

7.2 CAUSE DELLA PLASTICITÀ

La plasticità è dovuta alla deformazione permanente del reticolo cristallino; per spiegarla si deve perciò abbandonare la descrizione continua del materiale.

I metalli sono formati da un reticolo di ioni circondati da un gas di elettroni di conduzione. Gli ioni sono di solito sistemati in un reticolo a massimo impaccamento, ossia cubico a facce centrate o esagonale compatto; talvolta è presente il reticolo cubico a corpo centrato.

Nella deformazione permanente si può supporre che i piani atomici slittino l'uno rispetto all'altro. Questo comunque è possibile solo per i piani a massima densità di atomi.

Una deformazione permanente è anche irreversibile, quindi si ha aumento dell'entropia del metallo o dell'ambiente o di entrambi.

La forza necessaria per spostare un piano di atomi rispetto a quello adiacente è notevole. E' chiaro infatti che si ha bisogno di deformazioni tangenziali dell'ordine di 1, per cui la forza tangenziale deve essere dell'ordine di G .

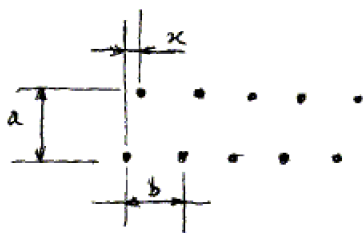


Figura 28: Determinazione teorica della tensione di plasticizzazione in un cristallo perfetto.

Più precisamente si consideri la situazione di fig. 28, nella quale vi sono due file di atomi contrapposti. Se la fila superiore viene spostata verso destra di una quantità x , nasce una tensione tangenziale τ esprimibile secondo una legge periodica di periodo b , che in prima approssimazione si può considerare sinusoidale

$$\tau = \tau_m \sin(2\pi x/b).$$

Questa, per piccoli valori di x diventa

$$\tau = \tau_m (2\pi x/b).$$

Poiché vale anche la legge di Hooke

$$\tau = G\gamma = Gx/a$$

risulta

$$\tau_m = \frac{G b}{2\pi a},$$

che, per $a = b$ diventa

$$\tau_m = \frac{G}{2\pi}$$

Il valore così ottenuto è circa cento volte maggiore di quello effettivo, per cui occorre trovare una diversa spiegazione, che è data dalla presenza di difetti nel reticolo cristallino.

I difetti reticolari possono essere puntiformi (vacanze, atomi interstiziali e atomi sostituzionali), lineari (dislocazioni), superficiali (bordi dei grani) o tridimensionali (inclusioni).

Le vacanze sono siti del reticolo non occupati da un atomo; gli atomi interstiziali sono atomi presenti in posizioni che dovrebbero essere vuote, mentre gli atomi sostituzionali sono atomi di specie estranea che prendono il posto di quelli che costituiscono il reticolo.

Nei metalli vi è sempre un certo numero di vacanze, in equilibrio termodinamico; gli interstiziali sono senz'altro meno numerosi e gli atomi sostituzionali sono importanti soprattutto nelle leghe.

Le dislocazioni sono date da una distorsione del reticolo che si può caratterizzare nel seguente modo: si descriva un cammino su un piano cristallino in modo da avanzare in una direzione di un certo numero di passi, poi si gira a destra ad angolo retto e si avvanza di altrettanti passi, poi ancora a destra eccetera, per quattro volte; se il cammino è molto piccolo (pochi passi reticolari per lato) e si chiude su se stesso, vuol dire che nell'areola percorsa non vi sono dislocazioni; altrimenti la quantità necessaria a chiudere il circuito dà il *vettore di Burgers* della dislocazione concatenata col circuito.

La dislocazione all'interno del cristallo è sempre una linea chiusa e il vettore di Burgers è costante su di essa; essa può terminare solo sulla faccia del cristallo o su una superficie di separazione tra cristalli contigui.

Se il vettore di Burgers è parallelo alla dislocazione si ha la *dislocazione a vite*; se è perpendicolare si ha la *dislocazione a spigolo*; in quest'ultimo caso il piano formato dalla dislocazione e dal vettore di Burgers è detto *piano di scorrimento* in quanto su di esso il moto della dislocazione è favorito.

La plasticità è in gran parte causata dal moto delle dislocazioni a spigolo sul proprio piano di scorrimento.

In un cristallo le dislocazioni provocano una tensione perché i legami cristallini sono distorti; lo stato tensionale attorno ad una dislocazione è identico a quello intorno ad una distorsione di Volterra.

In particolare, attorno alle dislocazioni a spigolo, vi è un semispazio teso e un semispazio compresso; in quest'ultimo tendono ad addensarsi le vacanze, mentre nel primo tendono ad addensarsi gli eventuali interstiziali; gli atomi sostituzionali possono andare in questo o quel semispazio a seconda che il loro diametro sia maggiore o minore di quello degli atomi costituenti il reticolo; in questo modo le dislocazioni a spigolo sono circondate da una nube di difetti puntuali che non possono abbandonare a meno che non venga fornita energia dall'esterno.

Se le forze esterne sono inferiori ad un certo valore le dislocazioni non si muovono e quindi si ha comportamento elastico, al di sopra di un certo valore le dislocazioni diventano libere di muoversi, e ciò spiega il fenomeno dello snervamento.

Al crescere della deformazione il numero di dislocazioni aumenta per l'azione delle sorgenti di dislocazioni, la più celebre delle quali è quella di Frank-Read (fig. 29).

Le dislocazioni generate da una sorgente di Frank-Read si muovono lungo lo stesso piano di scorrimento e terminano la loro corsa lungo un ostacolo che tipicamente è il bordo del grano, L'affollarsi delle dislocazioni molto vicine tra loro genera una forza di repulsione che ostacola l'ulteriore moto (fenomeno dell'incrudimento).

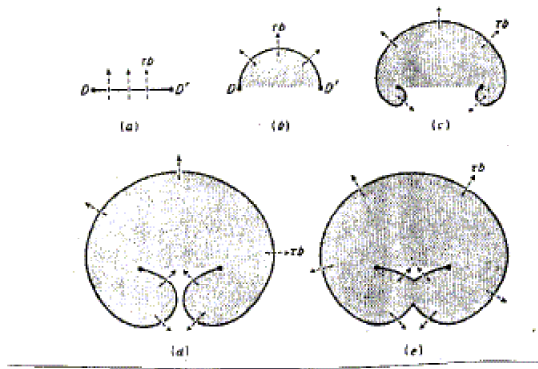


Figura 29: Sorgente di Frank-Read

La stessa repulsione, in caso di cambiamento di segno dello sforzo, provoca un moto anticipato delle dislocazioni e quindi uno snervamento ad una tensione più bassa in valore assoluto (effetto Bauschinger).