

7 ESTRUTURAS AMORFAS

7.1 Introdução

Também chamadas de estruturas vítreas, as estruturas amorfas são formadas por arranjos atômicos aleatórios e sem simetria ou ordenação de longo alcance.

Esse tipo de estrutura pode ser encontrado em gases, em líquidos e em certos sólidos representados basicamente pelo vidro. Os dois primeiros são fluidos e da maior importância em engenharia, já que incluem muitos dos nossos combustíveis, o ar necessário à combustão, e também a água.

Por definição, um material apresenta estrutura amorfa se quando resfriado a partir do líquido exibir um aumento contínuo de sua viscosidade (Figura 7.1).

Quando o material atinge uma determinada temperatura, definida como temperatura de transição vítrea, T_v , o valor da sua viscosidade é da ordem de 10^{12} e 10^{13} P (poise, $1P = 1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$), que é semelhante aos valores da viscosidade de materiais no estado sólido. Nesta situação, devido ao limitado movimento atômico, o rearranjo dos átomos não é possível e a cristalização do material não ocorre. Por outro lado, se durante tal resfriamento a cristalização do material ocorre, a viscosidade do mesmo é abruptamente alterada, atingindo valores próximos de 10^{12} P.

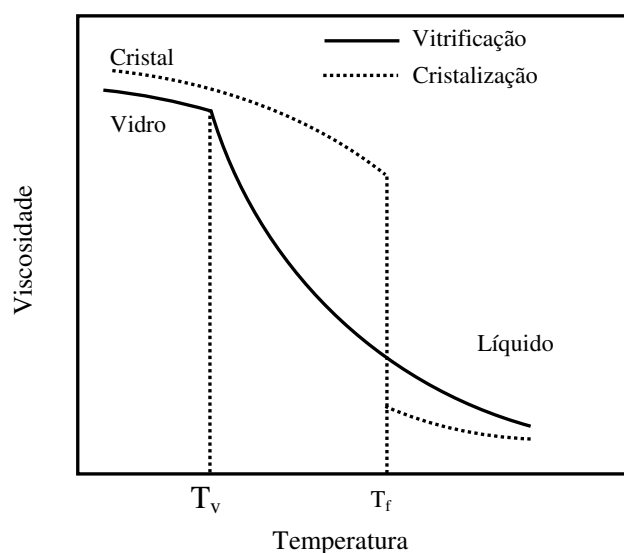


Figura 7.1 - Variação da viscosidade com a temperatura para materiais vítreos e cristalinos (CARAM, 2000).

Outra forma de diferenciar o processo de formação da estrutura cristalina (cristalização) da estrutura amorfa (vitrificação) é a medida de variação de volume durante o resfriamento do material líquido (Figura 7.2).

Quando o material cristaliza-se, ocorre uma rápida variação de volume em uma determinada temperatura, definida como a temperatura de fusão (T_f). Este fenômeno é resultante da reorganização dos átomos para formar um cristal do material. Se o material apresenta o processo de vitrificação durante o resfriamento, a variação de volume é contínua, já que a ordenação dos átomos não ocorre totalmente.

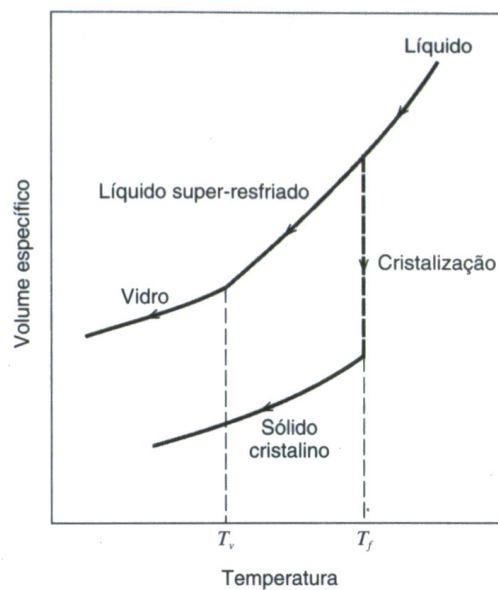


Figura 7.2 - Variação do volume específico com a temperatura para materiais vítreos e cristalinos (CALLISTER, 2002).

Portanto, é possível afirmar que o vidro tem estrutura de um líquido “congelado”. Este “congelamento” se dá à temperatura de vitrificação, que é inferior à temperatura de cristalização.

A estrutura amorfa é geralmente observada em materiais que poderiam apresentar estrutura cristalina se solidificados sob condições especiais. Alguns compostos cerâmicos à base de óxidos, silicatos, boratos e aluminetos formam estruturas vítreas em condições normais de solidificação.

A sílica (SiO_2) é o exemplo clássico de material que em condições especiais pode exibir o processo de cristalização e formar o quartzo; entretanto, se o resfriamento da

sílica, a partir do líquido, ocorre em condições normais, a estrutura resultante é amorfa (Figura 7.3).

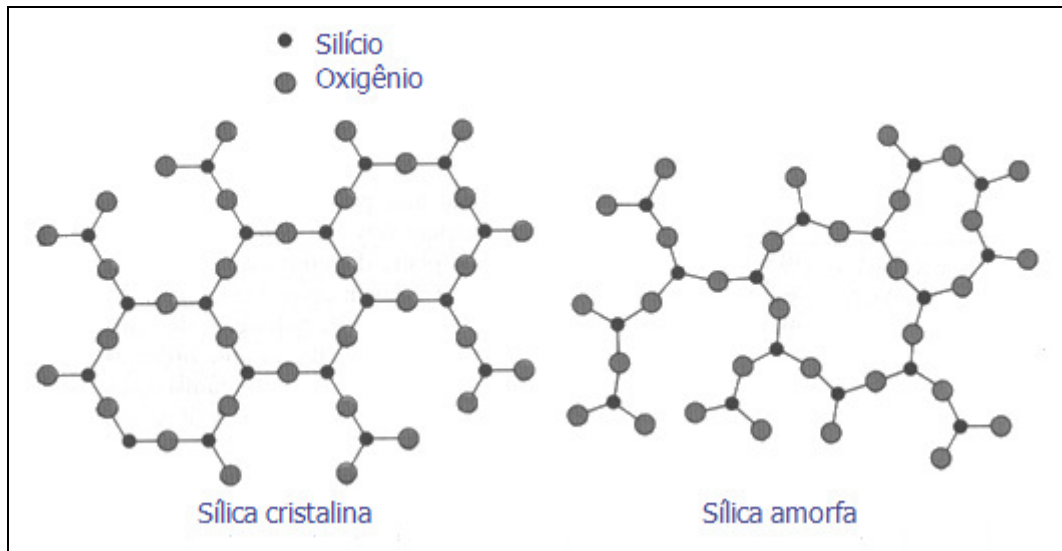


Figura 7.3 – Desenho esquemático das estruturas da sílica (adaptada de CALLISTER, 2002).

7.2 Metais amorfos

Além dos vidros, uma classe de materiais sólidos que apresenta estrutura amorfa e destaca-se pelo interesse tecnológico que desperta, são os “metais amorfos”, também conhecidos como “vidros metálicos”.

Os vidros metálicos representam uma nova classe de materiais que começou a ser desenvolvida com sucesso na década de 60. São obtidos a partir do estado líquido, por resfriamento ultra-rápido, ou seja, com taxas de resfriamento próximas de um milhão de graus por segundo.

Um material desse tipo foi obtido pela primeira vez no CALTEC (Califórnia Institute of Technology, EUA), em 1960, a partir da solidificação da liga Au-25%Si. Tal feito provocou interesse imediato da comunidade científica, pois até aquela data sempre se associava a estrutura atômica perfeitamente organizada (cristal) a um sólido metálico.

Embora os metais amorfos apresentem estruturas semelhantes a dos vidros tradicionais, eles exibem algumas características bastante diferenciadas destes, destacadas a seguir:

- Como são constituídos por elementos metálicos, os metais amorfos são ligados entre si por ligações metálicas e, portanto, apresentam elevadas condutividades elétrica e térmica, bem como são dúcteis;
- Os metais amorfos não são transparentes como os vidros à base de óxidos, nem são frágeis;
- Geralmente, mostram qualidades particulares como facilidade de magnetização, elevada dureza, alta tenacidade, resistência à corrosão muito boa e expansão térmica reduzida;
- Apresentam propriedades mecânicas bastante interessantes, como elevada resistência mecânica (a qual pode chegar próxima do valor teórico de monocristais sem discordâncias), podendo ser empregados como elemento de reforço em concreto, plástico e borracha;
- A estrutura amorfa apresenta um arranjo estrutural que, a rigor, não exibe as mesmas imperfeições observadas em materiais cristalinos; assim, os mecanismos de deformação plástica em cristais não são observados nos vidros metálicos;
- Com relação às propriedades químicas, vale destacar que a isenção de defeitos estruturais, como contornos de grão, discordâncias, precipitados e segregações, resultam em um material com comportamento químico bastante diferenciado dos metais cristalinos. Quando constituídos por elementos adequados, como o cromo, os metais vítreos apresentam resistência à corrosão ideal. Dentre as possíveis aplicações dos metais vítreos, com relação às características químicas, pode-se destacar o uso em lâminas de barbear, cutelaria, bioimplantes, eletrodo para células eletrolíticas e vasos de reatores químicos;
- Como a resistividade elétrica de um material está relacionada com a desordem de seus átomos, em metais vítreos este parâmetro é elevado quando comparado aos cristalinos, e pouco dependente da temperatura. Isto significa que os metais amorfos exibem baixo valor do coeficiente de variação de resistividade com a temperatura, podendo ser usados como resistência elétrica de precisão, ou ainda como sensores de campos magnéticos.
- Como possuem alta permeabilidade magnética e alta resistividade elétrica em relação aos cristalinos, podem ser utilizados na fabricação de transformadores elétricos, cabeçotes de gravadores e transdutores magnéticos.

O Quadro 7.1 apresenta uma comparação de características e propriedades de metais tradicionais, vidros tradicionais e metais vítreos

Quadro 7.1 – Comparação das características e propriedades dos materiais amorfos.

Característica/ Propriedade	Metais tradicionais	Vidros tradicionais	Metais vítreos
Estrutura	Cristalina	Amorfa	Amorfa
Ligação	Metálica	Covalente	Metálica
Tensão de escoamento	Não ideal	Quase ideal	Quase ideal
Trabalhabilidade	Boa, Dúctil	Pobre, Frágil	Boa, Dúctil
Dureza	Baixa / Alta	Muito alta	Muito alta
Resistência mecânica	Baixa / Alta	Baixa	Alta / Muito alta
Característica ótica	Opaca	Transparente	Opaca
Condutividades elétrica e térmica	Muito boas	Pobres	Boas
Resistência à corrosão	Pobre / Boa	Muito boa	Muito boa
Propriedades magnéticas	Diversas	Não existe	Diversas

7.3 Referências bibliográficas

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P. *The science and engineering of materials*. 4.ed. California: Brooks/Cole-Thomson Learning, 2003.

CALLISTER JR., William D. *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CARAM JR., Rubens. *Estrutura e propriedades dos materiais*. Apostilha de aula. Campinas: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2000.

SMITH, William F. *Princípios de ciência e engenharia de materiais*. 3.d. New York: McGraw-Hill, 1998.

VAN VLACK, L.H. *Princípios de ciência dos materiais*. 3.d. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.