

SEGREGAÇÃO (MICRO, MACRO E NANO) E POROSIDADE

Metalurgista Industrial

maio 2019

www.metalurgistaindustrial.com.br

Segregação é definida como qualquer desvio da distribuição uniforme de elementos químicos em uma liga metálica, ou seja, a separação de impurezas e elementos de liga em diferentes regiões do material lingotado no estado sólido.

Como abordado na Resenha Técnica sobre Solidificação, a segregação é causada pela rejeição de solutos da parte da liga já solidificada para a fase líquida, como resultado das diferentes solubilidades nas fases líquida e sólida na temperatura de equilíbrio. Por causa desta partição de ligas no processo de solidificação, segue-se que toda liga solidificada sofre segregação em diferentes níveis.

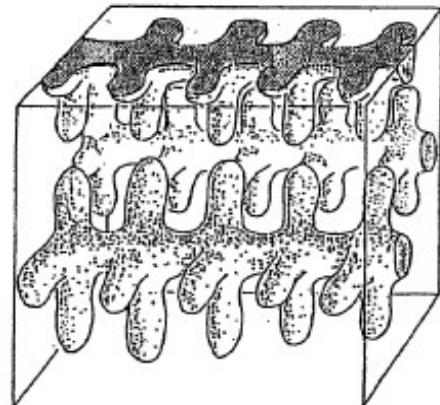
Essas variações de composição que ocorrem adjacentes às interfaces sólido-líquido determinam a natureza e extensão da segregação.

Microsegregação

Denomina-se microsegregação a segregação de solutos entre os braços das dendritas, os quais ficam concentrados nas regiões contidas pelos braços dendríticos secundários.

Essa graduação de composição entre as partes interna e externa das dendritas é chamada *coring*. A microsegregação é um fenômeno de curto alcance que se estende em dimensões da ordem de um simples grão (~10 – 100µm).

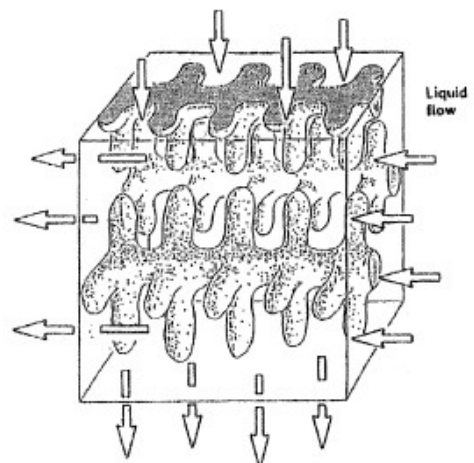
A microsegregação pode ser usualmente removida pela difusão dos átomos dos elementos em solução para o interior dos braços das dendritas por tratamento térmico de homogeneização.



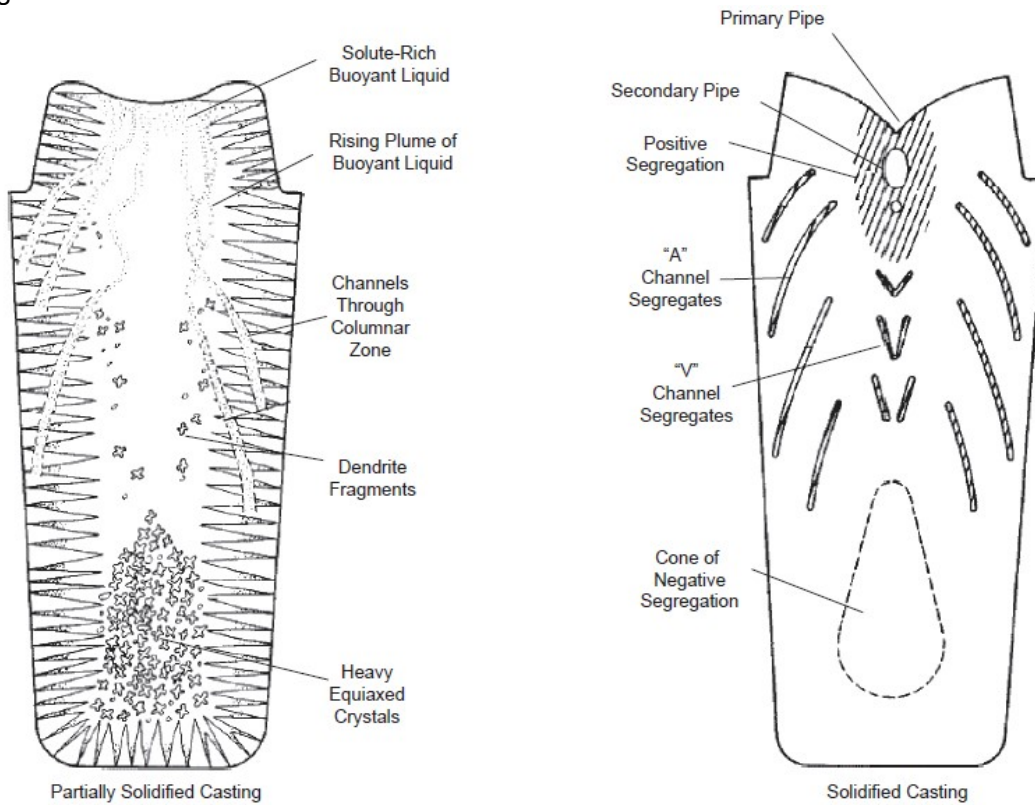
Macrosegregação

Macrosegregação refere-se à variação de longa distância nas composições químicas em diferentes partes da liga solidificada. Como ocorre em distâncias superiores a 1cm, a macrosegregação não pode ser eliminada.

Toda a macrosegregação em fundidos e lingotes resulta de fluxos de movimentos interdendríticos resultantes de contração de solidificação, geometria, deformação do sólido ou gravidade. O movimento do líquido interdendrítico impuro provoca segregação positiva, enquanto que os cristais puros sofrem segregação negativa.



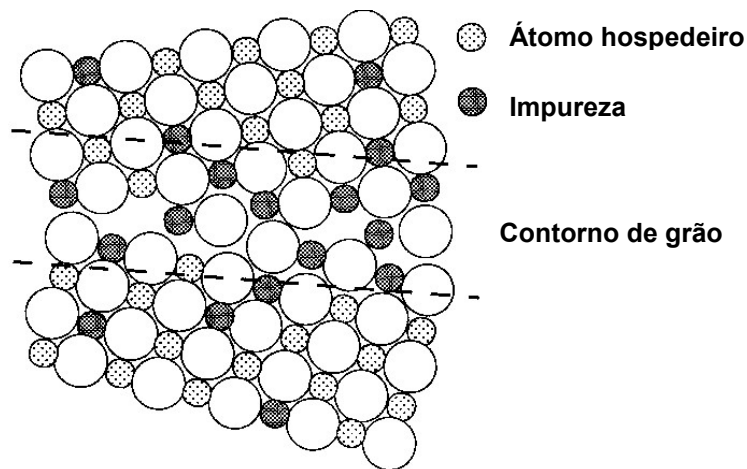
A fenomenologia e ocorrências da segregação são resumidamente ilustradas em um típico lingote:



Segregação em contornos de grãos (nanosegregação)

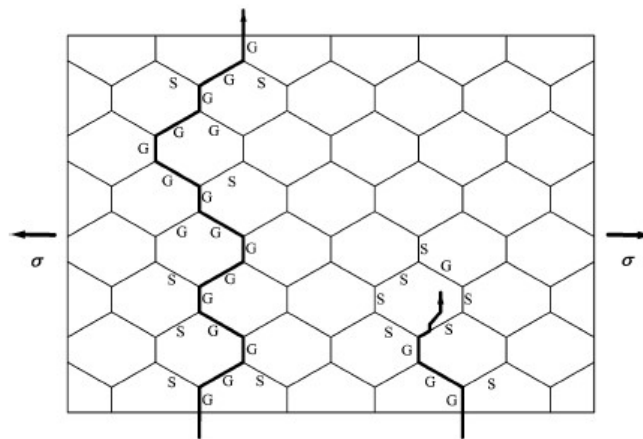
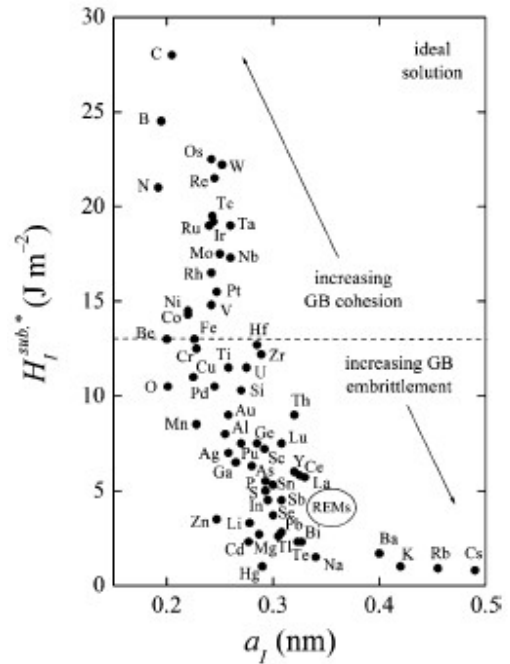
Os contornos de grãos diferem em propriedades comparativamente ao interior dos cristais. Uma maneira de redução da energia do sistema é a interação entre átomos de solutos ou de impurezas e os contornos de grãos.

Como consequência, esses átomos acumulam-se (segregam-se) nos contornos de grãos em tal extensão que estes se tornam qualitativamente diferentes em sua natureza química em comparação ao corpo do material.



A consequência da segregação em contornos de grãos é seu efeito na coesão desses contornos expressa em várias formas de fragilidade intergranular sob os aspectos das ligações químicas destas segregações. O comportamento de distintos elementos segregados em contornos de grãos não é o mesmo. Alguns provocam aumento da coesão dos contornos, enquanto que outros promovem a perda de ductilidade destes (fragilização).

O conhecimento das dependências estruturais dos diversos fenômenos que envolvem os contornos de grãos, entre os quais a segregação de solutos, é usado na prática para a produção de materiais policristalinos como as ligas metálicas, como no exemplo a seguir que representa a fratura em uma liga metálica. O caminho contínuo das fronteiras de grãos (à esquerda) facilita a fratura. Já a fratura ao longo do caminho à direita é mais difícil ou demanda fratura transgranular, pois os contornos de grãos interrompem a rede das interfaces:



Porosidade e contração

Porosidades são provocadas pela absorção de gases antes do lingotamento, como o mais problemático hidrogênio, que pode ser proveniente da própria umidade do ar atmosférico ou da combustão de combustíveis fósseis usados em aquecimentos e em operações de fusão. A umidade e o metal líquido podem reagir para formar hidrogênio molecular de acordo com: $M_x + H_2O_y = M_xO_y + H_2y$.

A contração por solidificação ocorre na transição do metal de líquido para a altamente ordenada estrutura cristalina do estado sólido, provocando o típico rechupe (*pipe*) encontrado nos lingotes.