

Difetti Cristallini e Microscopia

1 Soluzioni solide e impurezze nei materiali

1.1 Leghe e soluzioni solide

- Le leghe sono miscele di due o più elementi, prevalentemente metallici, usate in applicazioni industriali per migliorare le proprietà dei materiali.
- **Esempi di leghe:**
 - **Ottone Cartridge:** lega binaria composta dal 70% di rame e 30% di zinco.
 - **Inconel:** superlega a base di nichel con circa 10 elementi di lega.
 - **Argento Sterling:** contiene il 7.5% di rame per migliorarne la resistenza senza comprometterne la resistenza alla corrosione.

1.2 Tipologie di soluzioni solide

- **Soluzione solida sostituzionale:** gli atomi di soluto sostituiscono quelli del solvente nel reticolo cristallino, mantenendo la struttura invariata.
 - La solubilità aumenta se:
 - * Il diametro atomico differisce meno del 15%.
 - * Le strutture cristalline sono simili.
 - * La differenza di elettronegatività è minima.
 - * Hanno la stessa valenza.
- **Soluzione solida interstiziale:** gli atomi di soluto si posizionano negli spazi tra gli atomi del solvente, avvenendo solo se gli atomi di soluto sono molto più piccoli (es. carbonio nel ferro gamma tra 912°C e 1394°C con un massimo di 2.8% di carbonio dissolto).

2 Difetti cristallini

2.1 Classificazione dei difetti

I difetti cristallini influenzano proprietà meccaniche, chimiche ed elettriche. Si classificano in:

- **Difetti di punto (0D):** vacanze e interstiziali.
- **Difetti di linea (1D):** dislocazioni.
- **Difetti di superficie (2D):** bordi di grano e geminati.
- **Difetti tridimensionali (3D):** cricche e porosità.

2.2 Difetti di punto

- **Vacanze:** assenza di un atomo nel reticolo, si formano durante la cristallizzazione o per effetto della mobilità atomica.
- La loro concentrazione dipende dalla temperatura secondo la formula:

$$n_v = N \cdot e^{-E_v/(K \cdot T)} \quad (1)$$

- n_v : numero di vacanze per metro cubo.
- N : numero totale di siti atomici.
- E_v : energia di formazione della vacanza (1 eV).
- K : costante di Boltzmann.
- T : temperatura assoluta.

2.3 Difetti di linea (dislocazioni)

- **Dislocazione a spigolo:** dovuta all'inserimento di un semipiano atomico extra nel reticolo.
- **Dislocazione a vite:** causata da sforzi di taglio, con una struttura simile a una scala a spirale.
- **Dislocazione mista:** combina componenti delle due precedenti.
- **Vettore di Burgers:**
 - Per dislocazione a spigolo: perpendicolare alla linea di dislocazione.
 - Per dislocazione a vite: parallelo alla linea di dislocazione.
 - Per dislocazione mista: inclinato tra le due direzioni.

3 Tecniche di microscopia

3.1 Microscopio elettronico a scansione (SEM)

- Utilizza un fascio di elettroni per analizzare la topografia superficiale.
- Genera elettroni secondari e retrodiffusi per formare l'immagine.
- Riconoscimento della composizione chimica tramite spettroscopia a raggi X (EDS).

3.2 Microscopio elettronico a trasmissione (TEM)

- Il fascio di elettroni attraversa il campione.
- Richiede campioni estremamente sottili (10-15 nm per HRTEM).
- Risoluzione fino a 0.1 nm.
- Permette di osservare difetti atomici e proiezioni 2D di un cristallo.

3.3 Microscopi a scansione di sonda (STM e AFM)

- **STM (Scanning Tunneling Microscope)**: rileva la densità elettronica tramite il tunneling quantistico tra una punta e la superficie.
- Utilizzabile solo su materiali conduttivi.
- **AFM (Atomic Force Microscope)**: utilizza una punta montata su un cantilever per rilevare forze di Van der Waals.
- Può analizzare materiali non conduttivi.
- Ampiamente usato in nanotecnologie, studio di DNA e rivestimenti polimerici.

4 Conclusione

Questo documento fornisce una panoramica sui difetti cristallini e sulle tecniche di microscopia utilizzate per analizzarli. La comprensione di questi aspetti è fondamentale per migliorare le proprietà dei materiali e sviluppare nuove tecnologie in ingegneria dei materiali.