

# O NITROGÊNIO NOS AÇOS

Metalurgista Industrial

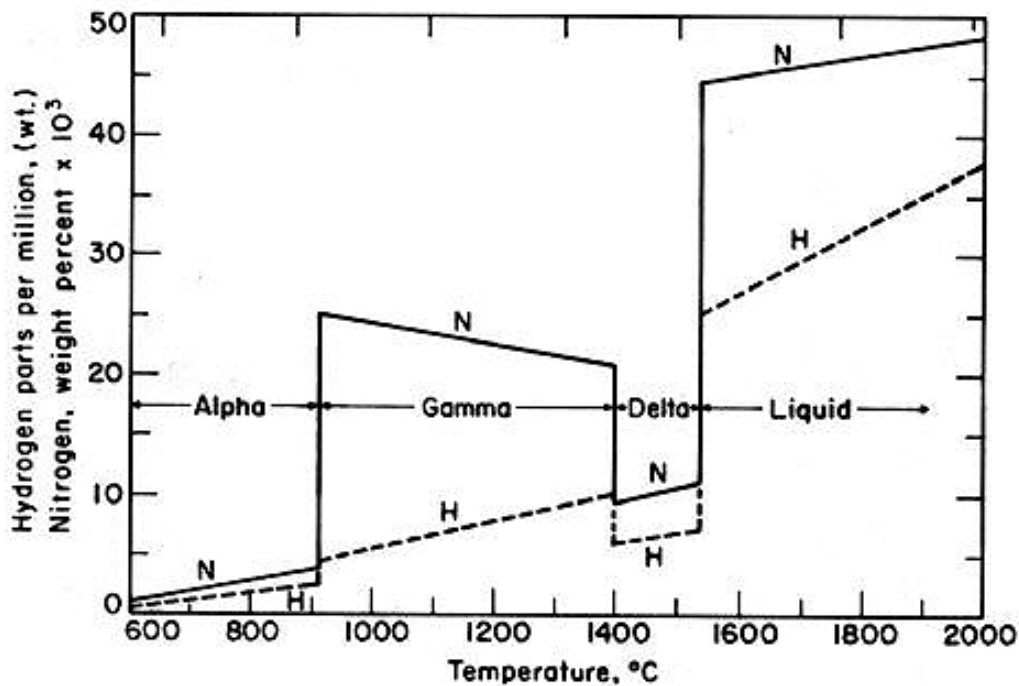
janeiro 2020

[www.metalurgistaindustrial.com.br](http://www.metalurgistaindustrial.com.br)

Os aços sempre contêm algum nitrogênio, que é um elemento eficiente na melhoria das suas propriedades mecânicas e de resistência à corrosão se permanece em solução sólida ou precipita-se como nitretos de morfologia fina e coerente. O nitrogênio adicionado a aços austeníticos concorre simultaneamente para o aprimoramento das resistências mecânicas e à fadiga, taxa de encruamento e resistência à abrasão e corrosão localizada.

A solubilidade máxima do nitrogênio no ferro líquido é de aproximadamente 450ppm e inferior a 10ppm à temperatura ambiente como mostrado no diagrama a seguir. Quando o aço está no estado líquido, o nitrogênio presente encontra-se em solução.

Entretanto, a solidificação do aço resulta em fenômenos relacionados de formação de porosidades (*blowholes*), precipitação de um ou mais compostos de nitretos e/ou a solução intersticial desse elemento.



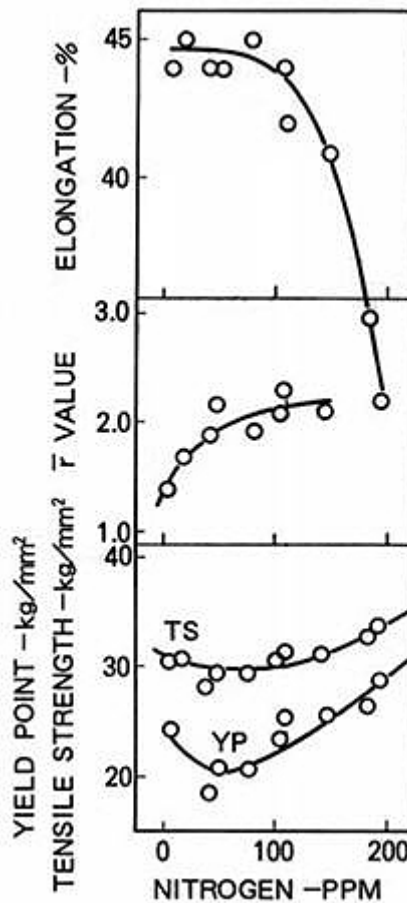
Várias fontes de nitrogênio são encontradas durante as operações de fusão, metalurgia secundária e lingotamento. Essas incluem o ferro-gusa, as sucatas ferrosas, impureza no oxigênio e o eventualmente utilizado como gás de rinsagem. A absorção de nitrogênio da atmosfera pode ocorrer durante resopros no caso de o convertedor ser preenchido com ar no reinício do sopro e nos vazamentos das corridas de aço. Outras fontes podem incluir o ar atmosférico através das escórias, carburantes como o coque e ferroligas.

## Efeitos nas propriedades dos aços

Os efeitos do nitrogênio nas propriedades dos aços podem ser prejudiciais ou benéficos, dependendo dos elementos de liga presentes, a forma e quantidade presente de nitrogênio e o comportamento requerido para o produto siderúrgico em particular.

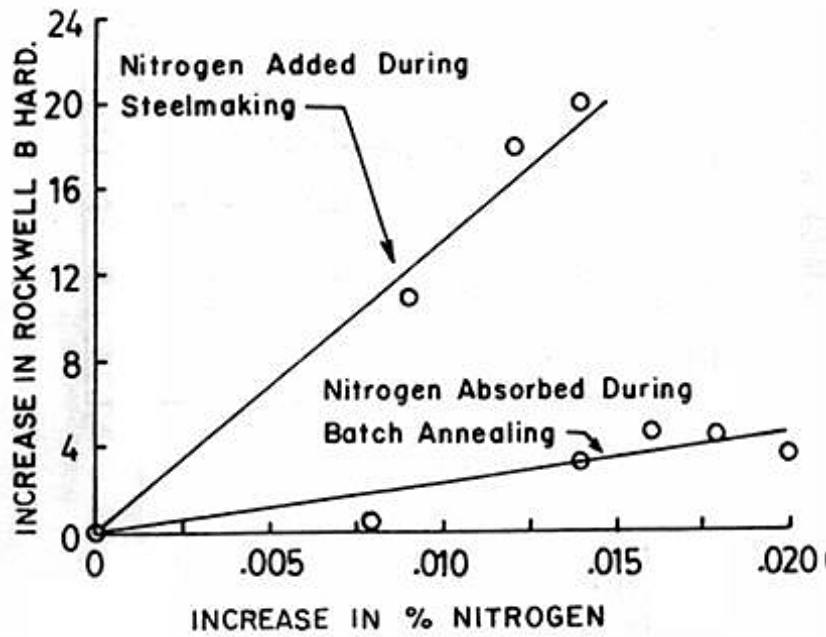
Geralmente, entretanto, a maioria dos produtos siderúrgicos requer que o nitrogênio seja mantido a um mínimo. Altos teores de nitrogênio podem resultar em propriedades mecânicas inconsistentes nos produtos laminados a quente, fragilização (*embrittlement*) das zonas termicamente afetadas de aços soldados, baixa conformabilidade a frio, envelhecimento por deformação (*strain ageing*) e ductilidade comprometida em aços baixo carbono acalmados ao alumínio laminados a frio e recozidos.

O diagrama abaixo reflete o efeito do nitrogênio sobre o limite de escoamento (*yield strength*), limite de resistência (*tensile strength*), coeficiente de anisotropia (*r-value*) e alongamento de um aço baixo carbono acalmado ao alumínio na condição de recozido.



Os efeitos do nitrogênio nas propriedades mecânicas resultam do aumento da resistência por solução sólida intersticial (*solid solution straightening*) pelo nitrogênio livre, aumento de resistência por precipitação por nitretos de alumínio e outros e refino de grãos devido à presença de nitretos precipitados.

A dureza dos aços aumenta linearmente com o aumento do teor de nitrogênio, como ilustrado no diagrama em prosseguimento. O diagrama mostra que o nitrogênio absorvido durante os processos de fabricação dos aços apresenta um impacto maior do que o absorvido durante o recozimento em caixa (*batch annealing*) em uma atmosfera rica em nitrogênio, embora ambos detenham um efeito considerável.



Concomitantemente, à medida que o nitrogênio livre aumenta, a tenacidade decresce. Esse fenômeno de decréscimo da tenacidade é observado pelo acréscimo da temperatura de transição dúctil-frágil. Quanto menor a temperatura de transição, melhores são as propriedades de resistência ao impacto. Esse efeito é atribuído ao fenômeno de aumento da resistência por solução sólida.

