

Lavorazioni a caldo

In prima approssimazione, il comportamento a caldo dei metalli può essere considerato come se fosse governato esclusivamente dalla velocità di deformazione. Quindi è possibile estrarre i valori di tensione di flusso per una data deformazione dalle curve true stress true strain e valutarli in funzione della velocità di deformazione su una scala doppio logaritmica.

Nella maggior parte dei casi, la linea così definita sarà diritta, indicando che la tensione di flusso a caldo è una funzione esponenziale della velocità di deformazione $\dot{\epsilon}$ (slide), dove C è un coefficiente di resistenza, e m è l'esponente di sensibilità alla velocità di deformazione.

Il valore di C si trova ad una velocità di deformazione unitaria, e m è la pendenza della linea, ancora misurata su una scala lineare. In alternativa, una funzione esponenziale viene adattata ai punti dati.

Differenti valori di C e m saranno trovati per valori diversi della deformazione. C e m cambiano anche con la temperatura.

All'aumentare della temperatura di solito aumenta la sensibilità alla velocità di deformazione e quindi m , ma diminuisce sempre la tensione di flusso e quindi C .

Nei calcoli devono essere utilizzati valori C e m determinati sperimentalmente o da curve di tensione di flusso.

Vale la pena notare, tuttavia, che la durata e la temperatura sono equivalenti nei loro effetti sull'addolcimento. Pertanto, a volte è possibile esprimere tutti i valori di tensione di flusso a caldo con una singola curva che è una funzione di una temperatura modificata in funzione della velocità (o della velocità di deformazione).

Nel discutere la tensione di flusso a freddo abbiamo fatto la tacita supposizione che gli effetti della velocità di deformazione possano essere ignorati (cioè, $m = 0$). Questo non è completamente vero; una descrizione più completa della risposta dei metalli includerebbe sia la deformazione che la velocità di deformazione.

La sensibilità alla velocità di deformazione aumenta all'aumentare della temperatura omologa e aumenta piuttosto improvvisamente quando viene raggiunta la temperatura di lavorazione a caldo.

Tipici valori della sensibilità alla velocità di deformazione m sono forniti nella parte bassa della slide

Deformare sotto $0,8 T_m$ è spesso indicata come lavorazione a tiepido ed è caratterizzata da un minore incrudimento, una maggiore sensibilità alla velocità di deformazione e una tensione di flusso inferiore rispetto alle lavorazioni a freddo. Nelle lavorazioni a tiepido si riesce ad impedire la formazione di scaglie superficiali di ossido.

Un valore m elevato significa che sono necessarie forze nettamente superiori per deformare il materiale a velocità di deformazione più elevate.

Questo si traduce in un maggiore allungamento totale perché quando, in una prova di trazione, inizia la strizione, questa strizione incipiente è la più piccola sezione trasversale del provino. In un materiale insensibile alla deformazione sarebbe anche la parte più debole e si assottiglierebbe e si frantumerebbe.

Se m è positivo, poiché la deformazione è concentrata nella strizione, la lunghezza di deformazione istantanea diminuisce improvvisamente.

La velocità di deformazione nella zona strizionata diventa molto più alta di prima, mentre scende a zero al di fuori della zona. Di conseguenza la tensione di flusso del materiale nella strizione aumenta e la zona strizionata resiste a ulteriori deformazioni. Invece, il materiale adiacente si deforma e altre sezioni si strizionano fino a deformare l'intera lunghezza del provino.

Quindi scopriamo che l'allungamento totale, in un metallo sottoposto a trazione, aumenta con un n maggiore (sensibilità all'incrudimento) che regola la deformazione prima della strizione e un m più alto (sensibilità alla velocità di deformazione) che governa la deformazione dopo strizione.

Ciò sarà particolarmente importante nelle operazioni che provocano allungamento.

Superplasticità

In alcuni materiali a grana estremamente fine la deformazione ad alta temperatura ha luogo attraverso un ampio scorrimento del bordo del grano e una corrispondente diffusione, essenzialmente, di grani interi che scivolano l'uno sull'altro, o dalla diffusione di massa che rimodella interi grani.

Le forze deformanti possono essere molto basse e, fintanto che le velocità di deformazione sono mantenute entro i limiti che consentono a questi meccanismi di deformazione di prevalere, viene mantenuto il comportamento superplastico e si ottengono facilmente valori di allungamento molto grandi, fino a diverse unità e persino oltre dieci. Quindi, le tecniche sviluppate per la produzione di oggetti in plastica possono essere applicate a questi metalli.

Dopo il raffreddamento dalla temperatura superplastica, molte leghe sviluppano una notevole resistenza.

Tuttavia, gli stessi meccanismi che consentono la deformazione superplastica provocano anche la scarsa resistenza al creep dei materiali a grana fine. Le parti deformate in modo superplastico possono essere rese idonee per il servizio ad alta temperatura mediante una ricottura ad alta temperatura.

I grani grossolani così formati hanno un'area relativamente piccola del grano rispetto al loro volume e offrono una maggiore resistenza allo scorrimento a basse velocità di deformazione.

Questa sequenza di processi è alla base di un processo brevettato per la produzione di dischi di turbine in superleghe.