

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
**«PROPRIETÀ, MICROSTRUTTURA E
SALDABILITÀ
DEGLI ACCIAI MICROLEGATI»**

TUTOR UNIVERSITARIO:

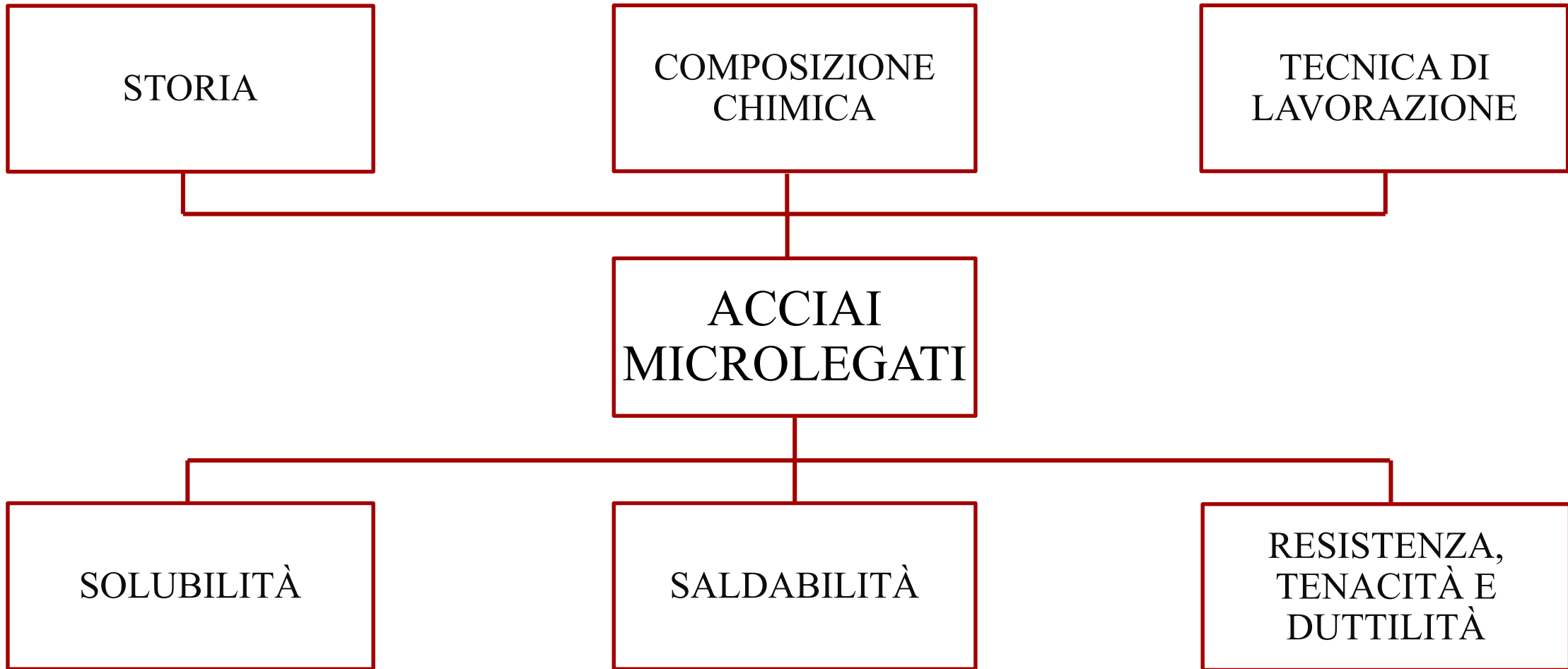
Prof. Katya Brunelli

Padova, 19/09/2024

LAUREANDO:

Eros Pallaro

Matricola n. 2007165



- Origini degli acciai microlegati e cause scatenanti il loro sviluppo;
- Composizione chimica e tecniche da adottare per ottenere le proprietà volute;
- Impiego;
- Tecniche di produzione;
- Tecniche di saldatura utilizzate per gli acciai microlegati e considerazioni sulla ZTA;
- Resistenza, duttilità, tenacità.



Il termine micro-lega fu coniato da Beiser in un articolo pubblicato nel 1959. Tuttavia, gli acciai microlegati vennero scoperti 35 anni prima, quando i risultati ottenuti da piccole aggiunte di zirconio in acciai al carbonio vennero riportati da Field e da Beckett.

La forza trainante per lo sviluppo di questi acciai furono gli USA nel 1918, durante la Prima Guerra Mondiale. Qui il War Industries Board decise di fare un intenso programma sperimentale con l'obiettivo di produrre acciai allo zirconio su larga scala.



Gli acciai microlegati contengono tipicamente:

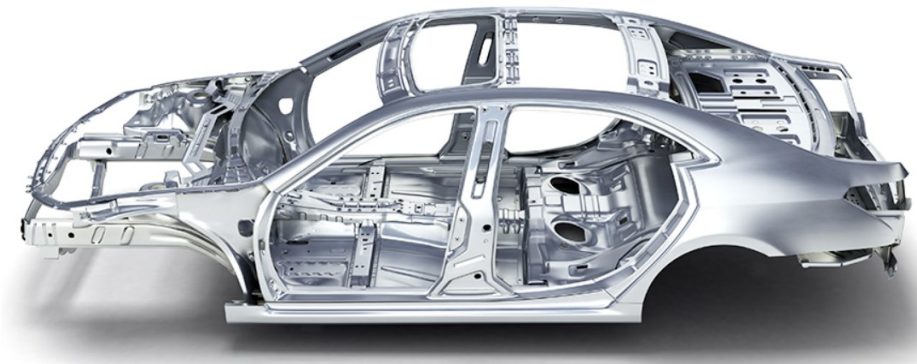
- 0,07–0,12% di carbonio;
- Un massimo di 2% di manganese;
- Piccole aggiunte di niobio, vanadio e titanio (tutte solitamente con un valore massimo dello 0,1%) in varie combinazioni.

PROPRIETÀ



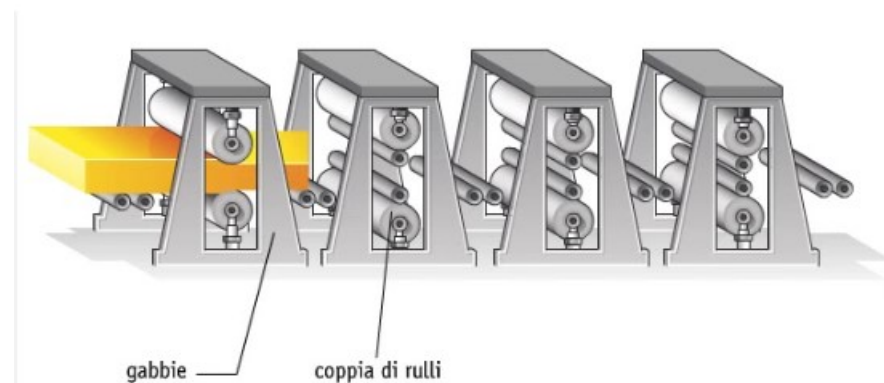
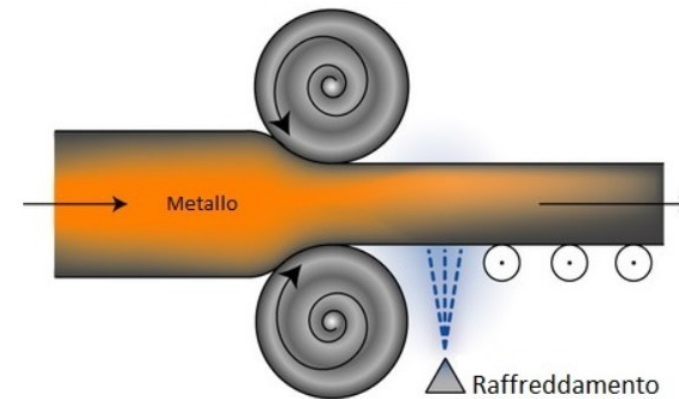
- Alta resistenza
- Tenacità

IMPIEGO



Si usano laminatoi cross-country, una tipologia molto versatile di laminatoi di finitura, spesso utilizzati nella produzione di sezioni o barre in acciaio, dove il pezzo solitamente passa una sola volta attraverso una serie di rulli, che sono distribuiti su un'ampia zona.

La laminazione controllata convenzionale è un processo termomeccanico controllato (TMCP), che gestisce la temperatura durante la fase di laminazione, per poter controllare la microstruttura dell'austenite all'inizio della trasformazione.



- Il primo stadio è la deformazione nell'intervallo di temperatura di ricristallizzazione dell'austenite



Microstruttura composta da austenite e ferrite grossolana.

- Il secondo stadio è la deformazione in un intervallo di non ricristallizzazione



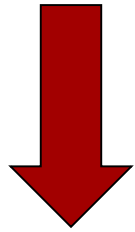
Microstruttura composta da austenite e ferrite a grana fine.

- Il terzo stadio infine è la deformazione nella regione bifase ($\gamma+\alpha$)



Microstruttura composta da ferrite a grana ancora più fine.

La temperatura, prima della laminazione, deve essere sufficiente per poter portare in soluzione gli elementi di microlega

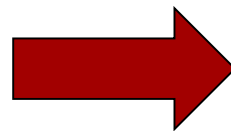


EQUAZIONI DI SOLUBILITÀ:

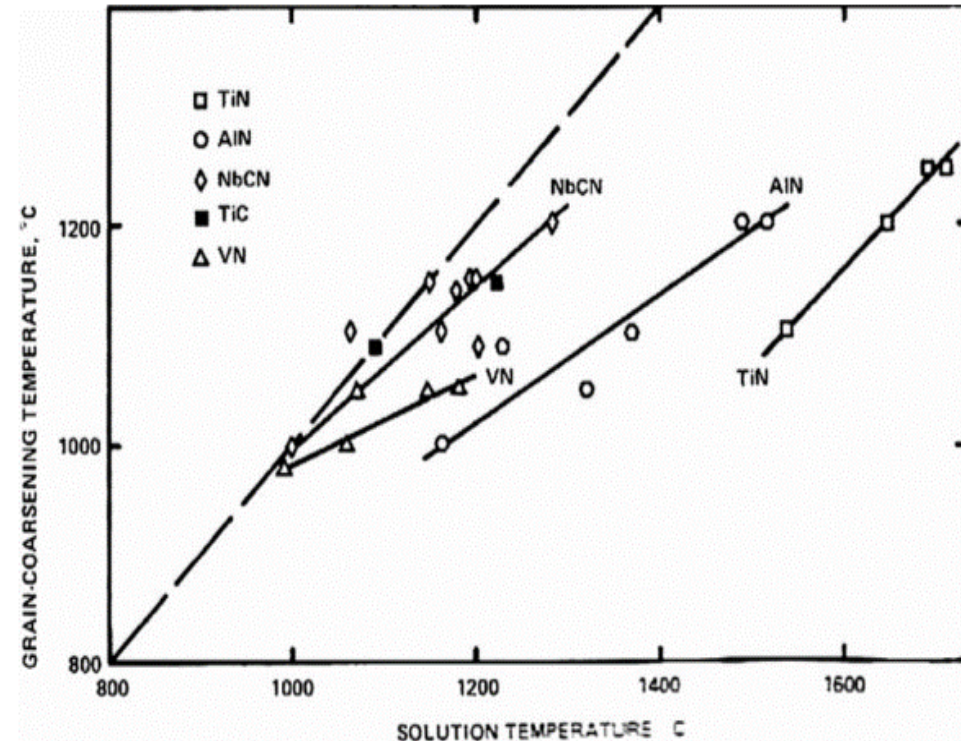
$$k = \frac{A^{-Ea}}{RT}$$

RAGGIO CRITICO DI ZENER:

la normale crescita del grano viene completamente inibita nel momento in cui la dimensione media del grano raggiunge un massimo raggio critico:



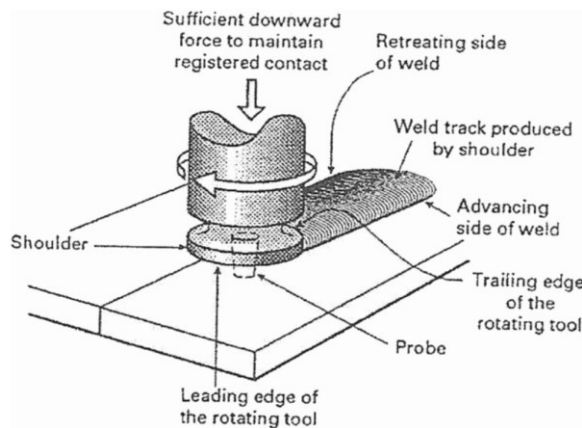
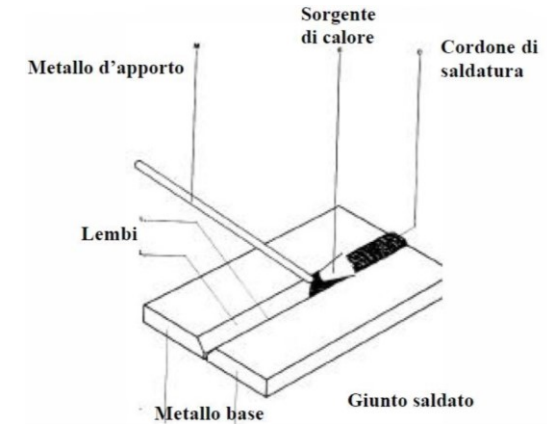
$$R_c = \frac{K_g \cdot r}{f^m}$$





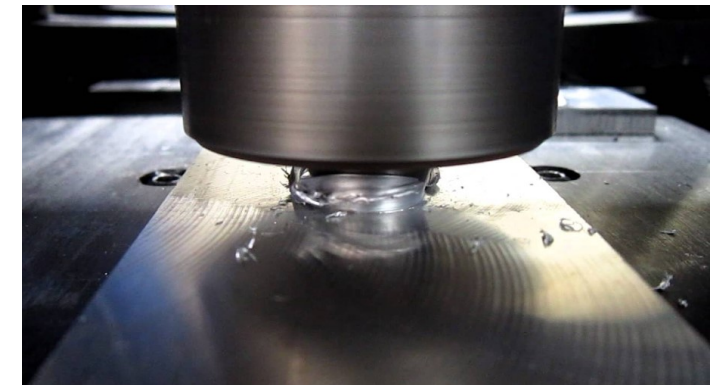
Saldatura eterogena:

Si crea un arco elettrico tra il punto da saldare ed il filo dal quale verrà ottenuto il bagno di saldatura, grazie al generatore che alimenta la torcia.

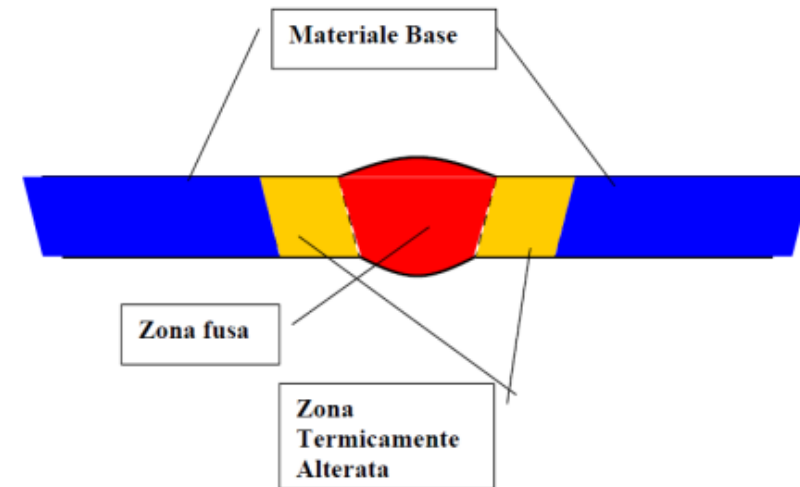


Saldatura ad attrito:

Viene generato calore tra lo strumento ed il materiale per ottenere una regione morbida. I due pezzi di metallo vengono quindi mescolati meccanicamente nel giunto e uniti mediante pressione meccanica.



- Riducendo il contenuto di carbonio, la saldabilità migliora;
- Il rapido raffreddamento della ZTA produce zone martensitiche dure che diminuiscono la tenacità;
- La tenacità migliora nell'ordine con niobio, vanadio e titanio. Se si tiene conto del costo, allora l'elemento di microlega con il maggior numero di benefici è il titanio;
- Particelle grossolane di TiN, al di sopra di una densità numerica critica, possono agire come sito iniziale di frattura.

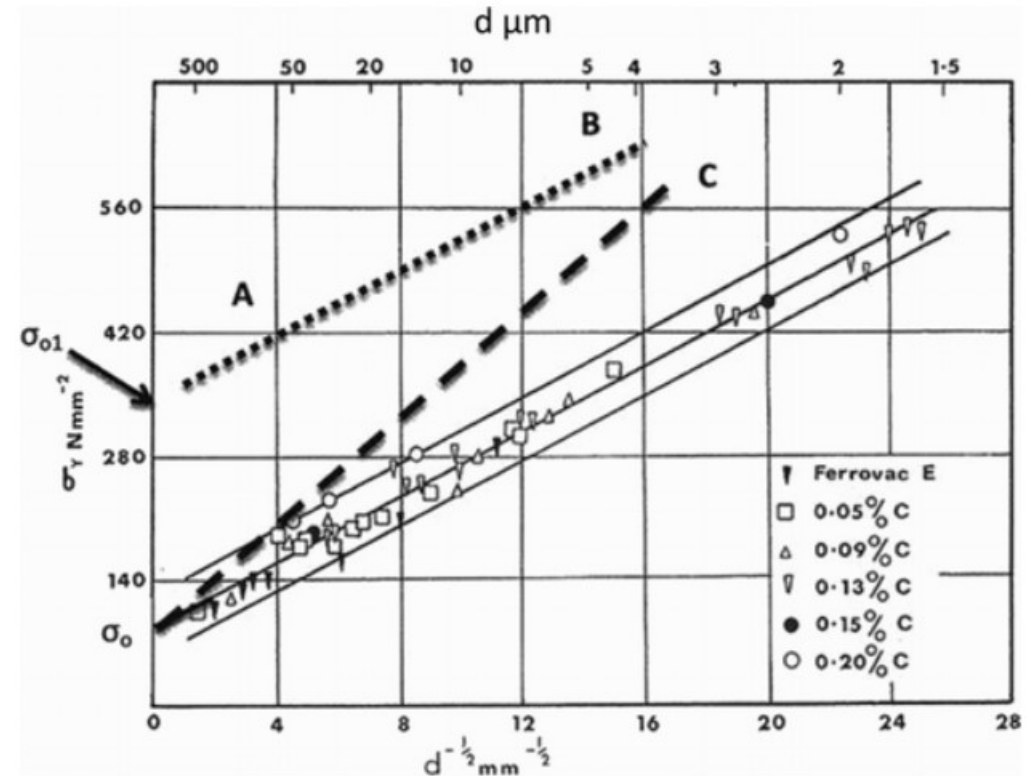


RESISTENZA:

Si utilizza l'equazione di Hall-Petch: $\sigma_y = \sigma_0 + k_y \cdot d^{-\frac{1}{2}}$

$$\sigma_0 = \sigma_i + \sigma_{SS} + \sigma_p + \sigma_d + \sigma_{sg} + \sigma_t$$

- σ_i : componente dovuta al reticolo fondamentale di Peierls–Nabarro;
- σ_{SS} : rafforzamento per soluzione solida;
- σ_p : meccanismo di rafforzamento per dispersione;
- σ_d : meccanismo di rafforzamento per dislocazione;
- σ_{sg} : meccanismo di rafforzamento che dipende dalla dimensione dei sub-grani;
- σ_t : meccanismo di rafforzamento che dipende dalla struttura.



TENACITÀ:

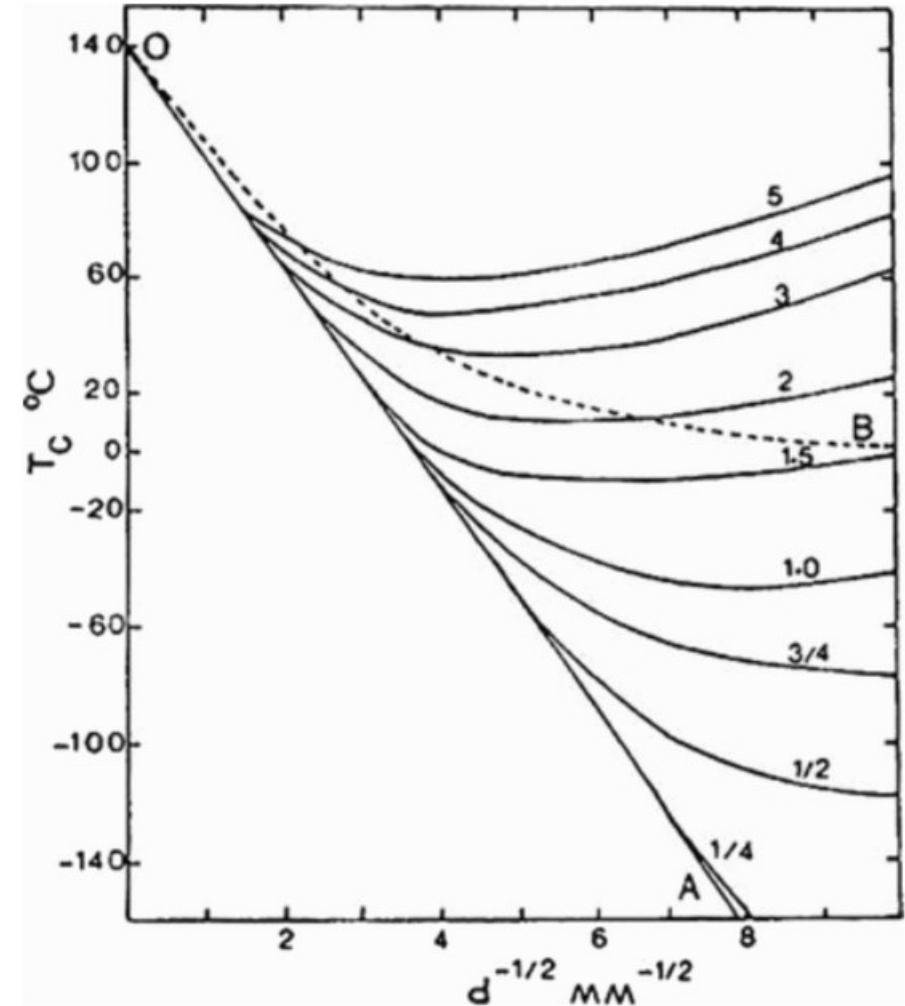
Viene intesa come l'energia assorbita durante la deformazione per impatto e, negli acciai microlegati, è definita dalla temperatura in cui la frattura subisce una transizione da duttile a fragile, secondo la relazione:

$$T_c = T_0 - k_y \cdot d^{-\frac{1}{2}}$$

Se la dimensione del grano è fine, allora l'equazione diventa:

$$5,5T_c = 770 - 46d^{-\frac{1}{2}} - \sigma_c$$

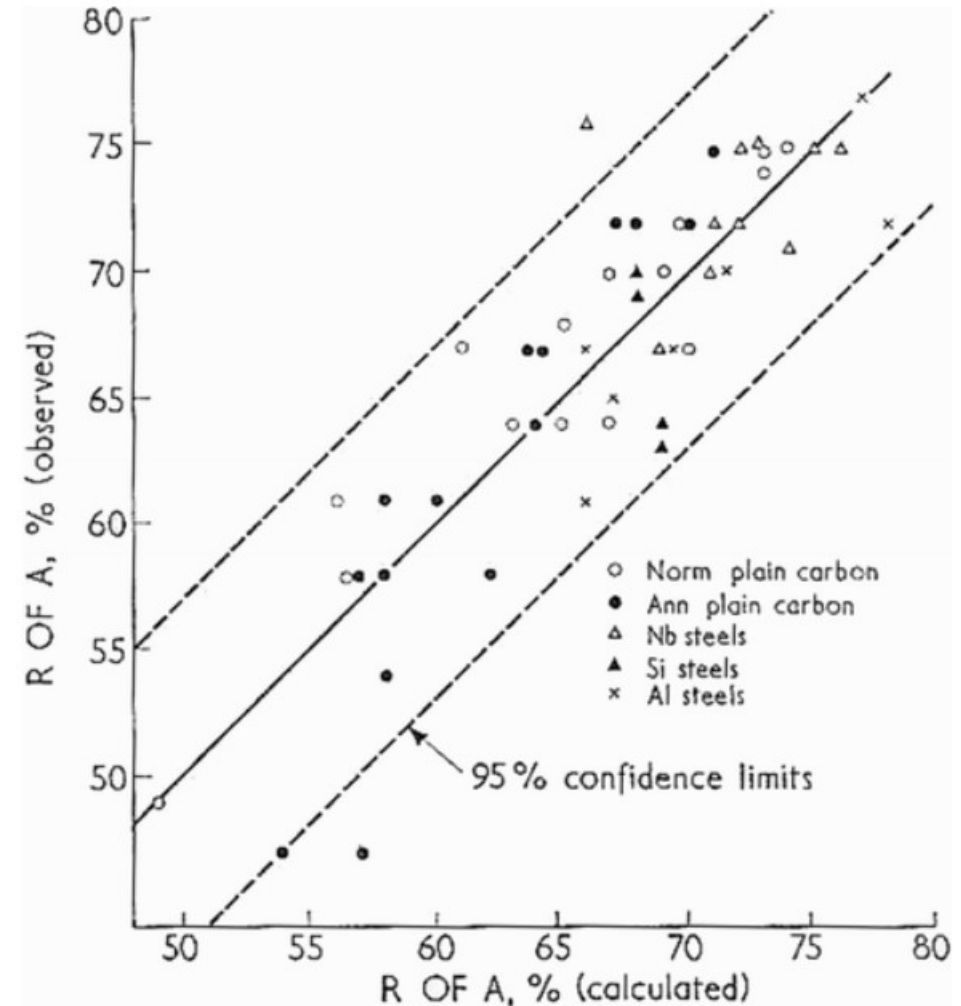
Dove: $\sigma_c = 520 - 2,5T + 20,2d^{-\frac{1}{2}}$



DUTTILITÀ:

Viene registrata a temperatura ambiente dopo la prova di trazione, tramite la percentuale di allungamento e la riduzione dell'area, secondo la relazione:

$$RA\% = 7,85 + 5,4 \cdot (\%Mn) - 0,53 \cdot (\%Perlite) - 210 \cdot d$$



Nel corso di questi 65 anni, dalla prima pubblicazione di Beiser, riconosciuta per aver portato gli acciai microlegati all'attenzione del mondo, sono stati fatti molti progressi:

- Il limite di snervamento degli acciai dolci è aumentato grazie ad aggiunte di Nb;
- L'introduzione della laminazione controllata ha reso possibili elevati livelli di resistenza e buona tenacità negli acciai saldabili;
- I microscopi elettronici, abbinati ad una serie di apparecchiature analitiche, consentono ora di elaborare informazioni molto più dettagliate più rapidamente.

GRAZIE

PER L'ATTENZIONE
