

REDUÇÃO DIRETA E FUSÃO REDUTORA (SMELTING REDUCTION)

Metalurgista Industrial

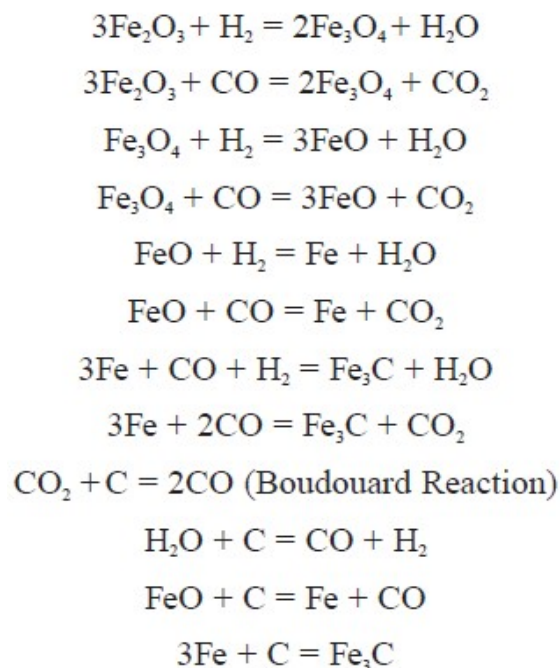
abril 2019

www.metalurgistaindustrial.com.br

1. REDUÇÃO DIRETA

Os processos que produzem ferro metálico pela redução do minério de ferro abaixo do ponto de fusão deste metal são classificados como de redução direta e seus produtos referidos como ferro diretamente reduzido (DRI).

A redução dos óxidos de ferro nesses processos segue o mesmo sistema reacional dos altos-fornos, resumidamente:

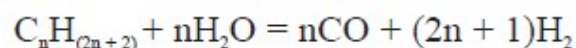


Quando a redução é realizada abaixo de $\sim 1.000^\circ\text{C}$ os agentes redutores são CO e H₂ e o DRI produzido será poroso e terá aproximadamente o mesmo tamanho e formato do minério ou aglomerado. O ferro metálico também absorve carbono pelas reações formadoras de Fe₃C. O DRI dos processos baseados em gás natural contém tipicamente 1 a 2,5% de carbono como cementita.

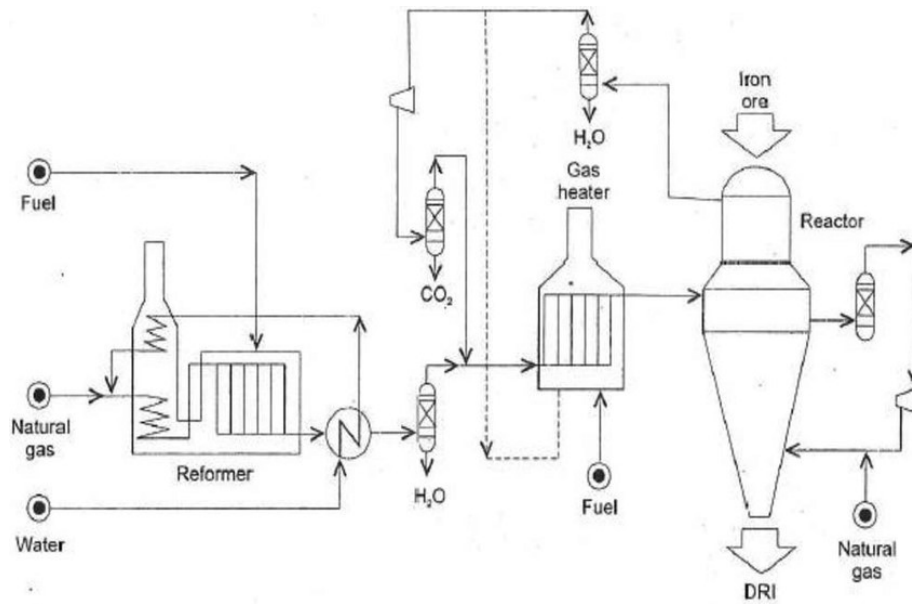
Processos de Redução Direta baseados em gás natural

(i) Em fornos de cuba

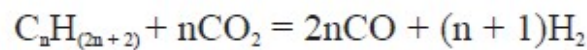
Nesses processos, o gás natural é reformado em catalizadores por meio de vapor ou gás reciclado do reator de redução em contracorrente. No caso de vapor, o gás redutor é produzido pela reforma do gás natural com vapor de acordo com:



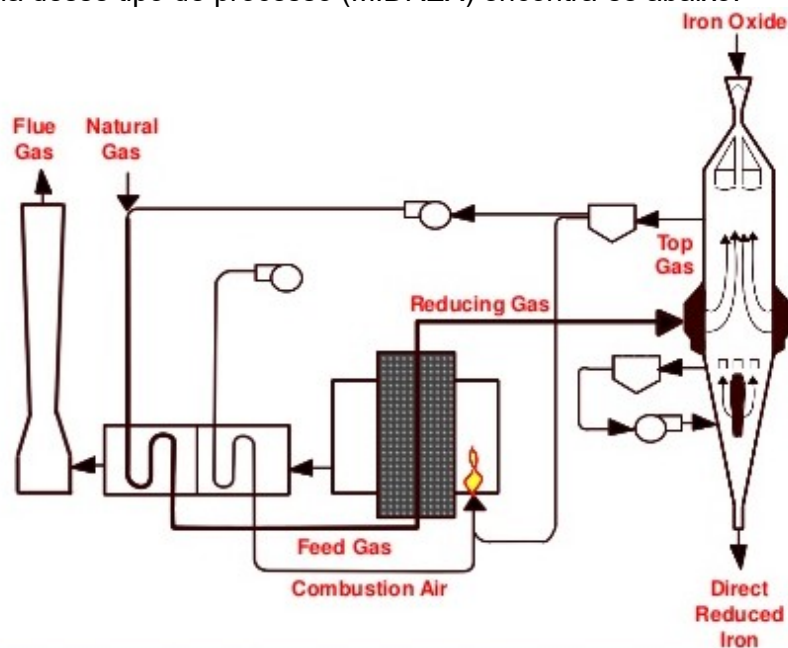
A seguir, um fluxograma de processo de redução direta baseado na reforma do gás natural por vapor (HYL III).



Nos processos que reciclam parte do gás de topo do reator de redução no reformador, CO e H₂ adicionais são gerados de acordo com a seguinte reação:

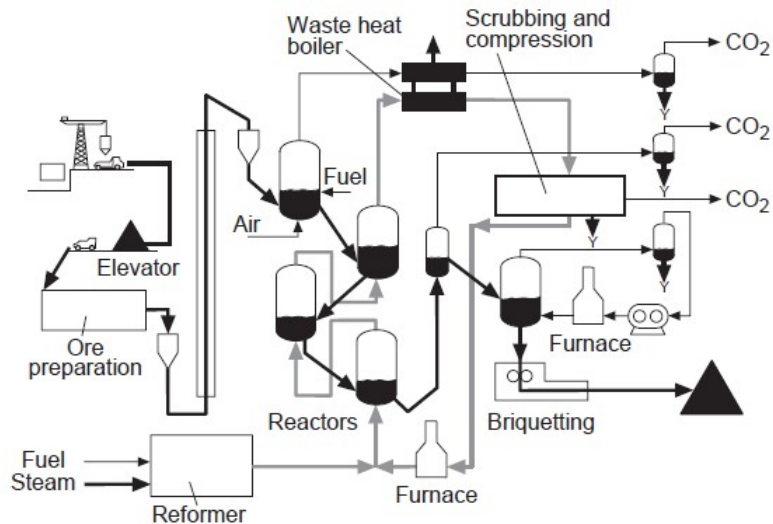


Um fluxograma desse tipo de processo (MIDREX) encontra-se abaixo.



(ii) Em leito fluidizado

Típico desse tipo de processo é o FIOR, cujo fluxograma é mostrado a seguir, compreendendo quatro reatores em leito fluidizado em série, um reformador e uma instalação de briquetagem a quente.



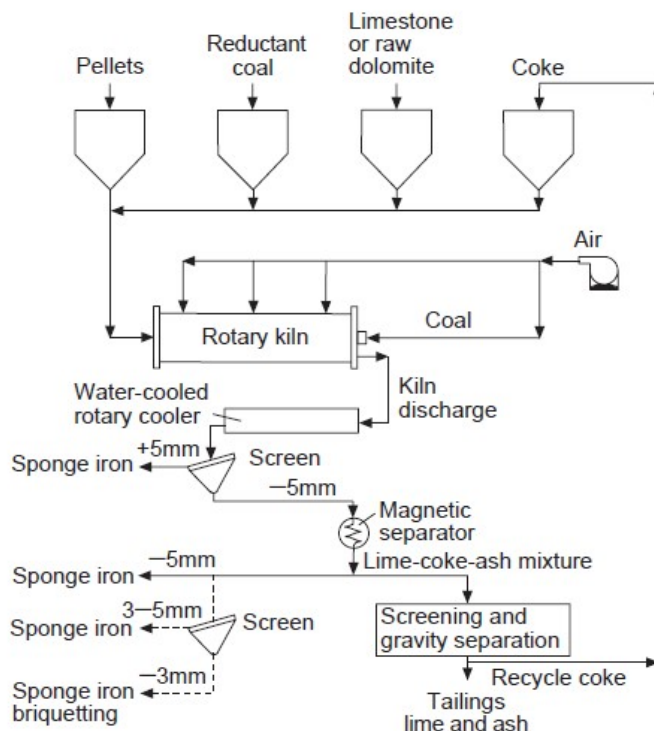
Processos de Redução Direta baseados em carvão

Esses processos utilizam gás redutor gerado de hidrocarbonos no forno de redução do tipo rotativo, um cilindro horizontal internamente revestido por material refratário. O forno é inclinado em relação à horizontal de modo que sua carga se desloque até a descarga por rotação e gravidade.

Carvão, fluxante e óxidos de ferro são carregados na extremidade mais alta do forno e passam através de uma zona de aquecimento onde o carvão é volatilizado, o fluxante calcinado e a carga aquecida à temperatura de redução.

Os óxidos de ferro são conseqüentemente reduzidos. Parte das demandas térmicas do processo é suprida por queimador localizado na área de descarga.

Em prosseguimento, um fluxograma do processo CODIR.



2. FUSÃO REDUTORA – O PROCESSO COREX

O COREX é o único processo de fusão redutora em operação comercial alternativamante ao alto-forno. Mostrado esquematicamente a seguir, é baseado em uma operação em dois estágios na qual DRI produzido em um forno de cuba como o HYL ou MIDREX é carregado em um gaseificador-fundidor.

O gás redutor para o forno de redução é produzido por combustão parcial do carvão com oxigênio no leito fluidizado do gaseificador - fundidor.

A energia necessária para complementar a redução do DRI e produzir ferro no estado líquido e escória é suprida pela combustão parcial.

