tipo di preparazione più accurato definisce tanti più particolari, quanto migliore è stata la preparazione della superficie da osservare.

Le operazioni connesse con la preparazione della superficie da esaminare (spianatura, levigatura, eventualmente lappatura) devono essere condotte in modo da evitare qualsiasi alterazione strutturale del materiale (per esempio da surriscaldameno o da incrudimento).

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI PER L'ESAME MACROSCOPICO

Nel caso sia sufficiente la sola lavorazione alle macchine utensili, si deve curare che non restino rilievi troppo pronunciati provocati, per esempio, da una cattiva regolazione della macchina, da avanzamenti troppo elevati al tornio o alla limatrice. Nel caso in cui l'attacco sia utilizzato per la messa in evidenza d'eterogeneità strutturali o di difetti di lieve entità, si raccomanda una preparazione della superficie di tipo accurato, che può giungere fino alla lucidatura, per ottenere una buona definizione.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

PROCEDIMENTO PER ATTACCO CHIMICO (MACRO)

La superficie da sottoporre ad attacco chimico va opportunamente sgrassata con solventi appropriati (per esempio acetone).

L'attacco chimico può essere eseguito per strofinamento e/o immersione. Il volume del bagno deve essere sufficiente a garantire un attacco omogeneo della superficie in esame: di solito un litro di reagente per ogni decimetro quadrato di superficie della provetta. Inoltre, il bagno deve un volume sufficiente in modo che l'altezza del liquido sia almeno ca. 25 mm al disopra della faccia superiore della provetta.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

PROCEDIMENTO PER ATTACCO CHIMICO (MACRO)

Nel caso di prodotti o di provini aventi dimensioni molto grandi, e quindi tali da non poter essere immersi, si deve versare la soluzione d'attacco sulla superficie da esaminare assicurando che si distribuisca in modo omogeneo e costante su tutta l'area da osservare. I reattivi chimici tendono ad esaurirsi perdendo la loro efficacia con l'uso e, anche se non utilizzati, con il tempo.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

OSSERVAZIONI MACROSCOPICHE DELLE SUPERFICI

L'esame macroscopico preceduto da attacco chimico è eseguito generalmente su sezioni di prodotti o semilavorati con lo scopo di rivelare la macrostruttura del materiale, nonché la presenza di eterogeneità chimiche (segregazioni), di varietà strutturali intenzionali, quali, per esempio, quelle procurate da trattamenti termici particolari, da processi di saldatura, da deformazioni plastiche (fibrosità), o di difformità strutturali accidentali quali, per esempio, decarburazione superficiale, etc.

La verifica permette inoltre di esaltare l'eterogeneità fisiche quali fessurazioni e/o porosità.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

OSSERVAZIONI MACROSCOPICHE DELLE SUPERFICI

Ad esempio, nella figura, in cui è mostrata la sezione longitudinale di una testa di chiodo, sono evidenti le fibrosità derivanti dal processo di stampaggio.

Il reagente chimico agisce di norma attraverso una dissoluzione preferenziale, creando così differenze d'attacco che permettono la successiva osservazione. La sensibilità dell'attacco può essere graduata regolando la composizione del reagente, la sua concentrazione e la temperatura.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

Esami metallografici e controlli non distruttivi

Microscopia ottica

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA OTTICA

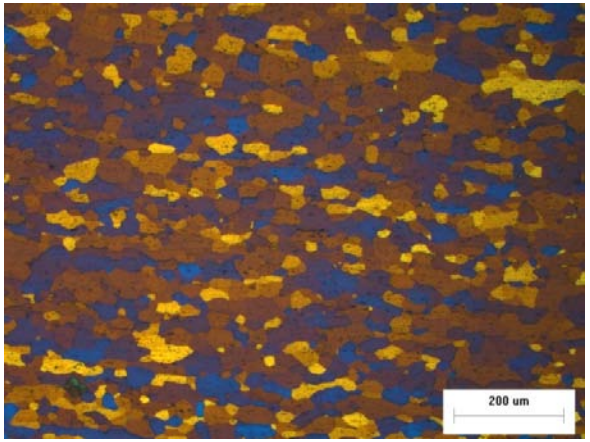
Il metodo principale per lo studio della struttura delle leghe è l'osservazione di campioni, accuratamente spianati, lucidati ed attaccati, con il ***microscopio ottico metallografico***.

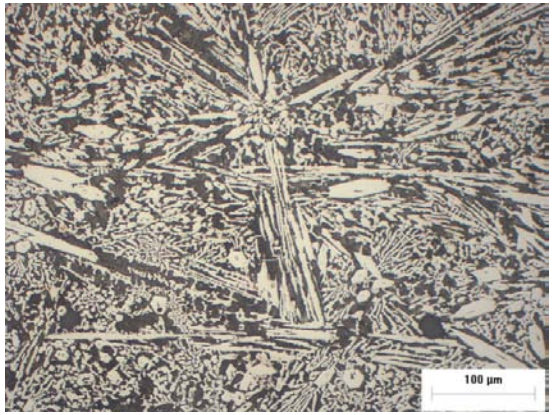
Questo apparecchio differisce dal microscopio comune perché il campione metallico, che per la sua opacità non può essere osservato per trasparenza anche in sezione sottile, viene osservato per riflessione: l'obiettivo del microscopio raccoglie cioè non la luce che ha attraversato il campione, ma la luce che si è riflessa sul campione. In generale, la luce viene mandata sul campione attraverso lo stesso obiettivo che la raccoglie dopo riflessione, interponendo tra l'obiettivo e l'oculare una lastra di vetro o un prisma che invia all'obiettivo un fascio di luce proveniente lateralmente.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA OTTICA

Il microscopio metallografico permette di vedere i costituenti di una lega quando, dopo semplice pulitura, o più generalmente dopo un attacco, i costituenti stessi si differenziano per il colore, oppure quando ci sia un altorilievo, con conseguente effetto di luce e di ombra, o anche quando la superficie del campione sia costituita da tanti piccoli piani (le facce dei cristalli, o grani) diversamente orientati e che quindi riflettono in misura diversa la luce nell'obiettivo del microscopio.





PREPARAZIONE DI SEZIONI METALLOGRAFICHE PER LA RILEVAZIONE DELLA MICROSTRUTTURA

I provini da sottoporre ad analisi microstrutturali mediante microscopi ottici o elettronici devono essere assoggettati ad una preventiva preparazione che include le operazioni di:

– taglio e dimensionamento;
– montaggio in resina (eventuale);
– spianatura e lucidatura;
– attacco chimico, fisico o elettrochimico delle superfici lucidate.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

SCELTA DEL CAMPIONE E PRELIEVO DEI SAGGI

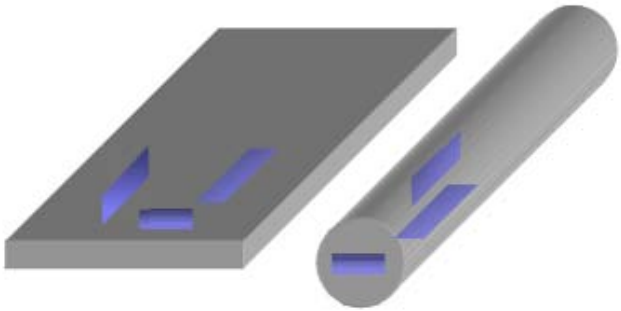
I criteri di prelievo dei campioni metallografici, destinati cioè ad essere osservati con il microscopio metallografico, sono estremamente importanti, dal momento che viene esaminata una superficie.

In un pezzo metallico ci possono essere delle disuniformità di composizione chimica, dovute per esempio alle liquazioni che si stabiliscono all'atto della solidificazione, specialmente in pezzi di grandi dimensioni che si raffreddano lentamente: in questo caso si dovrà prelevare un certo numero di campioni perpendicolarmente all'asse principale del pezzo, andando dal cuore alla periferia lungo un raggio.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

SCELTA DEL CAMPIONE E PRELIEVO DEI SAGGI

Le lavorazioni a caldo e a freddo inducono nel materiale una anisotropia dovuta alla struttura fibrosa quando la deformazione avviene sempre nella stessa direzione, come per esempio nella laminazione; in questo caso, oltre ai



campioni perpendicolari all'asse del pezzo, bisognerà prelevare anche dei campioni paralleli all'asse stesso, per studiare il grado di deformazione plastica e cristallina.

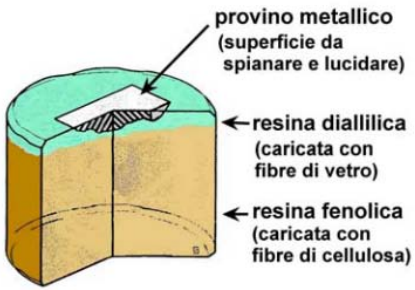
E' importante notare che il taglio del campione e le successive lavorazioni necessitano attenzione per evitare deformazioni profonde e riscaldamento del materiale.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MONTAGGIO IN RESINA DEI PROVINI METALLICI

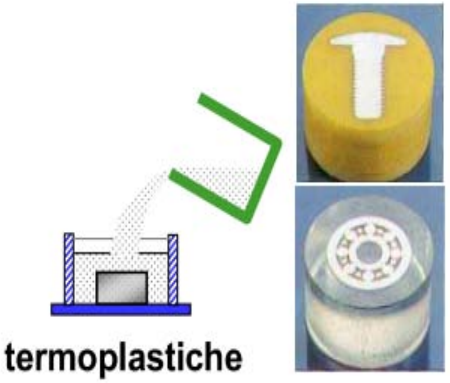
I provini metallici dopo essere ridotti a dimensioni opportune, sono di norma "inglobati" in formelle di resina.

Lo scopo principale è di poterli bloccare efficacemente durante le operazioni di spianatura e lucidatura sia manuale che per mezzo d'apparecchiature automatiche. Per l'inglobatura "a freddo" si adoperano resine che polimerizzano, a temperatura ambiente, in 20÷30 min.



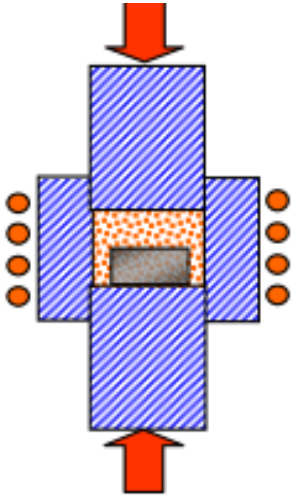
MONTAGGIO IN RESINA DEI PROVINI METALLICI

Si possono usare *resine termoplastiche* che, al momento dell'uso, miscelate con un catalizzatore (indurente) producono un liquido viscoso che è colato in uno stampo contenente il provino. Queste resine sono preferite per inglobare metalli e leghe bassofondenti o materiali teneri oppure per leghe che possono subire trasformazioni strutturali alle temperature di polimerizzazione delle resine termoindurenti.



MONTAGGIO IN RESINA DEI PROVINI METALLICI

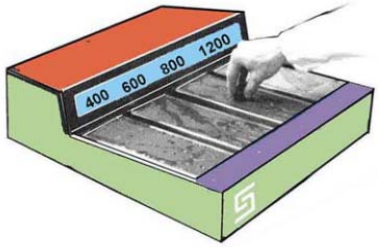
Il montaggio eseguito mediante *resine termoindurenti* richiede un riscaldamento sotto pressione (30÷40 MPa). Il provino è inserito con i granuli di resina in un cilindro di una pressa (ø = 25÷40 mm) e portato gradualmente alla temperatura di 160÷180°C e lì mantenuto, sotto pressione, per circa 10÷15 min.



SPIANATURA E LAPPATURA

La prima ***spianatura*** dei provini è eseguita mediante tornitura con appositi utensili, oppure per mezzo di mole o carte abrasive, alla presenza di liquidi lubro-refrigeranti che facilitano l'asportazione dei detriti durante l'abrasione ed evitano nello stesso tempo alterazioni strutturali generati dal calore prodotto per attrito fra utensili, abrasivi e provino metallico.

La spianatura prosegue in successione con passaggi su tele o carte abrasive di granulometria via via crescente.



SPIANATURA E LAPPATURA

La ***lucidatura*** (o lappatura) finale è eseguita mediante macchine "lappatrici" dotate di piatti rotanti che sostengono dischi di tessuto (lino, cotone, nylon), capaci di trattenere sulla superficie una sospensione (acquosa o alcolica) di polveri abrasive oppure granuli di diamante. L'operazione, eseguita in progressione, termina quando la superficie metallica è completamente esente da rigature.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

ATTACCO DELLE SUPERFICI METALLICHE LUCIDATE

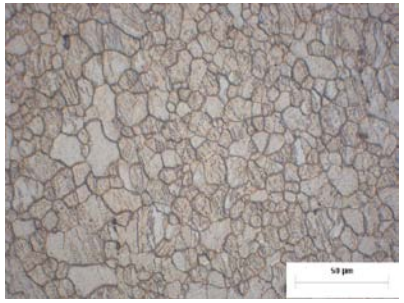
L'attacco chimico o elettrochimico delle superfici metalliche lucidate, permette di evidenziare la struttura cristallina per effetto della corrosione selettiva operata da soluzioni chimiche su zone superficiali dotate di maggiore energia. La composizione dei reattivi chimici è formulata in base alla natura della lega metallica o delle fasi cui dedicare maggior risalto. Ogni specie strutturale da far risaltare richiede un reattivo specifico.

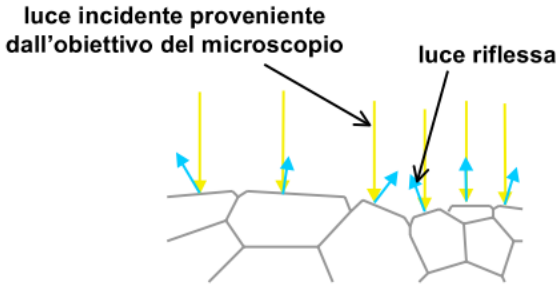
L'attacco chimico o elettrochimico delle superfici lucidate rappresenta la fase finale della preparazione prima dell'osservazione con microscopi ottici.

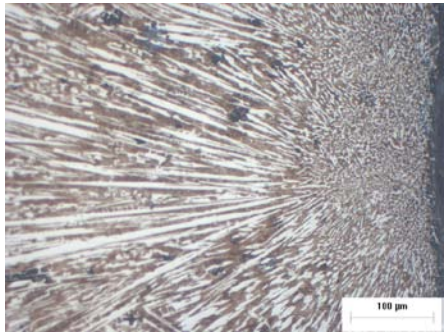
L'uso di microscopi elettronici può richiedere ulteriori e/o differenti preparazioni secondo la tipologia dello strumento.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

OSSERVAZIONE MICROSTRUTTURALE







UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

Esami metallografici e controlli non distruttivi

Microscopia elettronica

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

LIMITE DELLA MICROSCOPIA OTTICA

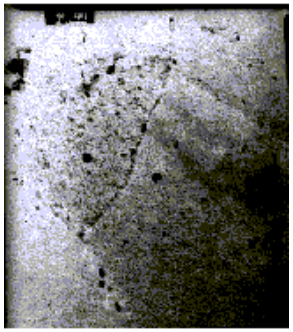
Si definisce ***potere risolutivo,*** la più piccola distanza tra due punti che permette di vedere i due punti come distinti.

Il potere risolutivo del microscopio ottico è limitato, in genere è inferiore ai 1000-1500 ingrandimenti. Si possono quindi risolvere all'ottico, in ambito metallurgico, solo la struttura generale della grana cristallina, i precipitati di maggiori dimensioni ed i grossi eutettici, invece per lo studio dei precipitati di minori dimensioni, nonché per l'analisi delle dislocazioni, questi ingrandimenti non sono sufficienti.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA ELETTRONICA

A tale scopo rispondono i microscopi elettronici dotati di un potere risolutivo nettamente superiore rispetto agli ottici; quelli di maggiore interesse sono il tipo a trasmissione (T.E.M.) ed a scansione (S.E.M.): ***la microscopia elettronica** è una tecnica che permette l'osservazione di campioni con ingrandimenti e risoluzione 1000 volte superiore alla microscopia ottica ordinaria.*



© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA ELETTRONICA

Il limite invalicabile del potere risolutivo del microscopio ottico è legato sostanzialmente alla lunghezza d'onda della luce impiegata (luce con lunghezza d'onda nel campo del visibile).

Il potere risolutivo cresce proporzionalmente al decrescere della lunghezza d'onda della radiazione impiegata, infatti la scoperta che gli elettroni hanno una radiazione di bassissima lunghezza d'onda ha suggerito la possibilità di usare ***fasci di elettroni*** per ottenere poteri risolutivi assai elevati.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA A TRASMISSIONE ELETTRONICA (TEM - TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY)

Il ***microscopio elettronico a trasmissione*** (***TEM***) è usato nei casi in cui la risoluzione di un microscopio ottico è troppo bassa per distinguere i particolari che si vogliono osservare, come precipitati fini e dislocazioni. Per un microscopio ottico, il potere risolutivo è dell'ordine del mm, mentre con un microscopio elettronico è possibile arrivare a 0.3 nm.

Nel microscopio elettronico a trasmissione viene sfruttato uno schema del tutto analogo a quello dell'ordinario microscopio ottico, nel senso che l'informazione relativa all'oggetto esaminato viene raccolta simultaneamente da tutti i suoi punti.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

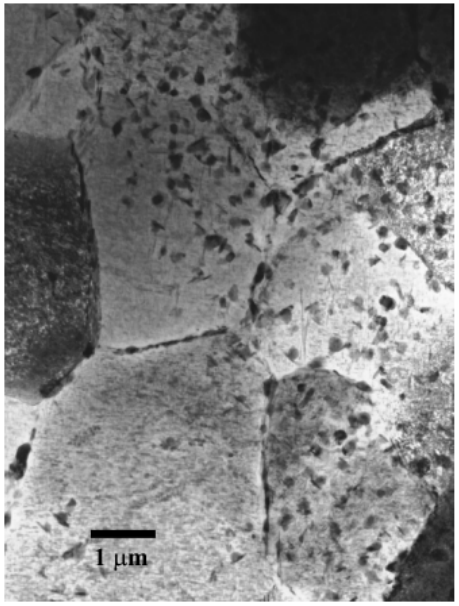
MICROSCOPIA A TRASMISSIONE ELETTRONICA (TEM - TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY)

In tale strumento gli elettroni emessi da un filamento di tungsteno sono accelerati da una differenza di potenziale di molte decine di kV: il tutto è mantenuto sotto vuoto.

L'ottica del microscopio è costituita da lenti elettromagnetiche. Il fascio di elettroni viene fatto passare attraverso l'oggetto da osservare, debitamente preparato, e viene focalizzato da lenti magnetiche in modo da formare su uno schermo fluorescente una immagine fortemente ingrandita. Poiché nei microscopi elettronici i campioni devono essere esaminati per trasmissione, il preparato deve essere così sottile da essere trasparente agli elettroni.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

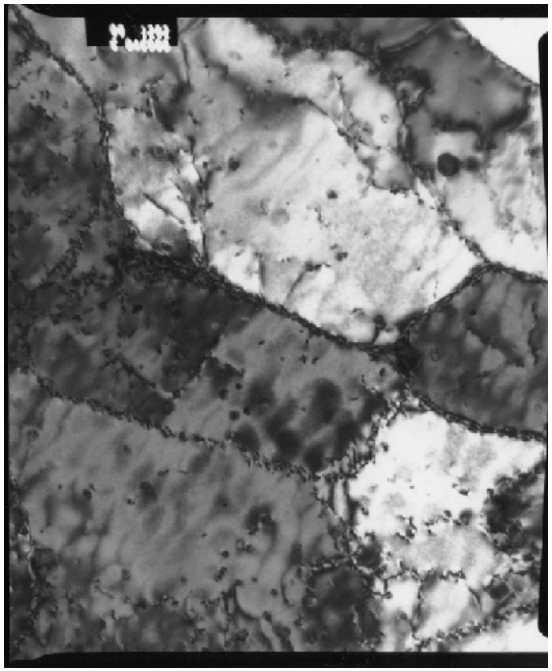
MICROSCOPIA A TRASMISSIONE ELETTRONICA (TEM - TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY)



Lega di alluminio d'interesse commerciale

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA A TRASMISSIONE ELETTRONICA (TEM - TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY)



Nel provino si notano i grani, i precipitati al bordo del grano e quelli all'interno del grano.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA A SCANSIONE ELETTRONICA (SEM – SCANNING ELECTRON MICROSCOPY)

Nel ***microscopio elettronico a scansione*** (***SEM***) un fascio di elettroni colpisce il campione che si vuole osservare. Dal campione vengono emesse numerose particelle fra le quali gli elettroni secondari. Questi elettroni vengono rilevati da uno speciale rivelatore e convertiti in impulsi elettrici.

Il fascio non è fisso ma viene fatto scandire, viene cioè fatto passare sul campione in una zona rettangolare, riga per riga, in sequenza.

I diversi punti del campione, quindi, vengono esplorati successivamente dal sottile fascio elettronico che ne esegue una scansione della superficie.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA A SCANSIONE ELETTRONICA (SEM – SCANNING ELECTRON MICROSCOPY)

Tramite un cannone elettronico viene prodotto un fascio di elettroni di elevata energia che viene successivamente focalizzato, da un sistema di lenti magnetiche, sul campione; appositi dispositivi consentono sia degli spostamenti del fascio secondo righe parallele successive (facendogli esplorare piccole zone quadrate), sia di spostare il campione relativamente al fascio per variare la zona in esame come pure l'inclinazione.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA A SCANSIONE ELETTRONICA (SEM – SCANNING ELECTRON MICROSCOPY)

Attraverso il SEM è possibile avere indicazioni su:

- morfologia della superficie del campione
- composizione chimico fisica
- difettosità elettriche
- contaminazione delle superfici
- misura dei potenziali superficiali

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA A SCANSIONE ELETTRONICA (SEM – SCANNING ELECTRON MICROSCOPY)

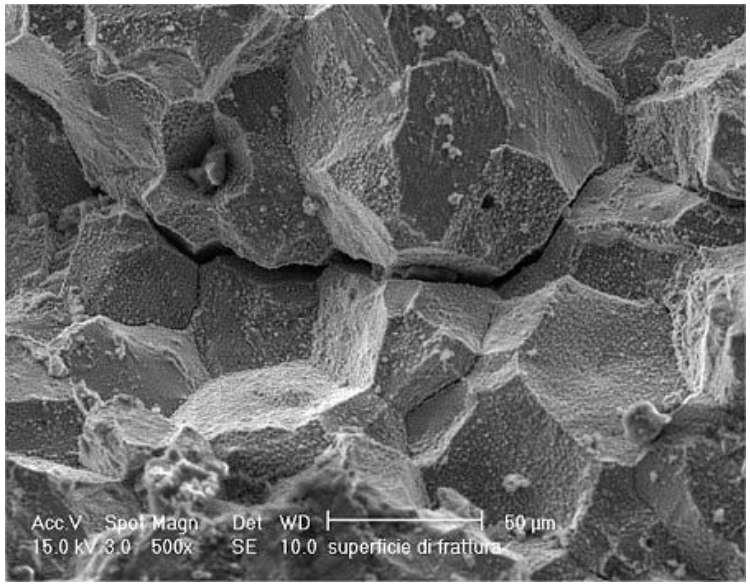
Caratteristiche del SEM:

- Alta risoluzione (limite 2nm)
- Alti ingrandimenti (fino a 100000x)
- Alta profondità di campo
- Facile preparazione del campione

***La** combinazione di alti ingrandimenti, alta risoluzione, larga ampiezza del fuoco e facile preparazione e osservazione del campione rende il SEM uno degli strumenti più affidabili e più semplici da utilizzare per lo studio e la diagnostica delle difettosità nei componenti elettronici*

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

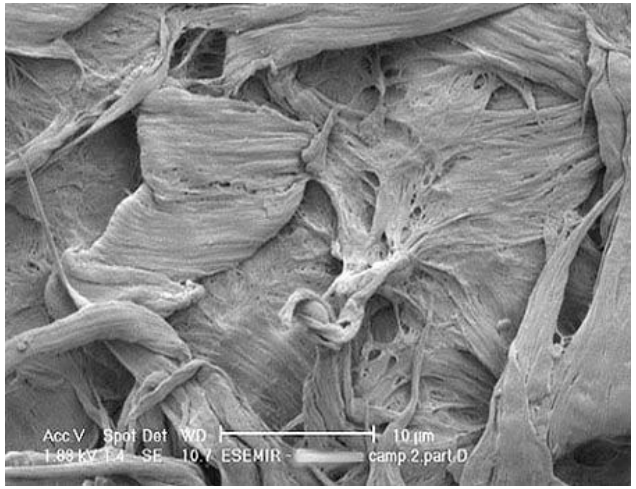
MICROSCOPIA A SCANSIONE ELETTRONICA (SEM – SCANNING ELECTRON MICROSCOPY)



Aspetto sfaccettato della superficie di rottura di un materiale che ha subito una rottura intergranulare, cioè lungo i bordi dei grani cristallini

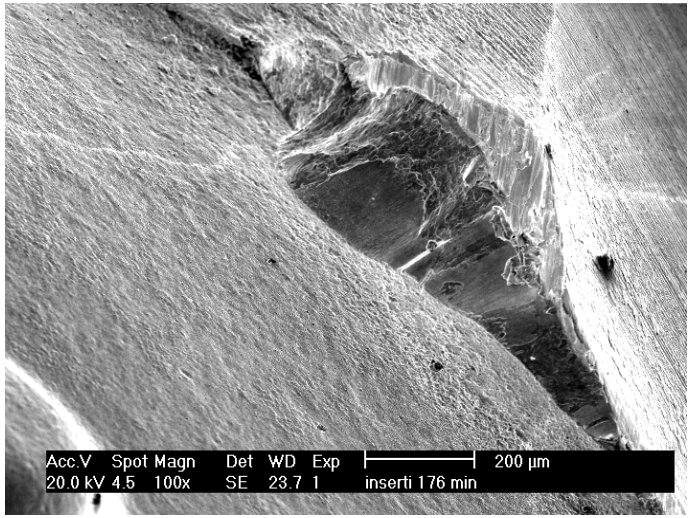
© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

MICROSCOPIA A SCANSIONE ELETTRONICA (SEM – SCANNING ELECTRON MICROSCOPY)



Superficie di rottura di un manufatto in polietilene ad alta densità (materia plastica)

MICROSCOPIA A SCANSIONE ELETTRONICA (SEM – SCANNING ELECTRON MICROSCOPY)



Tagliente di un inserto sottoposto ad usura

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONFRONTO TRA MICROSCOPIE

	Ottico	TEM	SEM
Range di ingrandimento	1-1000	1000-1000000	10-10000
Risoluzione			
Ordinaria	5μm	5nm	0,1μm
Per osservazioni accurate	0,2μm	1nm	20nm
Limite	0,1μm	0,2nm	1nm
Profondità di campo	0,1mm a 10x	limitata allo spessore del film	10mm a 10x
	1μm a 100x	limitata allo spessore del film	1mm a 100x
Ambiente	versatile	richiede il vuoto (0,03Pa)	richiede il vuoto (0,03Pa)

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

Esami metallografici e controlli non distruttivi

Controlli non distruttivi

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

I ***controlli non distruttivi*** (***CND***) sono il complesso di esami, prove e rilievi condotti impiegando metodi che non alterano il materiale e non richiedono la distruzione o il prelievo di campioni dalla struttura in esame; essi sono finalizzati alla ricerca e identificazione di difetti interni al pezzo senza doverlo distruggere completamente o in parte, rendendolo inutilizzabile.

In linea di principio è bene sottolineare che i materiali metallici presentano sempre dei difetti superficiali non visibili ad occhio nudo o interni, e per conseguenza, il problema è studiare dei limiti di accettazione, diversi a seconda dei particolari costruttivi, dell'impiego e del tipo, dimensioni e ubicazione dei difetti.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

Nel settore industriale ogni prodotto di importanza critica (travi per l'edilizia, viti di sostegno, componenti aeronautici, componenti automobilistici, corpi a pressione, ecc.) deve essere controllato per la verifica della sua integrità e conformità alle norme vigenti.

I CND hanno lo scopo di individuare tutti i difetti di una certa importanza e di permettere un giudizio sulla accettabilità dei singoli pezzi, sulla possibilità di una eventuale riparazione (come nel caso di soffiature in pezzi fusi o di cricche in corrispondenza di saldature) *o viceversa sul loro rifiuto*.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

Il più importante vantaggio dei CND è quello di poter essere estesi anche a tutti i pezzi, riuscendo così a prevenire incidenti e disgrazie; è questa la ragione della loro enorme diffusione e dell'importanza vitale che hanno assunto nell'industria moderna, particolarmente in quei settori, come le costruzioni aeronautiche, spaziali, automobilistiche e ferroviarie, nei quali più gravi sarebbero le conseguenze delle rotture in esercizio.

D'altra parte, 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 delle ulteriori lavorazioni, oppure possono evidenziare criticità del processo, che potrebbe quindi essere migliorato.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

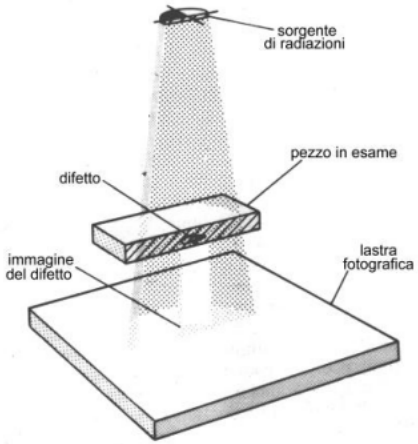
I controlli distruttivi che verranno presi in esame sono i seguenti:

1. controlli radiografici e gammagrafici
2. controlli con ultrasuoni
3. controlli magnetoscopici
4. controlli con liquidi penetranti

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI RADIOGRAFICI E GAMMAGRAFICI

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, inclusioni di scoria, mancanza di penetrazione.



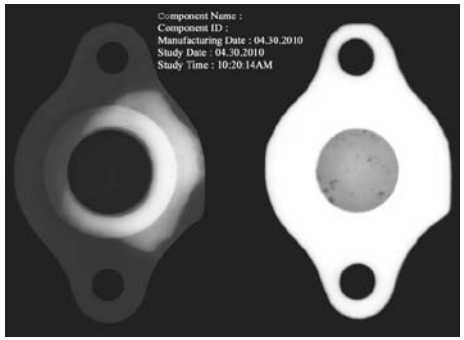
CONTROLLI RADIOGRAFICI E GAMMAGRAFICI

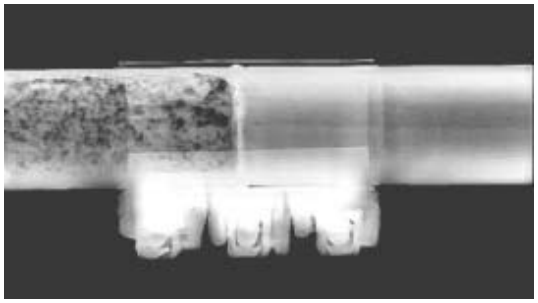
Il principio di funzionamento di tali tecniche si basa sulle alterazioni che radiazioni elettromagnetiche subiscono quando incontrano un difetto nel loro percorso all'interno del materiale. Quando un fascio di onde elettromagnetiche di elevatissima energia fotonica (elevata frequenza) e fortemente ionizzanti (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.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI RADIOGRAFICI E GAMMAGRAFICI

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.

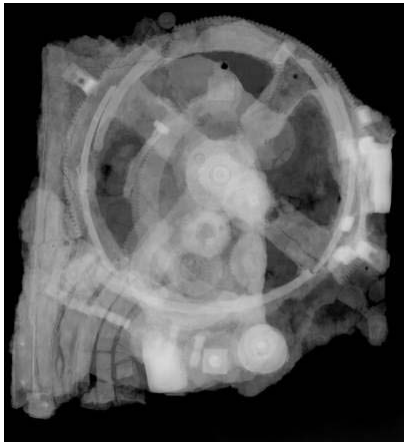




CONTROLLI RADIOGRAFICI E GAMMAGRAFICI

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.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI CON ULTRASUONI

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 riflesso 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 di tipo sinusoidali attorno all'originaria posizione di equilibrio.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI CON ULTRASUONI

Gli ultrasuoni, generati sfruttando le proprietà piezoelettriche o magnetostrittive di alcuni cristalli di quarzo, 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.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

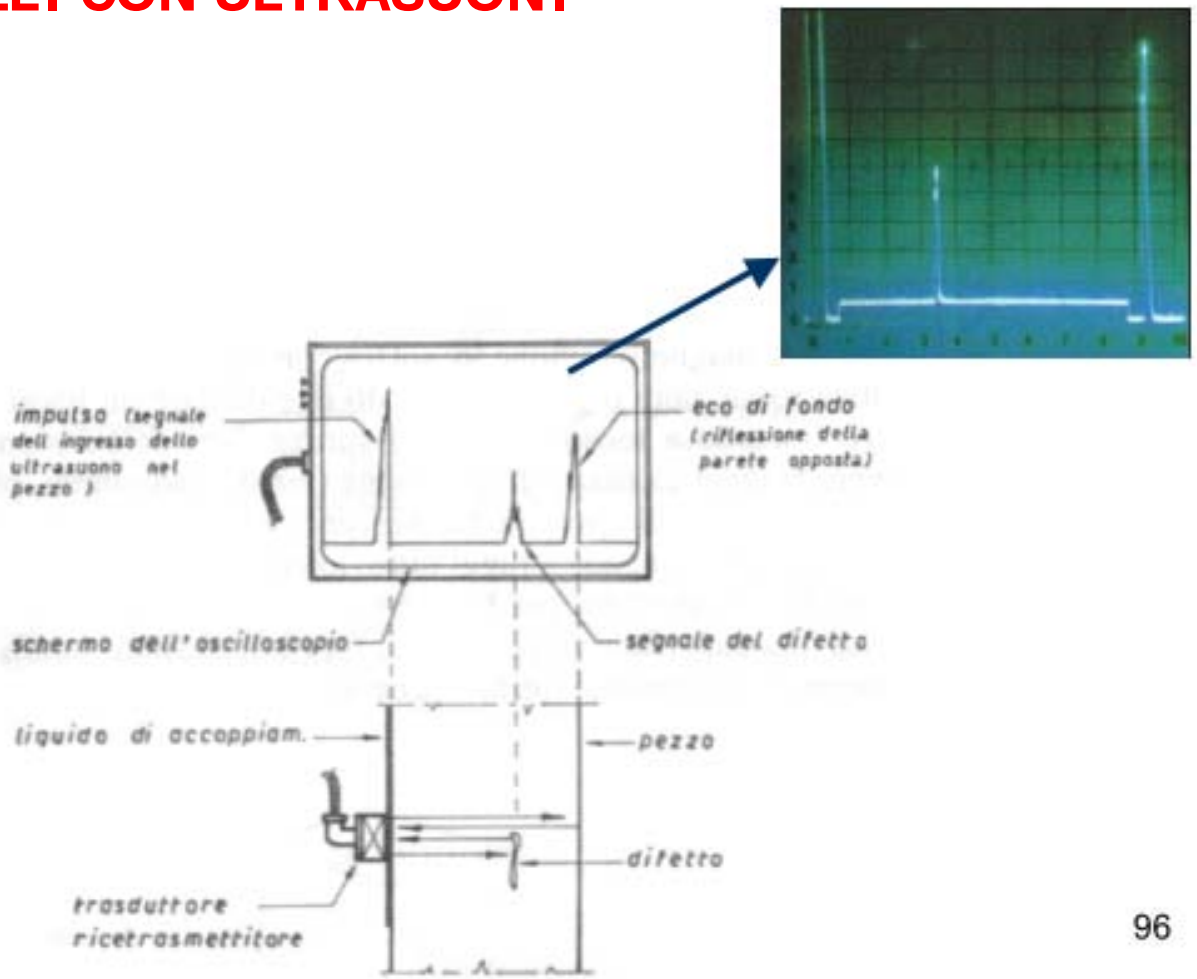
CONTROLLI CON ULTRASUONI

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.

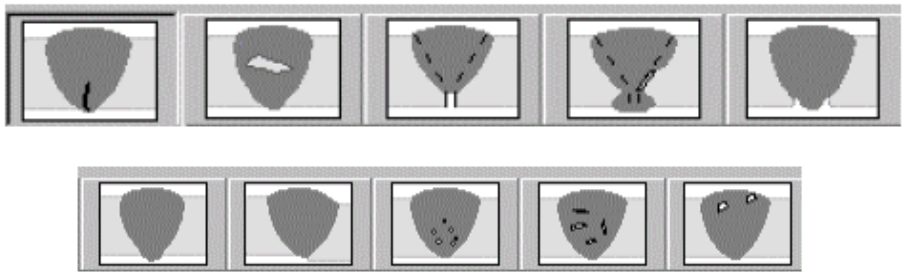
© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI CON ULTRASUONI

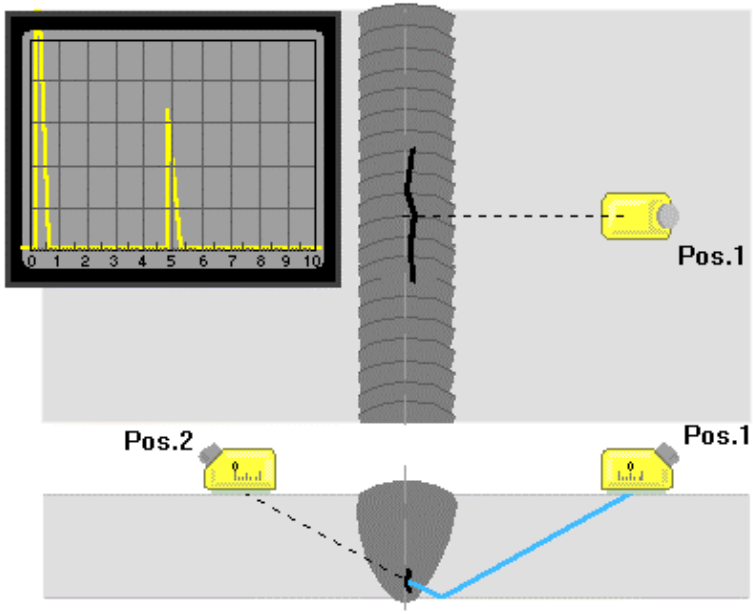


© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI CON ULTRASUONI



Controllo sulle saldature



CONTROLLI CON ULTRASUONI

Controllo su un rotore

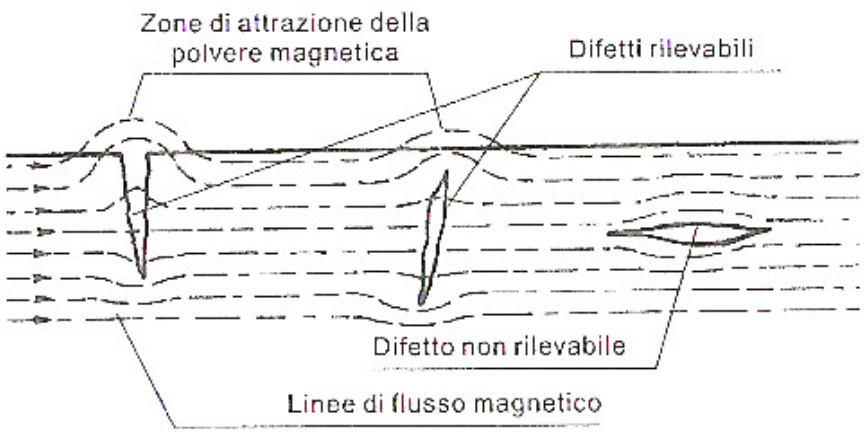
© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI MAGNETOSCOPICI

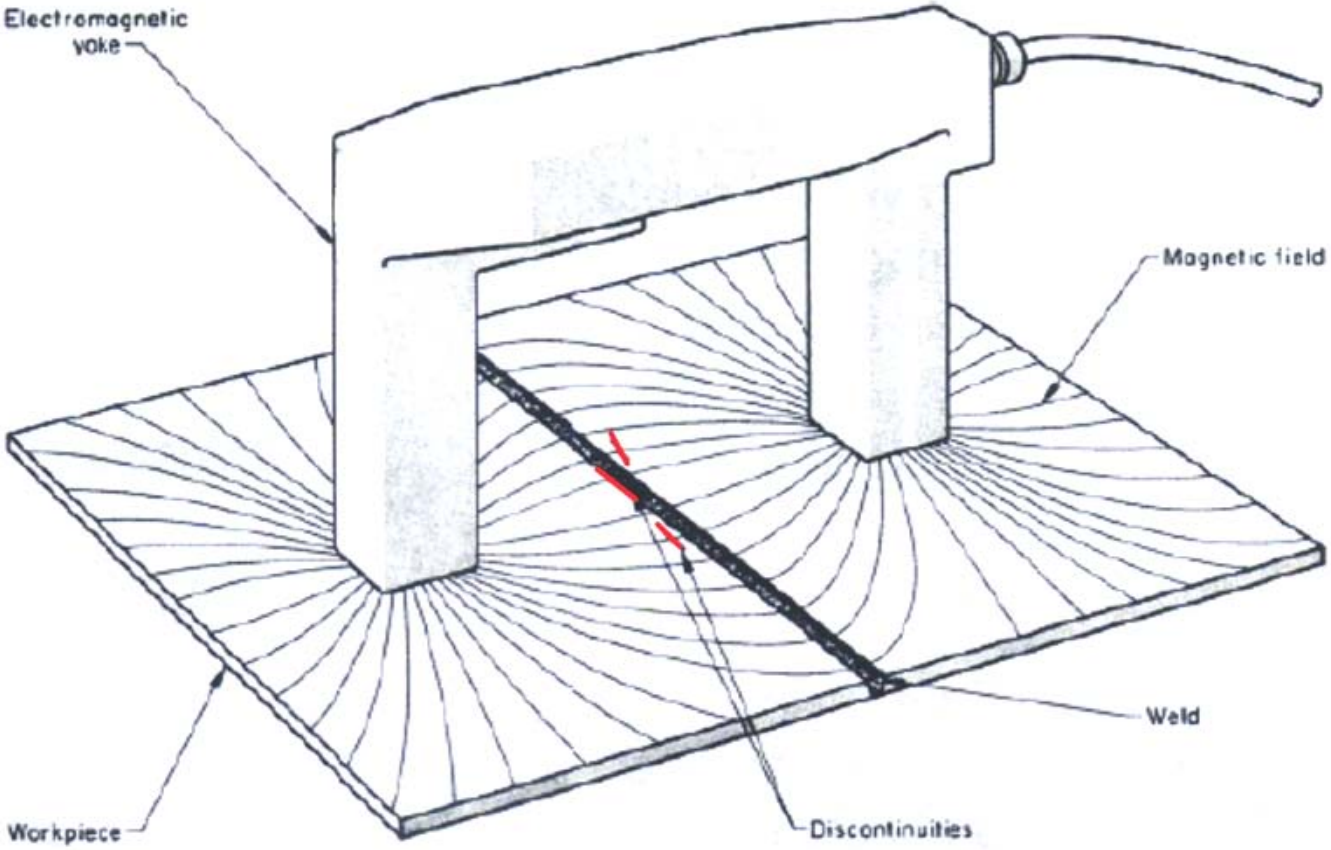
Gli ***esami magnetoscopici*** sfruttano il ferromagnetismo di alcuni materiali per evidenziare le anomalie delle linee di flusso del campo magnetico nei pressi di un difetto superficiale.

Tali controlli consistono nell'indurre nel pezzo un campo magnetico.

Se esistono delle discontinuità (cricche superficiali o sub-superficiali, inclusioni o cavità) le linee di flusso si andranno ad addensare o a disperdere, deviando localmente e creando un'anomalia del campo magnetico ai bordi del difetto.



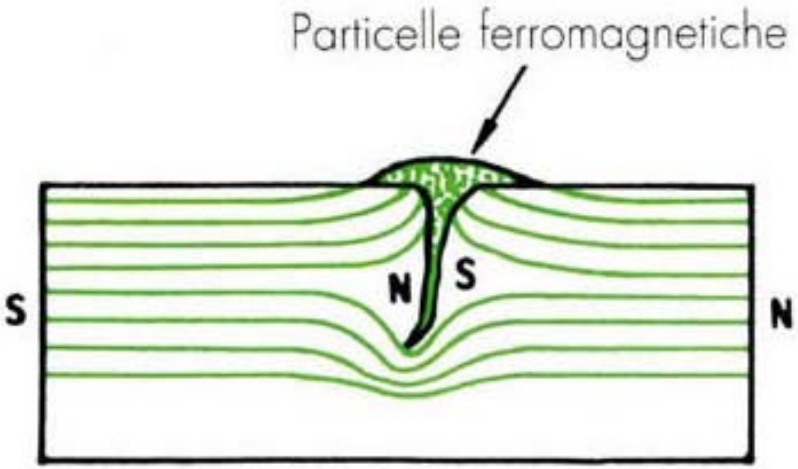
CONTROLLI MAGNETOSCOPICI

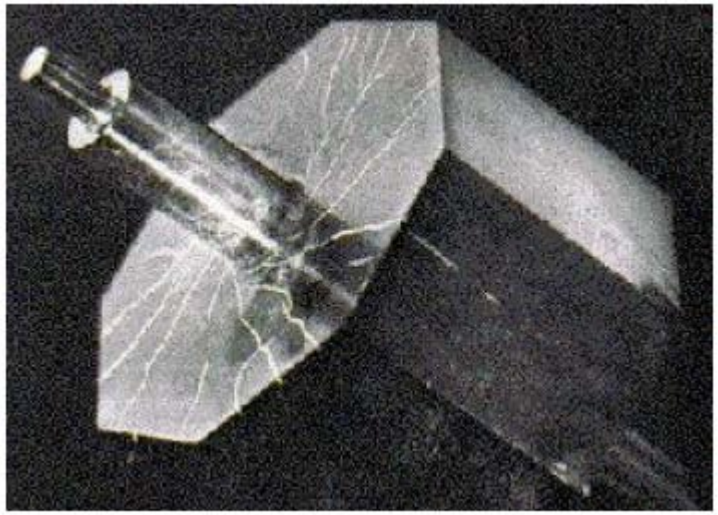


© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

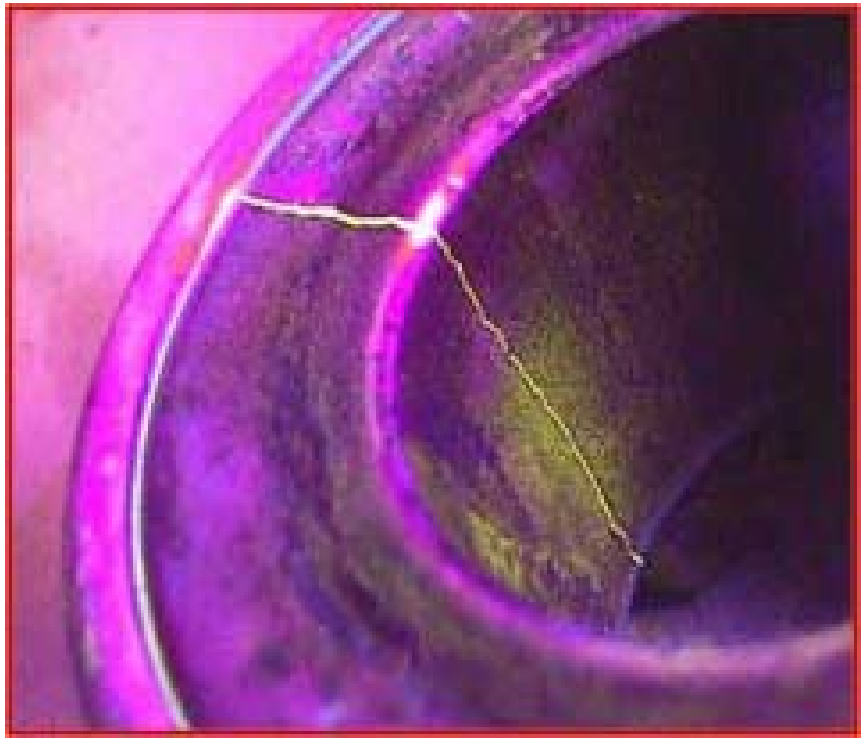
CONTROLLI MAGNETOSCOPICI

Dopo aver cosparso il pezzo in esame con un rivelatore magnetico (polveri secche o sospensione liquida), questo andrà a concentrarsi ed accumularsi in maniera significativa li dove c'è la distorsione nelle linee di campo, facendo visualizzare al tecnico la presenza di difetti altrimenti non rilevabili ad occhio nudo.





CONTROLLI MAGNETOSCOPICI



© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI MAGNETOSCOPICI

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI CON LIQUIDI PENETRANTI

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.

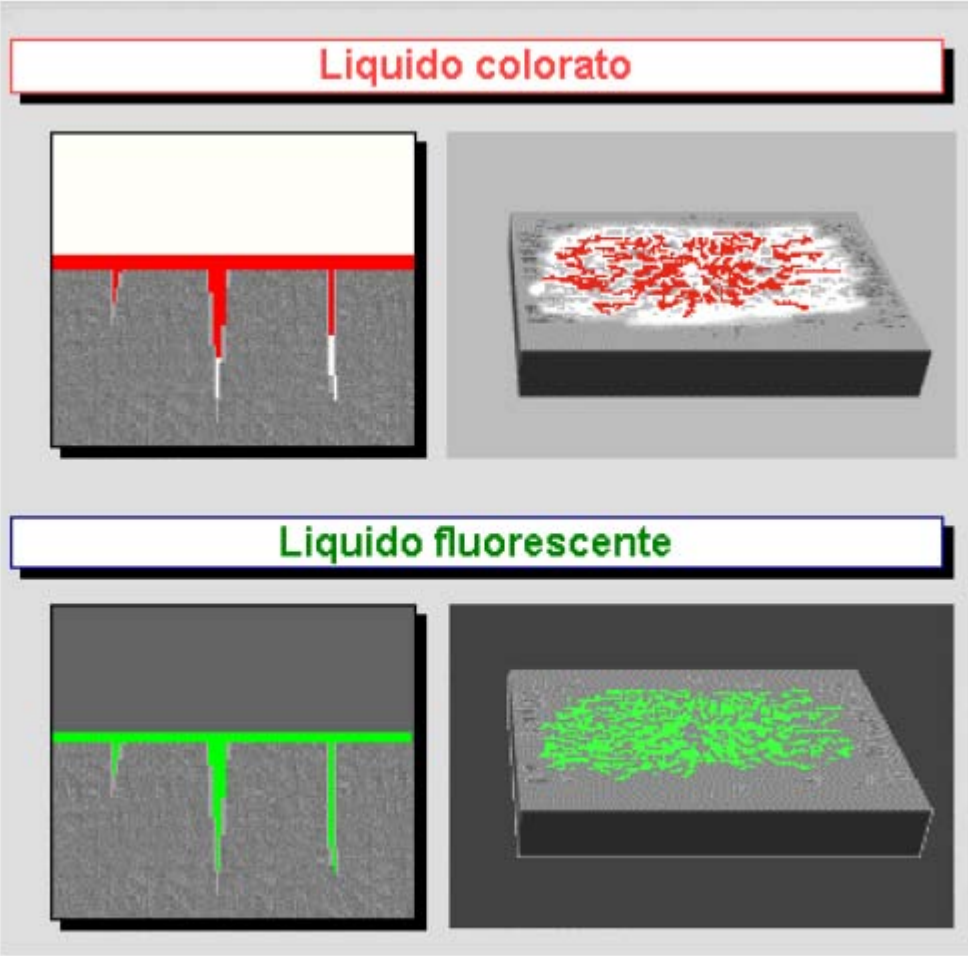
La penetrazione del liquido all'interno di una discontinuità avviene per capillarità e non per gravità; tale prerogativa, che risulta la base di tutta la metodologia di controllo, rende facilmente ispezionabili superfici di difficile accesso indipendentemente dalla loro posizione.

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI CON LIQUIDI PENETRANTI

Il liquido viene spruzzato abbondantemente sul pezzo o si immerge il pezzo nel liquido.

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.



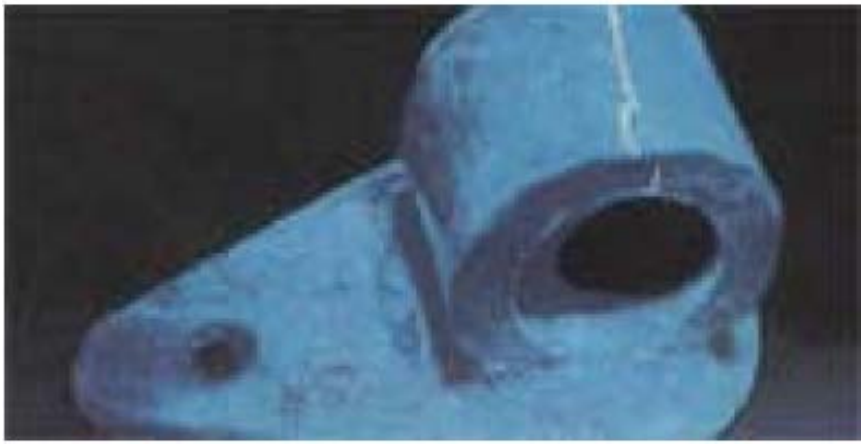
CONTROLLI CON LIQUIDI PENETRANTI

L'esame è generalmente effettuato seguendo le fasi seguenti:

1. Preparazione e pulizia preliminare
2. Applicazione del liquido penetrante
3. Rimozione dell'eccesso di liquido penetrante
4. Applicazione del rivelatore (cioè una polvere bianca, simile a talco o farina fossile, che riporta alla superficie, assorbendolo, il penetrante e creando delle indicazioni che hanno la forma superficiale dei difetti, ma sono molto più larghe e visibili)
5. Ispezione
6. Registrazione
7. Pulizia finale

© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONTROLLI CON LIQUIDI PENETRANTI

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