UNIVERSITÀ DEGLI STUDI eCAMPUS

Corsi Pas

La frattura dei metalli

La frattura dei metalli

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

LA FRATTURA DEI METALLI

Uno degli aspetti importanti e pratici della selezione dei materiali nella progettazione, sviluppo e produzione di nuovi componenti è la possibilità di ***fallimento del componente in esercizio***. Il fallimento può essere definito come l'***incapacità*** di un materiale o di un componente di:

1. eseguire una determinata funzione
2. incontrare i criteri di prestazione sebbene possa essere ancora funzionante
3. lavorare in sicurezza e affidabilità anche dopo deterioramento.

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

LA FRATTURA DEI METALLI

Lo snervamento, l'usura, la deformazione di compressione (instabilità elastica), la corrosione e la frattura sono esempi di situazioni in cui un componente può fallire.

Gli ingegneri sono profondamente a conoscenza della possibilità di frattura in componenti sotto carico ed il suo effetto potenzialmente dannoso sulla produttività, la sicurezza ed altre questioni economiche. Come risultato, tutti gli ingegneri progettisti, della produzione e dei materiali utilizzano ***fattori di sicurezza*** nelle loro analisi iniziali per ridurre la possibilità di frattura dovuta essenzialmente a sottoprogettazione del componente o dell'impianto.

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

LA FRATTURA DEI METALLI

In molti campi, come quello della progettazione e della produzione dei condotti in pressione, esistono codici e standard che sono messi a punto da vari enti che devono essere seguiti da tutti i progettisti e produttori.

Senza riguardo dell'estrema cura nella progettazione, nella produzione e nella selezione dei materiali per macchine e componenti, i fallimenti sono inevitabili, risultando in una perdita di proprietà e, sfortunatamente, qualche volta della vita.

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

LA FRATTURA DEI METALLI

Ogni ingegnere dovrebbe essere:

(1) completamente familiare con il concetto di frattura e fallimento dei materiali

(2) in grado di estrapolare informazioni da un componente fallimento e dalle cause di collasso.

In molti casi, i ricercatori e gli ingegneri analizzano attentamente i componenti falliti per determinare le cause del collasso. Le informazioni ricavate sono utilizzate per aumentare le prestazioni di sicurezza e minimizzare la possibilità di collasso mediante miglioramenti nella progettazione, nei processi di produzione e di sintesi e selezione dei materiali.

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

LA FRATTURA DEI METALLI

Da un punto di vista puramente di prestazioni meccaniche, gli ingegneri sono interessati al fallimento per frattura di componenti progettati, realizzati in metallo, materiali ceramici, compositi, materiali polimerici o anche materiali per l'elettronica.

La ***frattura*** è la separazione in due o più parti di un solido sollecitato. In generale la rottura dei metalli può essere classificata in ***duttile*** o ***fragile***, ma può essere che ***mista***, cioè un insieme delle due.

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

LA FRATTURA DEI METALLI

La ***frattura duttile*** di un metallo avviene dopo una estesa deformazione plastica ed è caratterizzata da basse velocità di propagazione della rottura.

La ***frattura fragile***, invece, avanza di solito lungo piani cristallo grafici caratteristici chiamati ***piani di clivaggio*** e si propaga rapidamente.

© 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

La frattura dei metalli

Frattura duttile

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

LA FRATTURA DUTTILE

La ***frattura duttile*** di un metallo avviene dopo una profonda deformazione plastica.

Per semplicità, consideriamo la rottura duttile di un provino di trazione cilindrico.

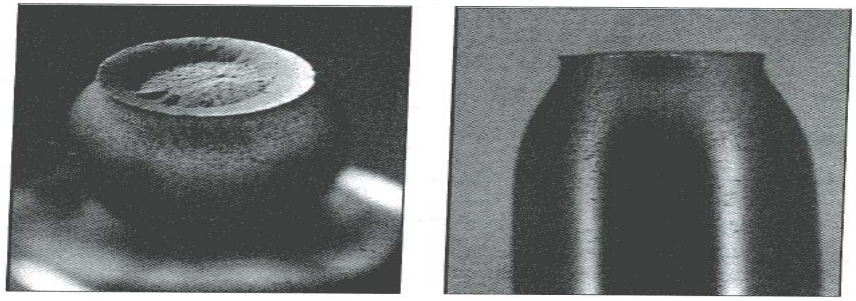
Se viene applicata una sollecitazione che supera il suo carico di rottura e viene mantenuta abbastanza a lungo, il provino si romperà.

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

LA FRATTURA DUTTILE

La figura mostra il provino in lega di alluminio che ha subito la rottura duttile.

La deformazione plastica che accompagna la frattura duttile può essere distinguibile prima della frattura, con una sezione finale decisamente ridotta rispetto a quella iniziale e con la tipica forma coppa-cono del provino rotto.



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

LA FRATTURA DUTTILE

Si possono individuare tre stadi distinti nella rottura duttile:

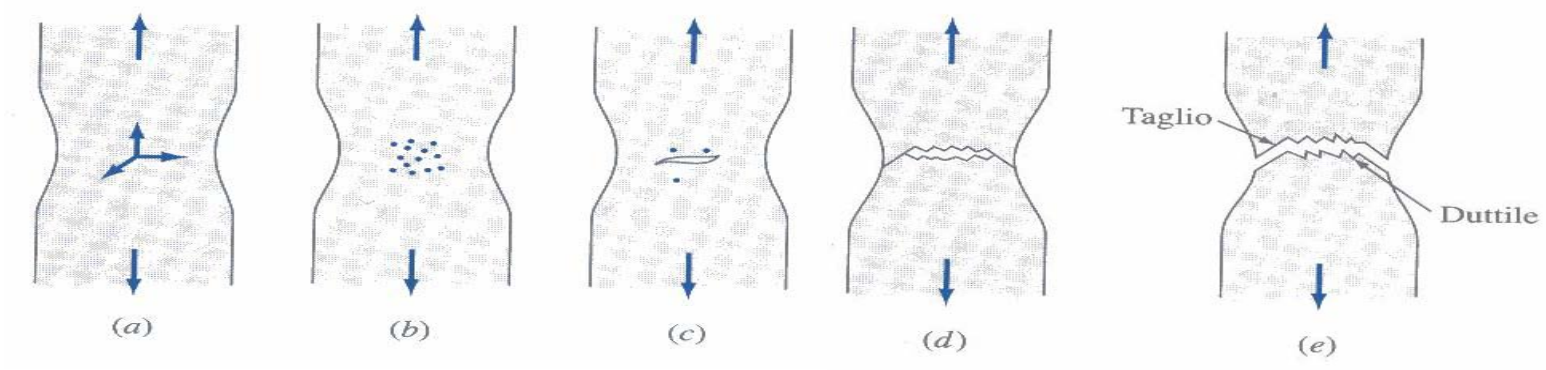
(1) sul provino inizia la strizione e si nucleano dei microvuoti all'interno della zona strizionata (figure a e b)

(2) i microvuoti coalescono formando una cricca nel centro del provino che propaga verso la superficie in direzione perpendicolare allo sforzo applicato (figura c);

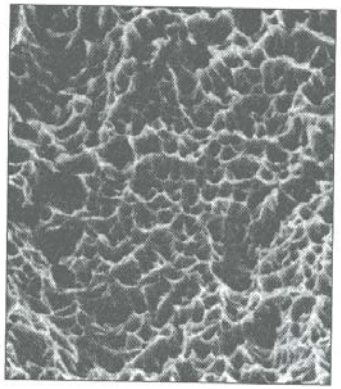
(3) quando la cricca si avvicina alla superficie, la sua direzione si inclina di 45° rispetto all'asse di trazione e si verifica una rottura di tipo coppa-cono (figure d ed e).

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

LA FRATTURA DUTTILE



LA FRATTURA DUTTILE



La figura di destra mostra la micrografia di una rottura duttile di un campione di acciaio per molle.

A sinistra sono mostrate le cricche interne nella regione di strizione di un provino deformato di rame ad alto grado di purezza.

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

LA FRATTURA DUTTILE

Nella pratica, le fratture duttili sono meno frequenti delle fratture fragili e le principali cause del loro accadere è il sovraccarico del componente. Il sovraccarico potrebbe avvenire come risultato di:

(1) progettazione non corretta, includendo la selezione dei materiali (sottoprogettazione)

(2) fabbricazione non adeguata

(3) abuso (il componente viene utilizzato a livelli di carico superiori a quello permesso dal progettista).

© 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

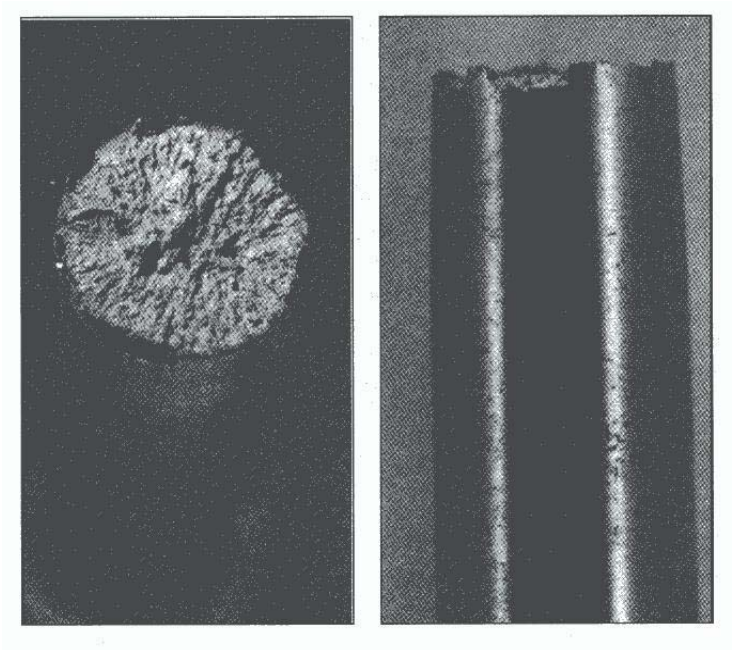
La frattura dei metalli

Frattura fragile

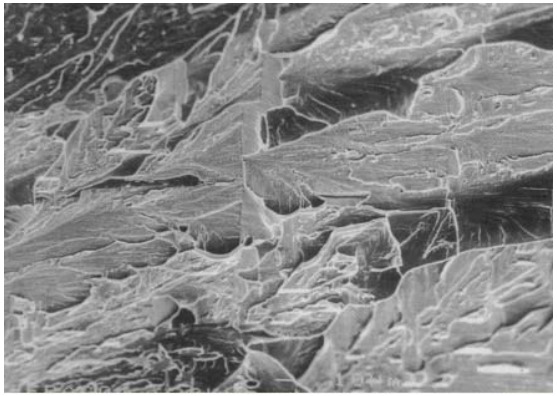
© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

LA FRATTURA FRAGILE

Molti materiali metallici si rompono in modo ***fragile***, con deformazione plastica molto limitata. La figura mostra un provino di trazione che è collassato per frattura fragile.

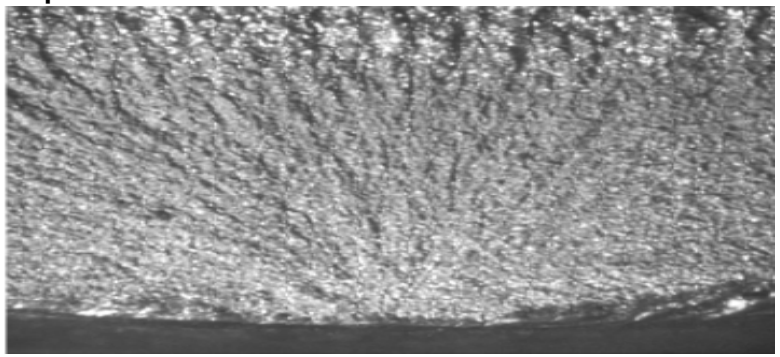


LA FRATTURA FRAGILE TRANSGRANULARE (CLIVAGGIO)



Di solito la rottura fragile avanza lungo caratteristici piani cristallografici detti ***piani di clivaggio*** sotto l'azione di una sollecitazione normale al piano di clivaggio stesso (***frattura transgranulare***).

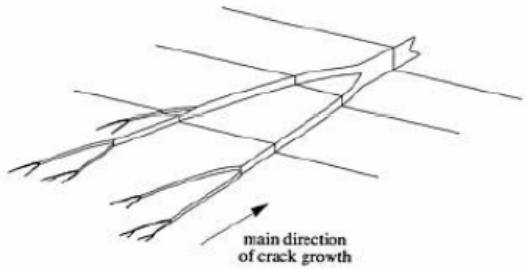
Le piccole superfici brillanti e riflettenti che si vedono in una frattura fragile sono proprio le superfici di clivaggio dei vari grani.

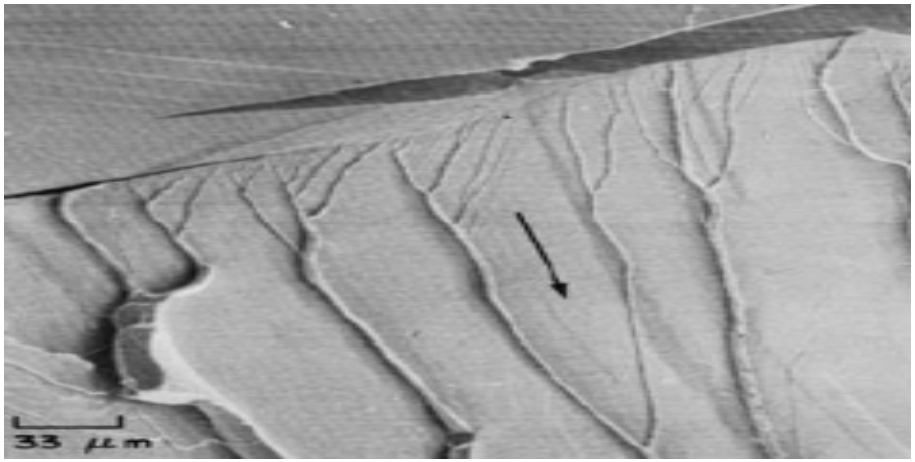


LA FRATTURA FRAGILE TRANSGRANULARE (CLIVAGGIO)

Ai bordi dei grani, dove il fronte della cricca passa da un grano all'altro, si formano delle linee di lacerazione di tipo fluviale perpendicolari al fronte della cricca.

Queste lacerazioni si fondono formando la superficie di frattura.





LA FRATTURA FRAGILE INTERGRANULARE

La maggior parte delle rotture fragili nei metalli policristallini sono transgranulari, cioè le cricche si propagano lungo i piani di clivaggio.

Comunque la ***rottura fragile*** può avvenire anche in modo ***intergranulare*** se i bordi di grano sono soggetti a particolari fenomeni di corrosione; oppure se la regione del bordo di grano è stata infragilita dalla segregazione di elementi dannosi.

LA FRATTURA FRAGILE

Si ritiene che la rottura fragile nei metalli avvenga in tre fasi:

1. la deformazione plastica concentra le dislocazioni in corrispondenza di ostacoli sui piani di scorrimento;
2. nelle zone in cui le dislocazioni sono bloccate, si instaurano sforzi di taglio che nucleano delle microcricche;
3. le microcricche si propagano per azione di ulteriori sollecitazioni a cui si può aggiungere il contributo dell' energia di deformazione elastica immagazzinata, che si libera durante la propagazione delle microcricche.

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

LA FRATTURA FRAGILE

In molti casi le fratture fragili avvengono a causa dell'esistenza di difetti nel metallo. Questi difetti sono formati durante lo stadio di fabbricazione o sviluppati durante il servizio.

Difetti non desiderati, come ripiegature, ampie inclusioni, non desiderati flussi di grano, bassa microstruttura, porosità, rotture e cricche possono formarsi durante le operazioni di lavorazione quali forgiatura, laminazione, estrusione e fusione, cricche da fatica e danneggiamenti da corrosione, spesso portano ad una finale frattura fragile.

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

LA FRATTURA FRAGILE

Quando avviene una frattura fragile, questa inizia, in maniera consistente, dall'invito di rottura (*stress raiser*) senza riguardo alla causa per la formazione del difetto.

Alcuni difetti, basse temperature di esercizio o alte velocità di carico possono anche causare la frattura fragile di alcuni materiali moderatamente duttili. La transizione da comportamento duttile a comportamento fragile è detta ***transizione duttile-fragile*** (***DBT***, *ductile to brittle transition*). Quindi, di solito, i materiali duttili possono, in alcune circostanze, fratturarsi in maniera fragile.

© 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

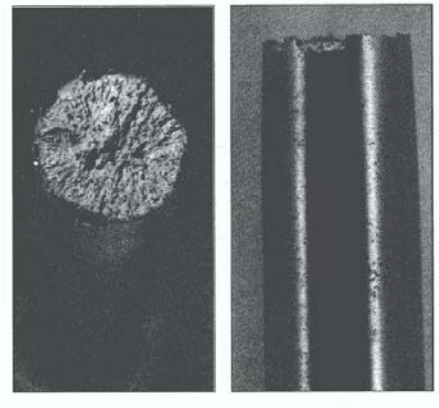
La frattura dei metalli

Attività di laboratorio

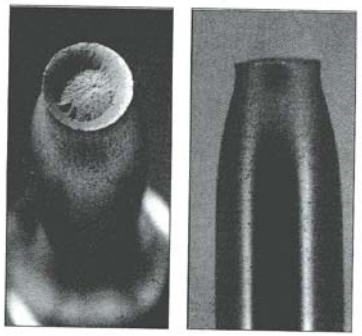
© 2014 Università degli Studi eCampus - Via Isimbardi 10 - 22060 Novedrate (Co) - C.F. 08549051004 - Tel: 031.79421 - Fax: 031.7942501 - Mail: info@uniecampus.it

CONFRONTO TRA LA FRATTURA FRAGILE E DUTTILE

Il confronto tra il provino di trazione collassato per frattura fragile e quello collassato per frattura duttile rivela le differenza drastiche nel livello di deformazione prima della frattura tra frattura duttile e frattura fragile.



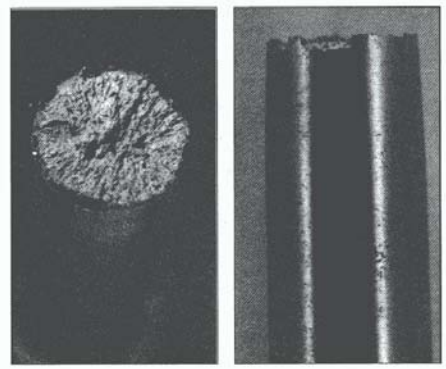
FRATTURA FRAGILE



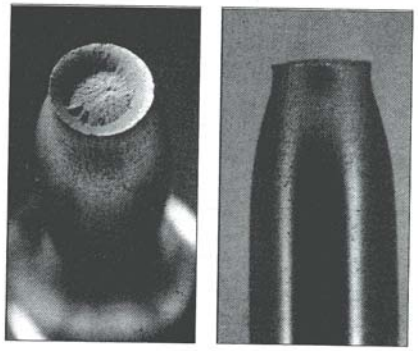
FRATTURA DUTTILE

CONFRONTO TRA LA FRATTURA FRAGILE E DUTTILE

Come già osservato nelle slide precedenti, per la loro rapidità, le fratture fragili portano generalmente al collasso improvviso, inaspettato e catastrofico, mentre la deformazione plastica che accompagna la frattura duttile, può essere distinguibile prima della frattura.



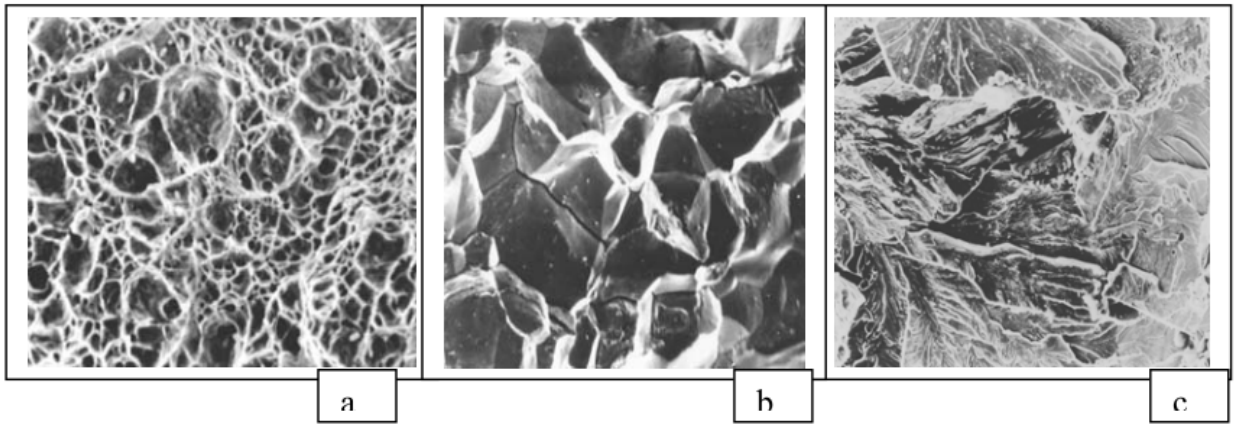
FRATTURA FRAGILE



FRATTURA DUTTILE

ASPETTI MORFOLOGICI DELLE SUPERFICI DOPO FRATTURA

A livello microstrutturale le superfici di frattura mostrano differenze notevoli a seconda che la rottura sia stata duttile o fragile. La figura mostra delle micrografie di fratture riprese mediante un microscopio elettronico a scansione nel caso di: a) frattura duttile, b) fragile intergranulare e c) fragile per clivaggio.



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