

O FÓSFORO NOS AÇOS

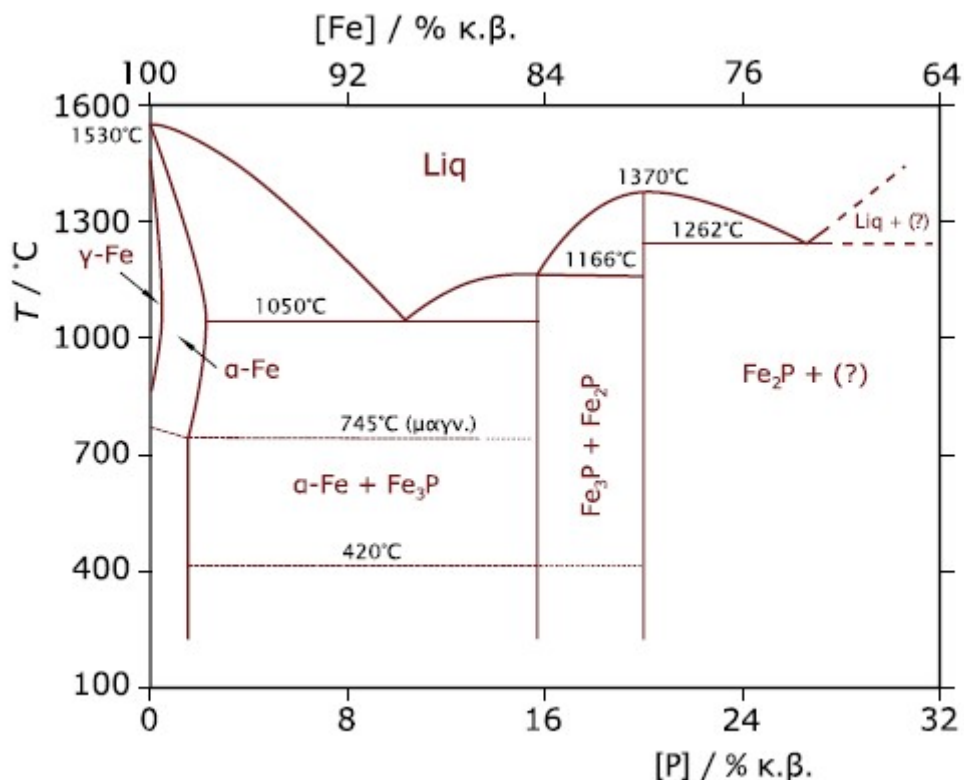
Metalurgista Industrial

agosto 2019

www.metalurgistaindustrial.com.br

O fósforo é um usual contaminante dos minérios de ferro e acaba por se incorporar em maior ou menor extensão ao ferro-gusa produzido nos altos-fornos, e é comumente considerado como uma impureza nos aços. Como abordado na Resenha Técnica de Tecnologias de Processos Os Processos Pneumáticos de Produção de Aço, a crescente aceitação dos convertedores básicos em substituição ao convertedor Bessemer originalmente em meio ácido deveu-se à incapacidade deste de remoção desse elemento. O fósforo oxida-se rapidamente e é removido sob a forma do óxido P_2O_5 que é retido por absorção pela escória básica oxidante antes da oxidação do carbono. O carregamento de escórias oxidantes contendo P_2O_5 pode resultar na reversão desse elemento para o aço líquido nas etapas subsequentes de processamento. Para se evitar essa reversão do fósforo são utilizadas técnicas de *slag free tapping* disponíveis nos modernos convertedores a oxigênio e fornos elétricos a arco.

O diagrama de fases Fe-P é mostrado abaixo. Pelos teores de fósforo contido nos aços comerciais, o fosfeto de ferro Fe_3P não se encontra presente nestes. Esse fosfeto torna-se um componente estrutural de alta dureza do ferro fundido na forma de uma fase Fe/ Fe_3P consistindo do eutético ferrita e Fe_3P . A composição desse eutético é 10,2% P e 89,8% Fe em peso.



O fósforo nos aços traz efeitos benéficos e maléficos dependendo das circunstâncias e aplicações.

Nos aços comerciais comuns, o teor residual de fósforo é usualmente de máx. 0,05% em peso. Entretanto, aplicações que demandam propriedades físicas e mecânicas mais exigentes requerem teores bem inferiores de fósforo. Uma grande variedade de

aços é produzida com $< 0,02\%P$ em peso, alguns tipos de tubos sem costura e chapas grossas requerem $< 0,01\% P$ em peso. Nos aços o fósforo existe somente em solução sólida na ferrita.

O fósforo provoca aumento da resistência e decréscimo da ductilidade e tenacidade de impacto dos aços. Esses efeitos adversos na ductilidade e tenacidade são maiores em aços de maiores teores de C temperados e revenidos. Como antes abordado na Resenha Técnica O que é o Aço – Fundamentos, o fósforo é o mais potente endurecedor da ferrita, logo após os intersticiais C e N. Uma adição de fósforo de apenas 0,17% em peso aumenta em por volta de 62MPa os limites de escoamento e de resistência à tração de tiras de aços baixo C, a resposta a *bake hardening* e a estampabilidade profunda (*deep drawability*), pelo que aços refosforados de alta resistência são amplamente empregados em aplicações de conformação a frio. O fósforo também é empregado para aprimorar as características de usinabilidade e resistência à corrosão atmosférica, esta última especialmente quando o cobre está presente.

Os efeitos nocivos do fósforo são o de redução da tenacidade e da ductilidade. Teores mais elevados desse elemento podem ser tolerados quando C é inferior a 0,15% em peso. O fósforo provoca fratura intergranular a baixas temperatura por segregação nos contornos de grãos.

O efeito de aumento da resistência promovido pelo fósforo acompanhado concomitantemente por decréscimo na ductilidade pode ser observado, por exemplo, na figura a seguir. Essa figura mostra a relação entre a redução no alongamento e aumento no limite de resistência à tração resultantes de adições de P, Mn e Si em um aço de ultrabaixo teor de carbono estabilizado por titânio. O fósforo e outros elementos endurecedores causam redução da formabilidade, de modo que deve ser considerado um balanço entre resistência e formabilidade. A elevados teores de fósforo, dependendo da composição química, processamento etc., a ductilidade é severamente limitada pelo fenômeno de fragilização associado à segregação do fósforo nos contornos de grãos.

