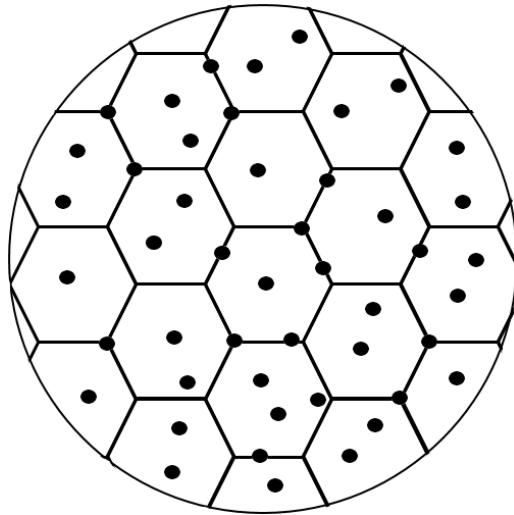


# Austenitizzazione Parte 1 – Che cos'è.

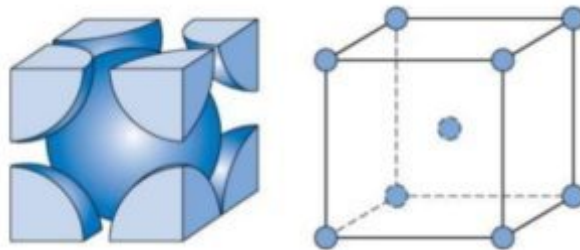
Durante il trattamento termico si deve scaldare l'acciaio per formare austenite, dissolvere del carbonio e gli alleganti in soluzione e raffreddarlo rapidamente per formare martensite.

Se assumiamo di partire da una microstruttura ricotta di ferrite e carburi ci ritroveremo con qualcosa di simile a questo:

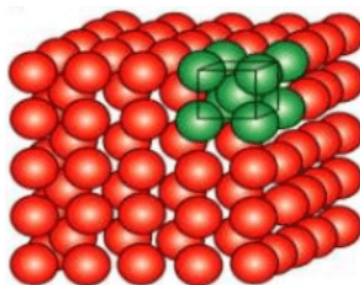


In questa rappresentazione abbiamo una struttura ideale di grani con i loro bordi e dai puntini neri che indicano i carburi: composti intermetallici fatti di carbonio e altri elementi come ferro, cromo, vanadio, ecc.

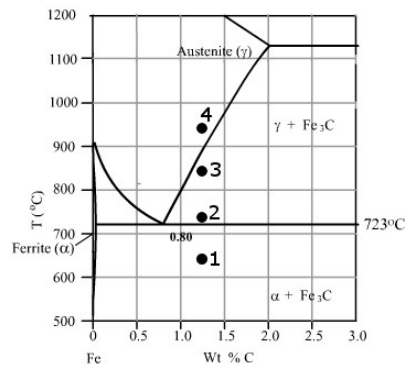
La ferrite è una microstruttura BCC "Body Centered Cubic" tradotto "Cubica Corpo Centrata", che può essere rappresentata dalla seguente cella unitaria ovvero la più piccola unità che può descrivere un insieme di atomi:



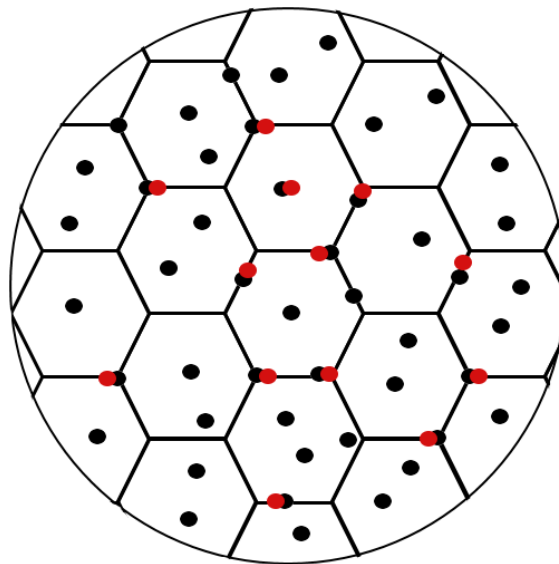
Una microstruttura BCC ha un atomo in ogni vertice e un atomo al centro ed è cubica ovvero forma un cubo perfetto. Nella cella unitaria, ogni vertice è costituito da  $1/8$  di atomo che è condiviso con le celle unitarie adiacenti, in questo modo le celle unitarie sono messe assieme formando una struttura BCC completa.



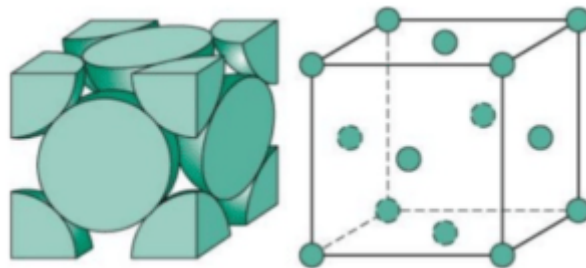
Questa microstruttura rappresenta il "Punto 1" nel seguente diagramma di fase [1]:

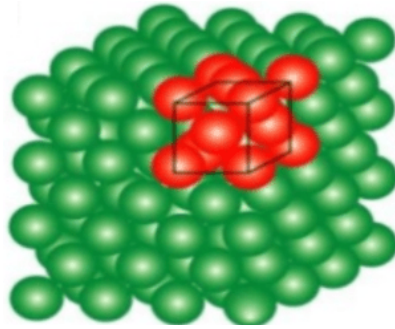


Se scaldiamo l'acciaio fino alla regione austenite+carburi (punto 2) l'acciaio inizia la trasformazione in austenite piuttosto che ferrite, dapprima enucleando austenite dai carburi e dai confini dei grani. La ferrite contiene molto poco carbonio (<0.02%) mentre l'austenite ne richiede molto per essere stabile, qualcosa vicino alla composizione eutettoidica (~0.77%). Per questo l'austenite nasce (nucleazione) dai carburi dal momento che sono la sorgente di carbonio disponibile. I carburi devono dissolversi un po' per "nutrire" di carbonio l'austenite che si sta formando. I carburi presenti nei confini tra grani sono i favoriti perché i confini tra grani sono zone ad alta energia: l'acciaio "vorrebbe" minimizzare la sua energia e questa eliminazione è energeticamente favorevole.

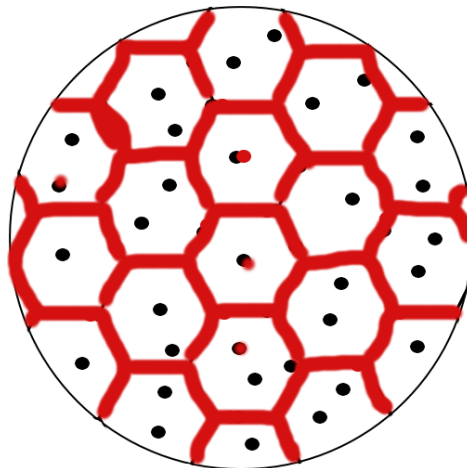


L'austenite è una microstruttura FCC "Face Centerd Cubic" ovvero "Cubica faccia centrata" che ancora è rappresentata da un cubo perfetto con un atomo per ogni vertice ma, invece di avere un atomo al centro, ha un atomo presente in ogni faccia, metà di questo atomo è in ogni cella unitaria.

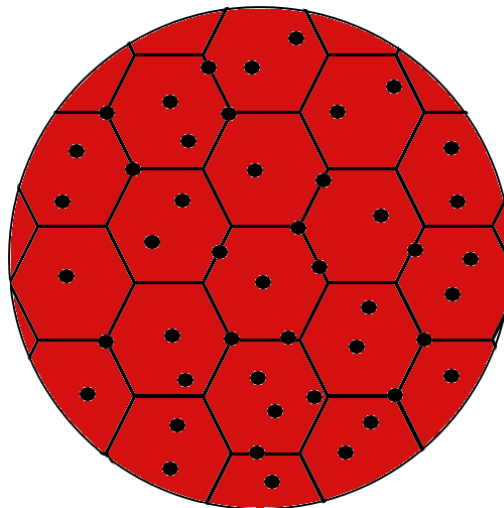




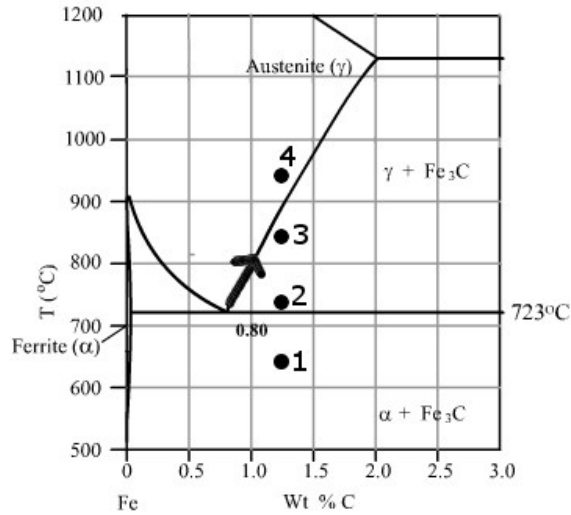
Dopo la formazione dell'austenite, essa inizia a crescere sostituendo la ferrite con austenite e il carbonio continua a disciogliersi per nutrirne la crescita.



Dopo che i confini tra i grani sono "ricoperti" di austenite essa continua a formarsi nella ferrite fino a che la microstruttura non sarà completamente costituita da austenite e carburi.

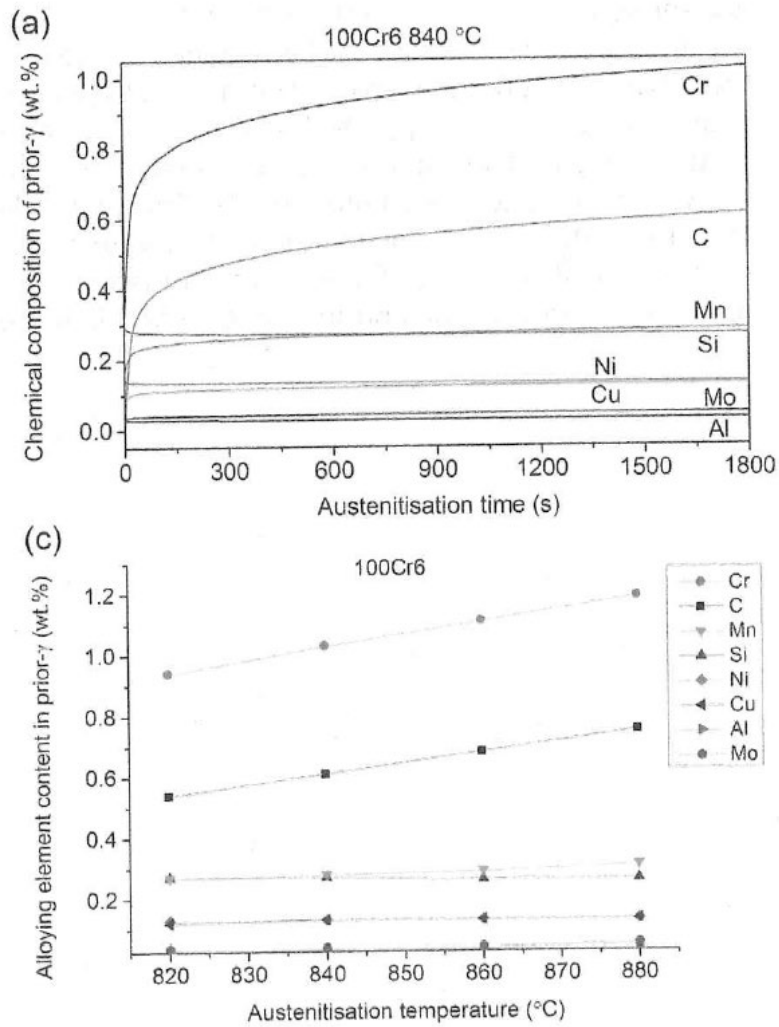


Con l'incremento della temperatura da questo punto i carburi si dissolvono riducendo il loro volume ed il contenuto di carbonio dell'austenite cresce in corrispondenza alla linea indicata dalla freccia nel seguente diagramma di fase:



Questo aumento non avviene istantaneamente dal momento che è dettato dalla velocità di diffusione.

Questo è un modello del carbonio in soluzione rispetto al tempo per il 52100 [2]:



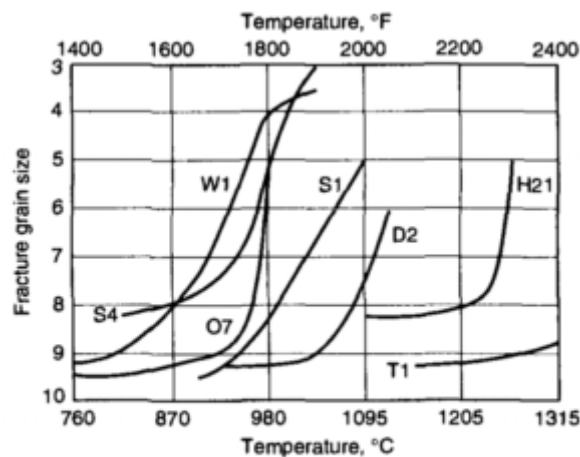
Con lo scioglimento dei carburi il carbonio e il cromo in soluzione aumentano come si può vedere nel grafico.

Mentre i carburi aiutano a contenere l'ingrossamento dei grani "fissandone" i confini, i grani continuano a crescere all'aumentare della temperatura o all'allungarsi del tempo di permanenza a temperatura. I confini tra grani sono aree ad alta energia che l'acciaio vorrebbe eliminare e un modo per farlo è aumentando la dimensione dei grani. Più alta è la temperatura e più veloce sarà la diffusione e così la crescita del grano sarà più veloce. Più carburi si dissolvono e meno saranno i carburi presenti a "fissare" i confini tra grani dando un'ulteriore spinta alla velocità di crescita. Quando tutti i carburi saranno disciolti e il "punto 4" raggiunto si avrà la più alta velocità di crescita. Questo è un ottimo video[3]:

[https://youtu.be/J\\_2FdkRqmCA](https://youtu.be/J_2FdkRqmCA)

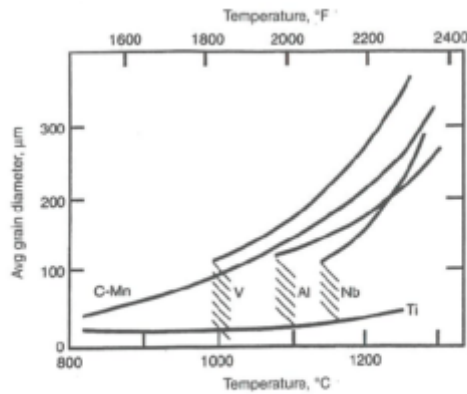
Si può vedere come i grani più grossi "consumino" quelli più piccoli. Questo continuerebbe indefinitamente anche se un singolo grano non sarà mai raggiunto a causa, in parte, dai vincoli imposti dalle superfici del materiale.

Il tipo e la distribuzione dei carburi nell'acciaio da utensili influisce sulla temperatura alla quale il grano inizia a crescere più rapidamente, come si può vedere in questo grafico in cui sono rappresentati diversi acciai da utensili[4]:



**Fig. 5-13** Austenitic grain size as a function of austenitizing temperature for various tool steels

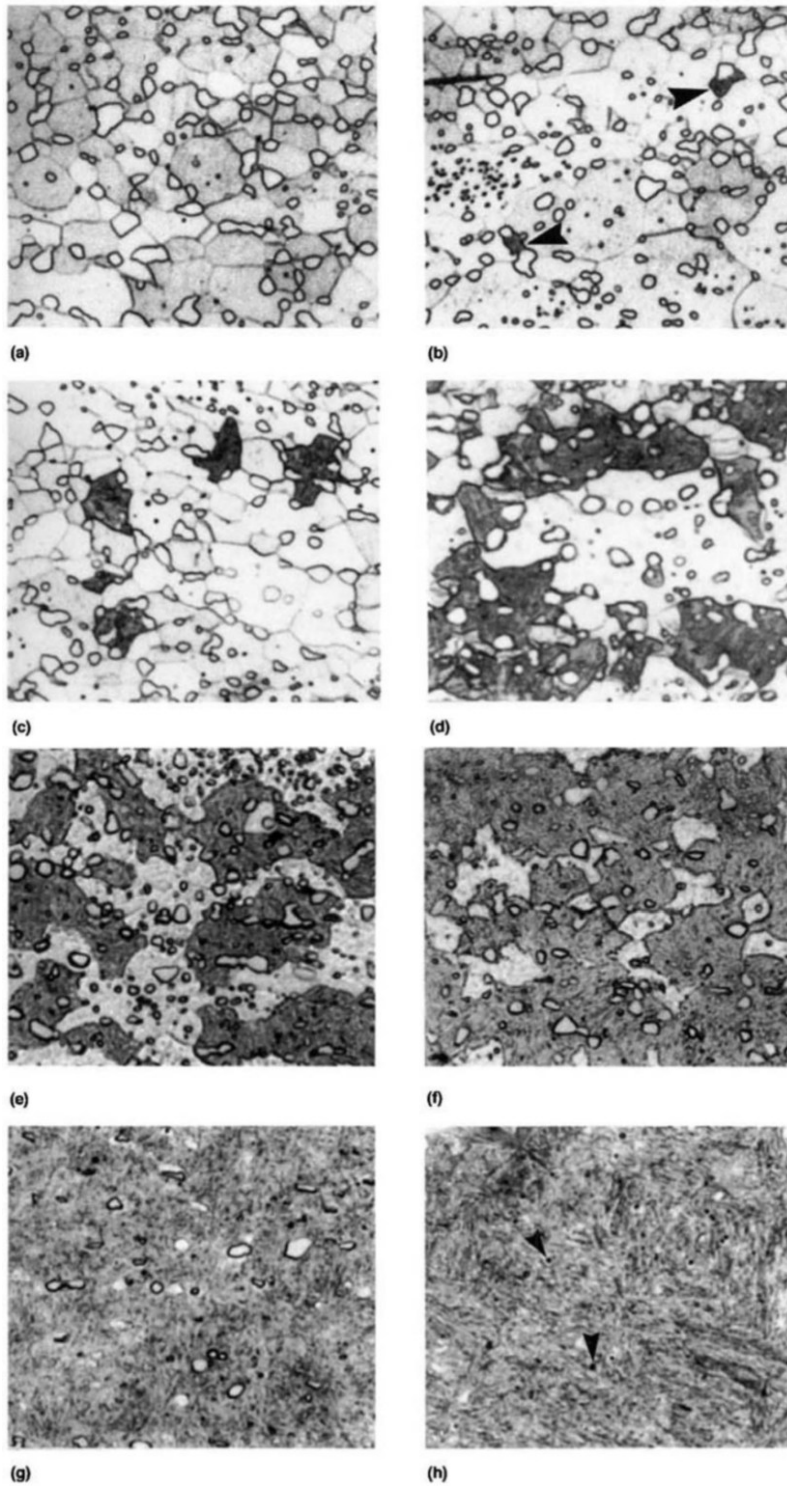
Per gli acciai bassolegati i carburi si dissolvono a temperature relativamente basse, il nitrato di alluminio (AlN) è presente nell'acciaio calmato (aluminium-killed) per aiutare a rallentare l'ingrossamento del grano. Anche il vanadio è abbastanza comune per aiutare a rallentare l'ingrossamento del grano in acciai come il W2 data la formazione di una fine matrice di carburi di vanadio. Anche il niobio e il titanio possono essere usati grazie alla stabilità dei relativi carburi (NbC e TiC) alle alte temperature [5]



**Fig. 8.22** Relative austenite grain-coarsening characteristics of various microalloyed steels. Source: Ref 8.37

Quindi la dimensione del grano, il carbonio in soluzione e il volume dei carburi sono controllati dalla temperatura e dal tempo di permanenza alla temperatura di austenitizzazione scelta. Altri aspetti importanti sono la quantità di altri alliganti in soluzione per una sufficiente temprabilità o elementi come il cromo per gli acciai inossidabili. Il cromo deve disciogliersi a sufficienza nell'austenite prima della tempra per assicurare una buona resistenza all'ossidazione. Quindi la scelta della temperatura di austenitizzazione deve essere fatta pensando all'equilibrio tra la giusta quantità di carbonio e di alliganti nella soluzione, il corretto volume dei carburi e per evitare un eccesso nella crescita della dimensione del grano.

Di seguito delle micrografie di 1080 [6] con aumento del tempo di permanenza a temperatura di austenitizzazione nelle quali l'austenite scura si sostituisce alla ferrite. Le ultime due mostrano inoltre lo scioglimento dei carburi, presenti in (g) ma largamente rimossi in (h). L'acciaio è stato lasciato a 730° per 9s(a), 9.5s(b), 10s(c), 11s(d), 12s(e), 60s(f), 300s(g) e 900s(h). Si può vedere come la formazione dell'austenite sia piuttosto rapida ma lo scioglimento dei carburi impieghi molto di più.



[1] Modified from this page: <http://www-g.eng.cam.ac.uk/mmg/teaching/typd/addenda/eutectoidreaction1.html>

[2] Cui, Wen, David San-Martín, and Pedro EJ Rivera-Díaz-del-Castillo. "Towards efficient microstructural design and hardness prediction of bearing steels—An integrated experimental and numerical study." *Materials & Design* 133 (2017): 464-475.

[3] [https://www.youtube.com/watch?v=J\\_2FdkRqmCA](https://www.youtube.com/watch?v=J_2FdkRqmCA)

[4] Roberts, George Adam, Richard Kennedy, and George Krauss. Tool steels. ASM international, 1998.

[5] Repas, P. E. "Microalloyed HSLA Steels." Proceedings of Microalloying. 1988.

[6] Samuels, Leonard Ernest. Light microscopy of carbon steels. Asm International, 1999.