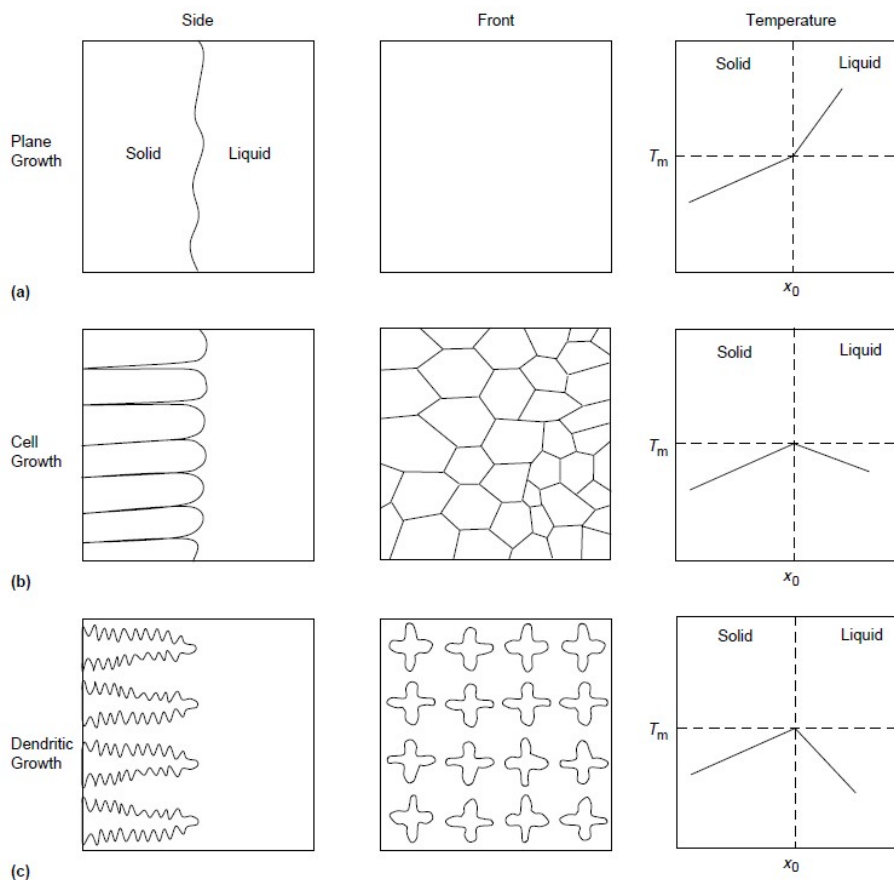


SOLIDIFICAÇÃO

Antes de tudo é oportuno dizer que solidificação é um processo traumático. A natureza sempre converge para a redução de energia e o aumento da desordem (entropia). Disso resultam os defeitos cristalinos, como abordado na Resenha Técnica Defeitos Cristalinos e Plasticidade, os quais emergem como uma tentativa de acomodação da violação ao princípio de aumento da entropia, a entropia dos líquidos é maior do que a dos sólidos.

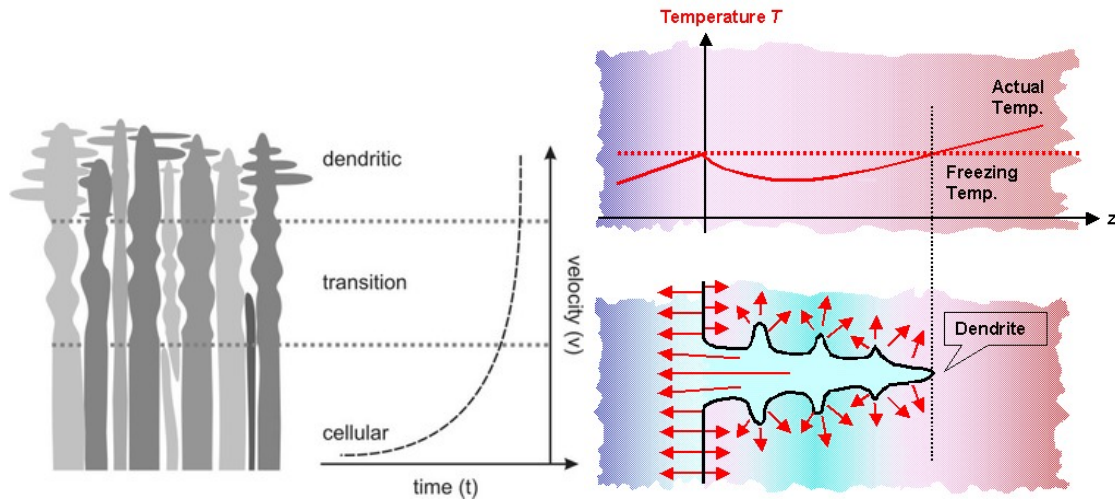
O estado líquido é uma condição intermediária entre um gás e um sólido cristalino. Os líquidos não possuem o ordenamento de longo alcance dos sólidos ou a completa desordem dos gases. Os líquidos possuem ordenamento de curto alcance. A estrutura dos líquidos é bem próxima da estrutura dos sólidos que se formam a partir destes. A interpretação é que essa ausência de ordenamento de longo alcance seja devida a um crescente aumento na quantidade de defeitos como vacâncias, intersticiais e discordâncias, o que responde pela elevada difusividade no estado líquido. À medida que o líquido é resfriado na direção de seu ponto de congelamento, o grau de ordenamento de curto alcance aumenta e os aglomerados ordenados se tornam maiores e mais estáveis.

O crescimento das interfaces sólido-líquido pode se dar segundo um dos três tipos indicados a seguir - planar, celular e dendrítico, os quais são controlados pelo modo com que o calor é removido. Quando o líquido à frente da interface sólido - líquido apresenta um gradiente positivo de temperatura e o calor é removido pelo sólido, o crescimento é planar. Caso contrário, quando a temperatura decresce à frente da interface ocorre o celular ou o dendrítico, dependendo do grau de subresfriamento:



O crescimento dendrítico (em forma de árvores) consiste em uma manifestação seguinte ao celular, no qual os espigões desenvolvem protrusões laterais, sob ainda elevadas taxas de subresfriamento e de velocidades de crescimento.

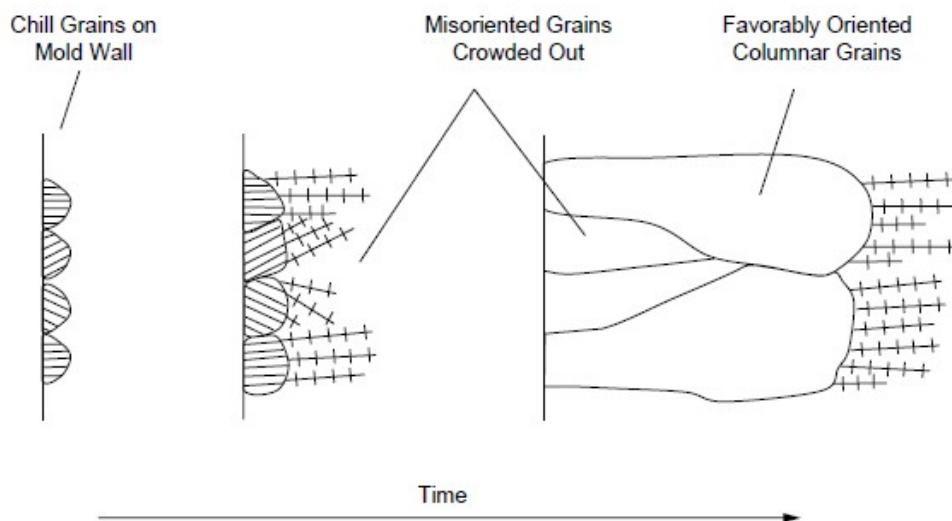
Esse tipo de crescimento é prevalente nas ligas metálicas por causa do subresfriamento adicional provocado pelo super-resfriamento constitucional, este devido à segregação de elementos de liga à frente da fronteira sólido- líquido. A solubilidade no estado líquido é mais elevada do que no estado sólido. Essa concentração extra reduz o ponto de fusão do líquido.



Um metal lingotado em um molde pode apresentar até três regiões distintas:

(i) Zona coquilhada (*chill zone*), caracterizada por conter uma estrutura granular equiaxial. A cristalização ocorre sob condições de formação de uma grande quantidade de núcleos estáveis e extração rápida do calor latente e do sobreaquecimento do líquido. Quando um metal é lingotado dentro de um molde, este é mais frio do que o metal e a nucleação ocorrerá. O tamanho médio dos grãos é pequeno e estes são orientados aleatoriamente em relação à parede do molde.

(ii) Zona colunar, na qual os grãos orientam-se quase que paralelamente à direção do fluxo de calor. Como cada grão se desenvolve mais favoravelmente em uma direção cristalográfica principal, apenas os grãos favorecidos com suas direções de crescimento mais perpendiculares à parede do molde crescerão mais rapidamente em direção ao centro de lingotamento, suscitando assim a formação da estrutura colunar. A estrutura colunar final resulta do crescimento paralelo de diferentes colônias de dendritas.



(iii) Zona equiaxial central, consistindo de grãos menores aleatoriamente orientados. À medida que a solidificação prossegue, o gradiente de temperatura diminui, o que provoca o crescimento das dendritas. Correntes de convecção no interior do molde provocam a quebra dos grãos dendríticos alongados e a nucleação de novos grãos. A segregação que ocorre durante a solidificação pode também ser responsável por esse processo de nucleação de novos grãos.

A quantidade da estrutura final de lingotamento que seja colunar ou equiaxial depende da composição química da liga metálica e do gradiente térmico na interface sólido – líquido durante a solidificação.

