

Effetti delle lavorazioni a freddo

Sappiamo che per continuare a deformare un metallo dobbiamo aumentare la tensione applicata, perchè il metallo incrudisce.

I metalli si deformano per scorrimento di piani cristallini e, a livello atomico, tramite propagazione e moltiplicazione di dislocazioni. Lo scorrimento si verifica nei piani cristallini e nelle direzioni a maggiore densità atomica; ce n'è un certo numero in ogni tipo di struttura cristallina. Al crescere della deformazione, le dislocazioni si muovono anche in direzioni meno favorevoli.

Quando aumentano le dislocazioni che scorrono in una direzione, bisogna aumentare la tensione applicata per continuare a deformare; una tensione ancora più alta è necessaria per continuare a deformare quando sistemi di dislocazioni si muovono in direzioni che si intersecano.

Le distorsioni del reticolo provocate dagli atomi interstiziali rappresentano un ulteriore ostacolo al movimento delle dislocazioni, perciò aumentano l'incrudimento.

Possiamo dedurre che l'equazione costitutiva che approssima le curve tensione/deformazione delle soluzioni solide ha n elevato. Questo vuol dire che le soluzioni solide si deformano molto prima della strizione, sono materiali duttili.

Durante le lavorazioni a freddo i metalli incrudiscono, perciò per continuare a deformare bisogna aumentare la tensione applicata.

Se effettuiamo prove di trazione su campioni dello stesso materiale con diversi gradi di incrudimento, vediamo che al crescere dell'incrudimento aumenta Y .

Anche TS aumenta, ma meno rapidamente, e il rapporto TS/Y_S si avvicina a 1.

Tuttavia, la duttilità del materiale, espressa dall'allungamento totale e dalla riduzione di area, diminuisce. Di conseguenza, il coefficiente di resistenza K aumenta e la sensibilità all'incrudimento n cala. Anche la microstruttura cambia: i grani si allungano nella direzione della deformazione maggiore. Il materiale può anche diventare anisotropo.

Il grafico riassume le 6 curve tensione deformazione viste nella figura precedente. In ordinata abbiamo la resistenza meccanica, espressa mediante la tensione di snervamento Y_S e la tensione massima a rottura UTS , e la duttilità, data dall'allungamento a rottura (elongation). Per ognuna delle 3 grandezze abbiamo la curva in funzione dell'incrudimento, in ascissa.

Il cerchio inferiore ci dice come si presentano i grani cristallini dopo la deformazione a trazione, allungati. Il materiale perciò sarebbe anisotropo

L'incrudimento è importante per diverse ragioni. Molti materiali lavorati a freddo mantengono una duttilità accettabile, perciò tali lavorazioni rappresentano un metodo economico per rendere i materiali più resistenti.

Il rovescio della medaglia è la pressione più alta sulle attrezzature e la possibilità di rottura durante le lavorazioni in più fasi, a causa della ridotta duttilità.

Questo può diventare un grosso problema quando si devono provocare pesanti riduzioni o quando la fabbricazione di prodotti comporta una serie di fasi di lavorazione a freddo.

È quindi necessario rimuovere gli effetti della lavorazione a freddo mediante ricottura.

La ricottura è un trattamento termico che comporta il riscaldamento (e il mantenimento) a una temperatura elevata. Sopra $0,5 T_m$ diminuisce la resistenza di molti materiali. Una delle ragioni è che le escursioni termiche più grandi consentono agli atomi di spostarsi verso siti vuoti e quindi di cambiare posto con relativa facilità.

La diffusione dipende molto da tempo e temperature.

Anche prima che questa temperatura sia raggiunta, l'aumentata mobilità atomica consente il riarrangiamento delle dislocazioni in strutture regolari (tipicamente, a temperature di $0,3-0,5 T_m$).

Dato un tempo sufficiente, tale trattamento ripristina in parte il comportamento originale senza modificare la struttura visibile del grano.