

Curvas (TTT) Transformação Temperatura Tempo

Prof. Roberto Araújo Alécio



APRESENTAÇÃO DA CURVA TTT

www.wix.com/ralecio/raa

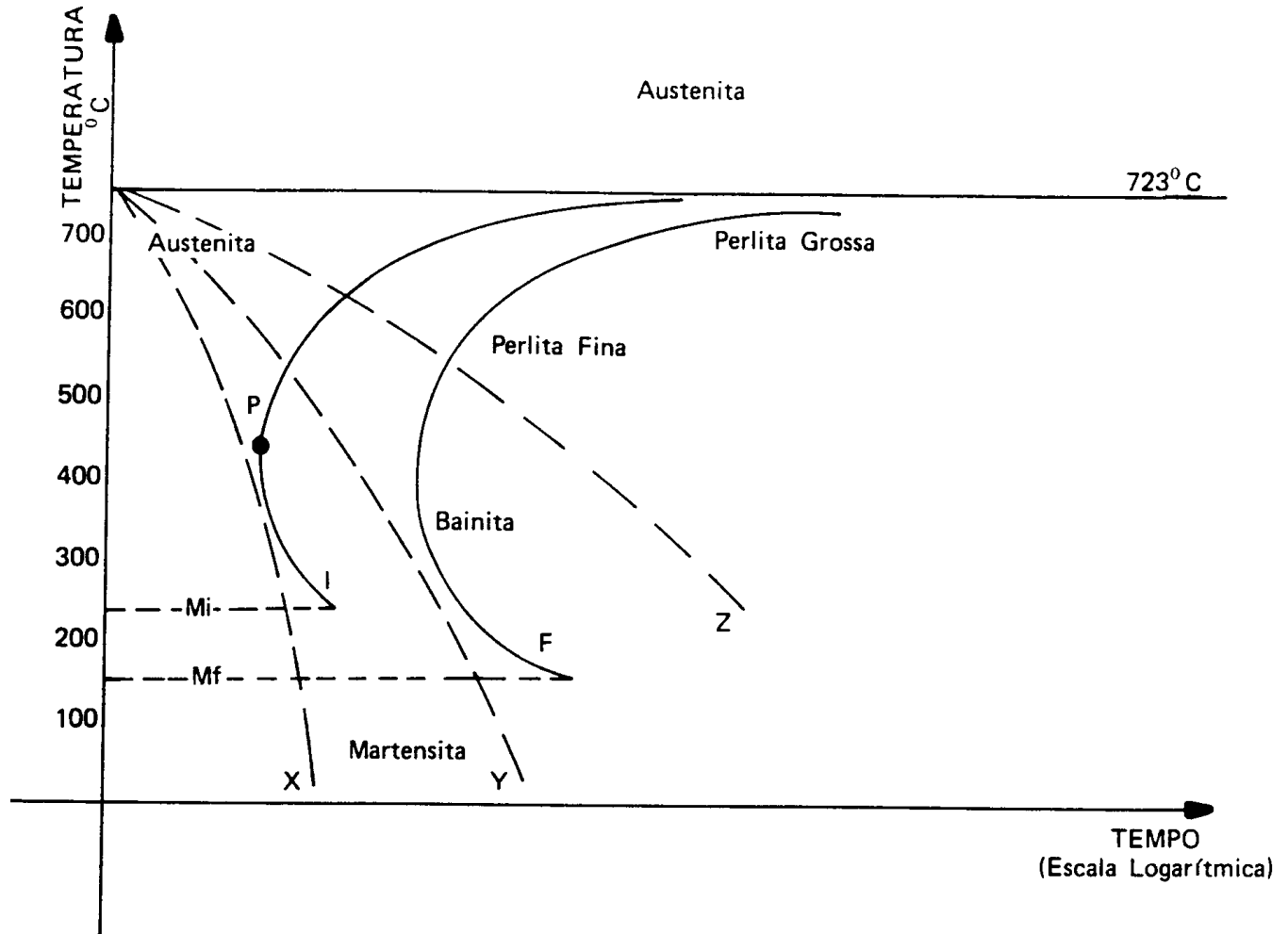
- O diagrama de fase Fe_3C , embora seja de grande utilidade, não fornece informações acerca da transformação da austenita fora das condições de equilíbrio.
- Por exemplo, com o diagrama Fe_3C , não se tem informações acerca das velocidades de resfriamento necessárias para temperar o material ou a que temperatura se dá esta transformação.
- Uma maneira de se obter estes dados é através da utilização de um diagrama de transformação isotérmica ou diagrama TTT, que é obtido pelo resfriamento da austenita a temperaturas constantes e sua transformação determinada ao longo do tempo.





DIAGRAMA TTT - AÇO CARBONO 0,8%C

www.wix.com/ralecio/raa





EXAME DA CURVA

www.wix.com/ralecio/raa

- Aço com 0,8% de C revela o seguinte:
 - A linha horizontal, na parte superior do diagrama, representa a temperatura eutetóide, isto é, a linha A1 à temperatura de 723° C;
 - A linha I indica o tempo necessário, em função da temperatura, para que a transformação da austenita em perlita se inicie;
 - A linha F indica o tempo necessário, em função da temperatura, para que a transformação da austenita em perlita se complete;
 - A transformação demora para se iniciar e se completar, à temperatura logo abaixo da crítica; em outras palavras, a velocidade de transformação é baixa inicialmente;





EXAME DA CURVA

www.wix.com/ralecio/raa

- o tempo para a transformação se iniciar e se completar é cada vez menor à medida que decresce a temperatura, até que, no ponto **P**, tem-se o mais rápido início de transformação;
- Abaixo do ponto **P**, aumenta novamente o tempo para que a transformação se inicie, ao mesmo tempo que a velocidade de transformação decresce;
- Finalmente, à temperatura aproximadamente de 200° C, a linha M_i e mais abaixo a linha M_f , indicam o aparecimento de martensita, a qual tem lugar instantaneamente, independente, portanto, do tempo.
- Assim, a cerca de 200 °C, a martensita aparece, em percentagens crescentes a partir de M_i , até constituir, à temperatura correspondente a M_f , a totalidade do produto de transformação.





TRANSFORMAÇÃO

www.wix.com/ralecio/raa

- Os constituintes resultantes da transformação da austenita nas diferentes faixas de temperatura aparecem na seguinte sequência:
 - (a) logo abaixo de A1, zona em que a velocidade de transformação é muito baixa, forma-se a perlita grossa, que possui lamelas largas e baixa dureza;
 - (b) a medida em que a temperatura cai, na proximidade do ponto **P**, a perlita que se forma adquire lamelas cada vez mais finas e é chamada de perlita fina;
 - (c) entre o ponto **P** e o início de formação da martensita, novamente há necessidade de um tempo mais longo para a transformação da austenita. Nesta faixa de temperatura o produto de transformação resultante varia de aspecto, desde um agregado de ferrita em forma de pena e carboneto de ferro muito fino, até um constituinte em forma de agulhas. Todas essas estruturas são designadas por bainita. A bainita tem maior dureza que a perlita fina.
- Deve-se observar que para cada aço, isto é, para aços de diferentes composições, existem curvas TTT diferentes.
- Outra limitação é que o diagrama é levantado a partir de transformações isotérmicas.





FATORES QUE INFLUENCIAM A POSIÇÃO DAS CURVAS TTT

www.wix.com/ralecio/raa

- A posição da curva TTT é influenciada pelos seguintes fatores:
 - **Teor de carbono** - quanto maior o teor de C, até a percentagem de 0,8%, mais para a direita ficará deslocada a curva TTT.
 - **Teor de elementos de liga** - quanto maior os teores de elementos de liga, com exceção do Co, mais para a direita ficará deslocada a curva TTT.
 - **Tamanho de grão e homogeneização da austenita** - quanto maior o tamanho de grão da austenita e quanto mais homogêneo for o grão mais deslocada para a direita ficará a curva TTT.
- A consequência mais importante do deslocamento da curva TTT para a direita, consiste na maior facilidade de se obter a estrutura martensítica.
- Um aço A é mais temperável que um aço B, quando a curva TTT de A está deslocada para a direita em relação a curva TTT de B, isto é, com menores velocidades de resfriamento se atinge a estrutura martensítica em A.





REFERÊNCIAS

www.wix.com/ralecio/raa

- BATISTA, G. Z. ; SOUZA, L. F. G. ; BOTT, I. S. ; RIOS, P. R. . Estudo da Correlação Microestrutura Propriedades Mecânicas de Aço da Classe API X80. In: 58º Congresso da ABM, 2003, Rio de Janeiro. Anais do 58º Congresso da ABM. São Paulo : ABM, 2003. v. único. p. 2957-2965.
- API AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Specification for Pipe Line, API Specification 5L, Forty second edition. July 2000.
- KRAUSS, G.; THOMPSON, S.W. Ferritic microstructures in continuously cooled low and ultra-low carbon steels. ISIJ International, v. 35, n. 8, p.937-945, 1995.
- GORNI, A.A; FREITAS, F.V.; SOUZA, J.S.; SILVEIRA, J.H.D.; CAVALCANTI, C.G. Efeito da temperatura de acabamento na Microestrutura e Propriedades Mecânicas de Chapas Grossas de Aço Microligado. 59º Congresso da ABM, 2004.
- EPUSP – IPEN – IPT. Textura e Relações de Orientação: deformação plástica, recristalização, crescimento de grão. Pág. 57-58. 2003.
- ZHAO, M.C.; YANG, K.; XIAO, F.R.; SHAN, Y.Y. Continuous Cooling Transformation of Undeformed and deformed low Carbon Pipelines Steels. Materials Science and Engineering, A355 2003. p. 126-136.
- Mario González Ramírez, Antonio Augusto Gorni, Fernando Landgraf, Paulo Henrique Ogata, Helio Goldenstein http://www.gorni.eng.br/Ramirez_CongABMX80_2007.pdf 62º Congresso Anual da ABM / 62nd ABM International Annual Congress, CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DE UM AÇO API 5L-X80 ATRAVÉS DE MICRODUREZA E MICROSCOPIA ÓTICA E ELETRÔNICA, acesso em 07/06/2011.
- Pickering FB, Physical Metallurgy and the design of steels, Applied Science Publishers LTD, London, 1978.
- C.A.D. Rodrigues, P.L.D. Lorenzo, A. Sokolowski, C.A. Barbosa, J.M.D.A. Rollo. Titanium and molybdenum content in supermartensitic stainless steel, Materials Science and Engineering A, v. 460-461, pp. 149-152, 2007.
- MARQUES, P. V., MODENESI, P. J., BRACARENSE, A. Q., Soldagem – Fundamentos e Tecnologia, 2a Edição, Editora UFMG, 2007.
- COLPAERT, H, Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns, 3ª Ed. São Paulo, Edgard BUIcher, 1974.
- THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY, The Procedure Handbook of Arc Welding, Twelfth Edition: Cleveland, Ohio, 1973.
- OKUMURA, T. e TANIGUCHI, C., Engenharia de soldagem e aplicações, Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e Científicos Editora S.A., 1982.
- Gimenes L. Jr.; Clara, M. S., Processo de soldagem Eletroescória, INFOSOLDA – O portal brasileiro da soldagem.
- FBTS, Curso de Inspetor de Soldagem - Processos de Soldagem.

