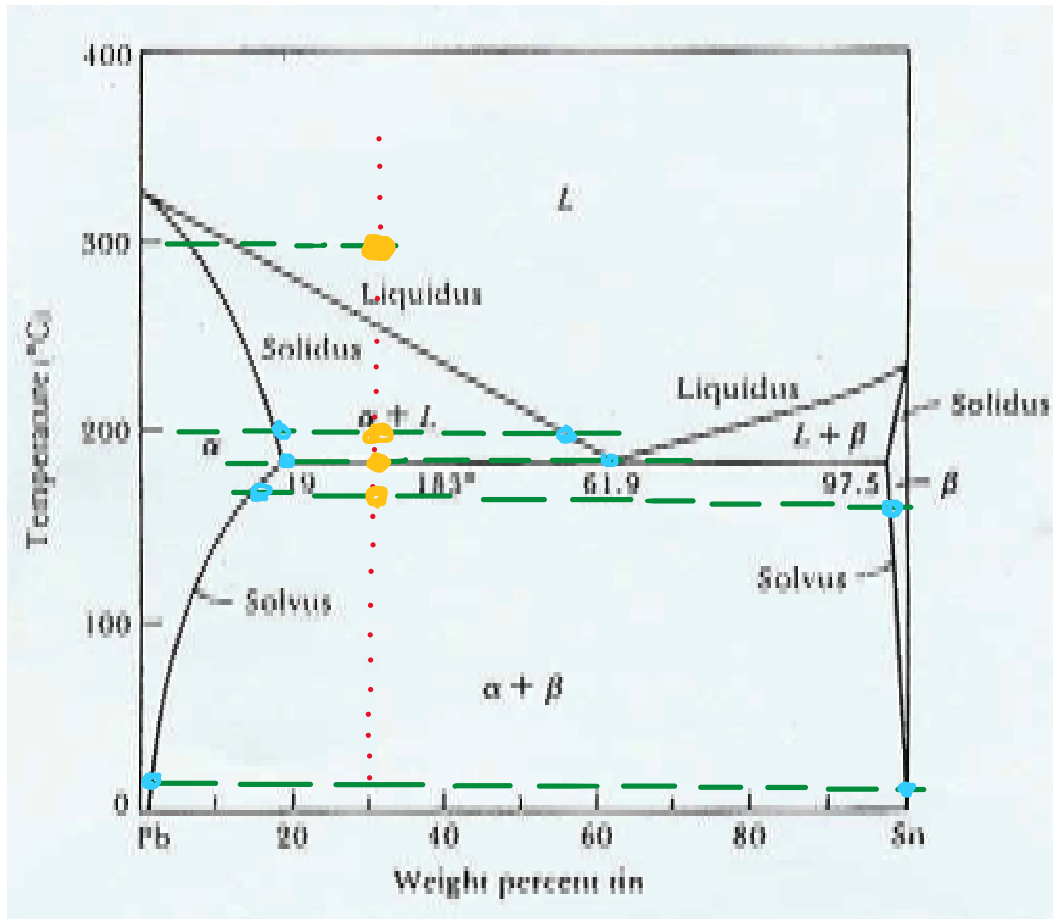


ESERCIZIO 4.1

E' dato il diagramma di stato del sistema Pb-Sn (figura).



- a) determinare le fasi presenti, la loro quantità (percentuale) e la loro composizione in una lega Pb30% - Sn a 300, 200 e 184, 180 e 20 °C.

Temperatura °C	N° fasi	% Sn (Composizione)	Quantità (%)
300	1, Liquida	30 % Sn L	100% L
200	2, L + α	L 55 %, α 18 %	68 % α, 32 % L
184	2, L + α	L 61.9 %, α 19%	74 % α, 26 % L
180	2, α + β	α 18 %, β 97.5 %	85 % α, 15 % β
20	2, α + β	α 2%, β 99.5 %	71.2 % α, 28.7 % β

Procedura:

- 1) disegnare la linea verticale della composizione (30% Sn, **rosso**)
- 2) disegnare le linee orizzontali che corrispondono alle diverse T (**verde**)
- 3) localizzare il punto di intersezione (**punti gialli**) e leggere nel diagramma le fasi indicati

La composizione di ciascuna componente presente si legge al punto di intersezione della linea orizzontale della temperatura con la linea del solvus e del liquidus rispettivamente (**punti blu**)

La quantità di ciascuna componente presente si determina con la regola della leva. Nota bene: braccio opposto !

Esempio: $T = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, conc. $\alpha = 18\%$, conc. $L = 55\%$, conc. nominale = 30%

Quantità $\alpha = (55-30) / (55-18) = 68\%$, quantità $L = 32\% = (30-18)/(55-18)$

Attento: a $T > 183\text{ }^{\circ}\text{C}$ (temperatura dell' eutettico) sono presenti α e L , al di sotto α e β .

- b) determinare la percentuale e la composizione di ognuno micro-costituente (α , β , α pre-eutettico) per la stessa lega a 184 e 180 $^{\circ}\text{C}$.

La quantità totale di α e β è data nella risposta precedente.

A $T = 184\text{ }^{\circ}\text{C}$ tutto la fase α (quantità 74%) è presente come α pro-eutettico.

Raffreddando ulteriormente, la quantità di α pro-eutettico rimane costante ed è sempre presente (incluso nel totale della fase α in Tabella).

Dalla fase liquida invece si formano α e β eutettico. A $T = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ tutto il liquido si è trasformato in eutettico, composto di α e β . La quantità di α e β nell' eutettico si calcola con la regola della leva $\alpha = (97.5-61.9)/(97.5-19) = 45\%$, $\beta = 55\%$.

Dalle 26% di liquido L presente a $T > 184\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tabella) si forma dunque 26 % di eutettico, cioè α eutettico = $45 \cdot 0.26 = 11.7\%$ di α eutettico e $55 \cdot 0.26 = 14.3\%$ di β eutettico.

Alla temperatura di 180 C sono presenti dunque 74 % α pro-eutettico, 11.7 % di α eutettico (totale $\alpha = 85\%$) e 15 % di β eutettico.

- c) Perché la lega con la composizione eutettica (61.9% Pb) dimostra la resistenza meccanica e la durezza massima ?

L' eutettico è una microstruttura molto fine e lamellare con tantissimi bordi di grano. I bordi di grano sono ostacoli per il movimento delle dislocazioni – pertanto la resistenza è massima.

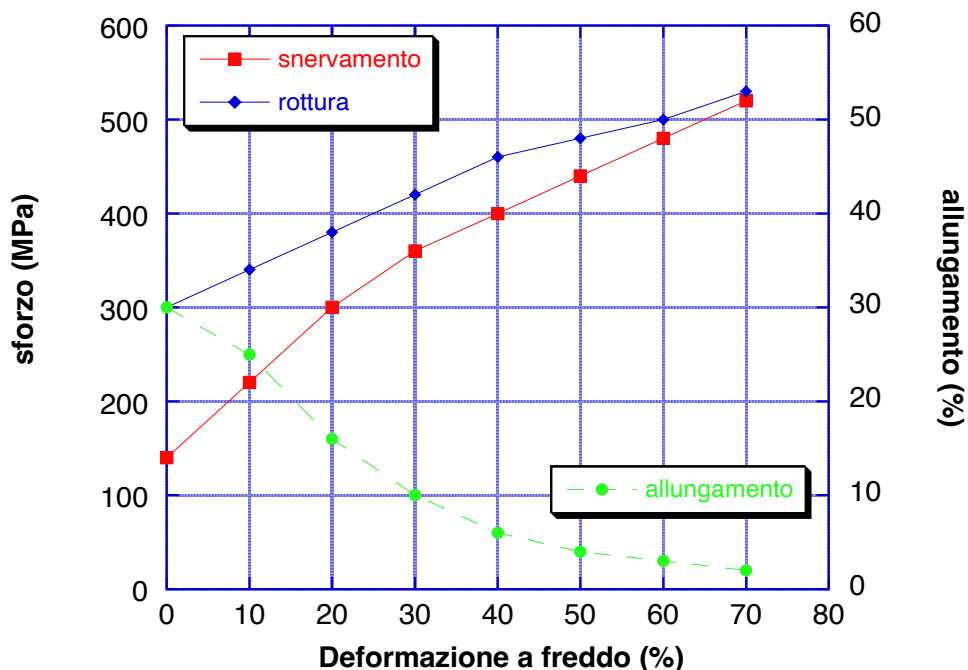
- d) Perché la microstruttura eutettica diventa lamellare ?

Nella reazione eutettica $L \rightarrow \alpha + \beta$ da una fase liquida con concentrazione di 61.9% di Sn si devono formare due fasi solide, una ricca in Pb e una ricca in Sn. Questa "separazione" può avvenire solo tramite la diffusione degli atomi che vengono espulsi dagli strati α e β .

ESERCIZIO 4.2

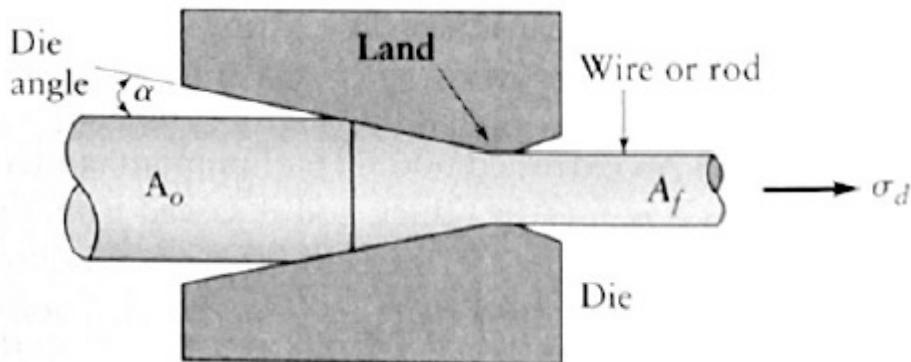
Una possibilità per ottenere fili metallici è la trafilatura. Si parte da un diametro grande e dopo la trafilatura il diametro è minore. Per ottenere la massima efficacia del processo, la riduzione del diametro deve essere massima ma senza che il filo si rompa durante il processo.

E' richiesto un filo di rame con diametro finale di 5 mm. La figura dimostra l'effetto della deformazione a freddo sulle proprietà meccaniche del rame.



- a) Spiegare che cosa avviene nel metallo (livello atomico) durante la trafilatura
La trafilatura è un processo utilizzato per la creazione di fili metallici, come suggerisce la parola stessa. Il processo, generato dall'applicazione di una forza di trazione ad una estremità del materiale, passante attraverso una filiera, provoca una deformazione plastica a freddo di quest'ultimo, generando dislocazioni e la riduzione della sezione dovuta alla deformazione.

Come si può notare dal grafico (riportato a pagina 2) all'aumentare della deformazione a freddo aumenta la resistenza meccanica; infatti, carico di snervamento e rottura crescono, mentre diminuisce l'allungamento e dunque aumenta la fragilità.



- b) Calcolare la deformazione (in %) per diametri iniziali del filo di 6, 7, 8 e 10 mm e indicare il valore del carico di snervamento (vedi figura).

Ci vengono forniti i diametri iniziali del filo e il diametro finale; per calcolare dunque la % di deformazione è necessario determinare le varie superfici A_0 iniziali e la superficie A_f finale. La superficie finale sarà pari a:

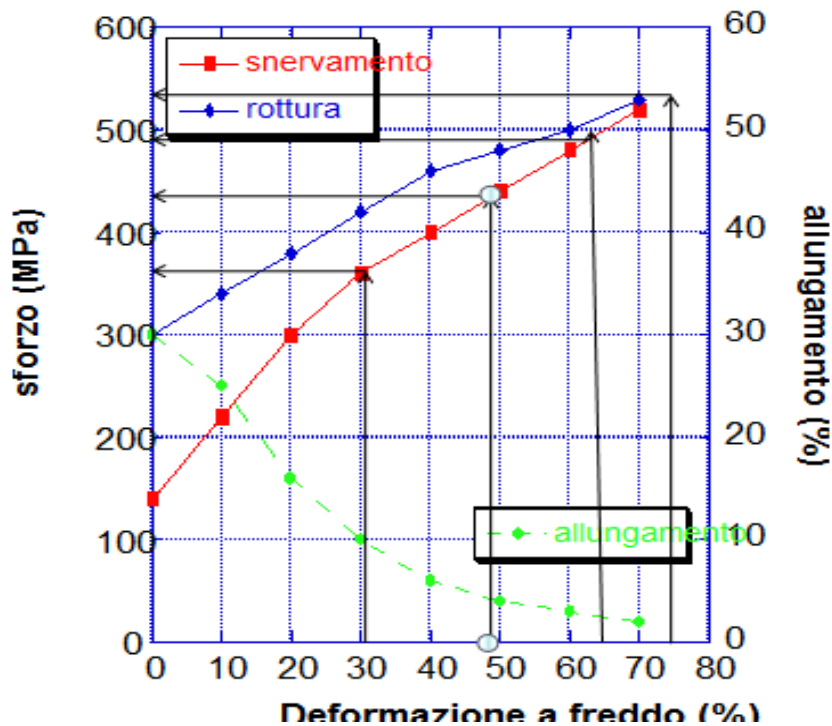
$$A_f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (5\text{mm})^2}{4} = 19,6 \text{ mm}^2$$

Calcoliamo dunque le varie superfici iniziali e per ognuna determiniamo la % di deformazione a freddo corrispondente con la seguente formula:

$$\%def = \frac{A_0 - A_f}{A_0}$$

Successivamente determiniamo tramite il grafico il carico di snervamento corrispondente:

d_0 [mm]	A_0 [mm ²]	% def	σ_s [MPa]	σ_f [MPa]	
6	28,3	31	360	201,6	☺
7	38,5	49	445	274,4	☺
8	50,3	61	480	358,4	☺
10	78,5	75	540	560	☹



- c) Calcolare lo sforzo necessario da applicare sul filo per ottenere questa deformazione.

Affinché avvenga la trafilatura è necessario applicare una forza F , che deve essere uguale lungo tutto il filo. Ciò che cambia tra l'inizio e la fine è il diametro della sezione e dunque anche lo sforzo applicato. Lo sforzo è pari a:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Dunque poiché} \quad F_0 = F_f \quad \rightarrow \quad \sigma_0 A_0 = \sigma_f A_f$$

Lo sforzo da applicare sul filo per ottenere la deformazione sarà:

$$\sigma_f = \frac{\sigma_0 A_0}{A_f}$$

(I risultati sono in tabella)

Nb: si considera come sforzo iniziale σ_0 lo sforzo presente a deformazione a freddo pari a zero, leggibile nel grafico come intercetta della curva rossa: $\sigma_0 = 140 \text{ MPa}$

- e) Quale è la condizione limite per evitare la rottura ?

La condizione limite per evitare la rottura è che il carico applicato sul diametro ridotto sia inferiore al carico di snervamento, in tal modo rimarremo nel campo elastico evitando il rischio di rottura del materiale.

$$\sigma_f < \sigma_s$$

Confrontiamo dunque in tabella i valori σ_f ottenuti con i valori σ_s ottenuti dal grafico e vediamo che questa condizione è rispettata per tutti i diametri iniziali escluso 10 mm.