

PELLETS DE MINERAL DE HIERRO ENERGIZADOS PARA REDUCCIÓN DIRECTA Y PRODUCCIÓN DE HIERRO ESPONJA



La fabricación de acero se efectúa a partir de la fusión de hierro metálico, chatarra y/o Hierro Esponja. Todavía la mayor proporción de acero se produce a partir del producido en los llamados Altos Hornos por sus grandes dimensiones, donde se alternan capas de mineral de hierro y coque, con cal como fundente y para eliminación del azufre en forma de sulfatos de calcio, para producir la reducción del mineral y producir el llamado Hierro Blister (**Figura 1**).

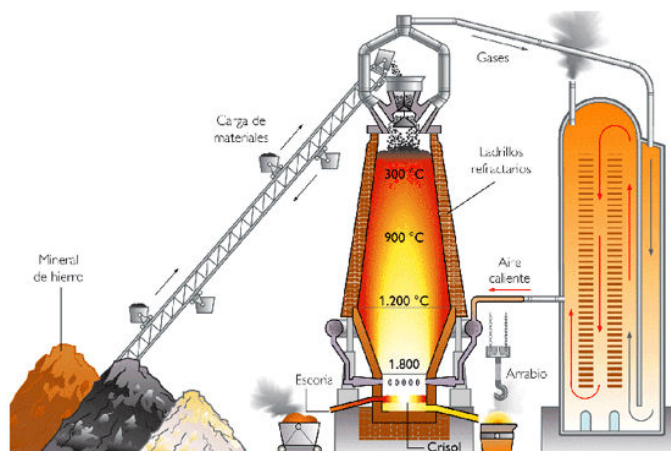


Figura 1
Alto Hornos de Hierro

La segunda alternativa es utilizar la chatarra de hierro, de material reciclado de los múltiples usos de hierro utilizado (automóviles, postes, estructuras de todo tipo, etc.)

Al producirse escasez de chatarra por la guerra de Corea, en México se desarrolló la técnica de reducción directa del Hierro Esponja, con carbón mineral. Esta tecnología puede aplicarse en hornos tubulares, alimentando pellets de mineral de hierro, para obtener hierro esponja (**Figura 2**)



Figura 2
De pellets a Hierro Esponja

Para efectuar esta reducción directa, se utilizan grandes hornos tubulares con alimentación conjunta de estos dos materiales y aporte térmico para manejar las condiciones termodinámicas adecuadas en el interior del horno (**Figura 3**)



Figura 3
Horno de Hierro Esponja

La tendencia moderna es reemplazar este proceso por la utilización de Horno Verticales, utilizando como fuente reductora Gas de Síntesis, producido a partir de gas natural en una atmósfera de vapor de agua, obteniendo un gas rico en Hidrógeno y CO, que además de ser extremadamente peligroso, se justifica como insumo para producción de metanol y Amoníaco, teniendo que obtenerse a un precio muy bajo el gas natural para justificar el empleo de Gas de Síntesis como reductor; en otras palabras, técnicamente el proceso de reducción directa en hornos verticales tiene muchas ventajas sobre los hornos horizontales tubulares que son pésimos intercambiadores de calor, pero económicamente resulta un lujo difícil de justificar.

Investigación aplicada: nueva tecnología

La experiencia desarrollando proyectos de optimización en las operaciones de producción de concentrados de Hierro, su aglomeración en tambores de pelletización y su posterior secado en parrillas viajeras, así como su reducción a hierro esponja en hornos tubulares, nos ha permitido concebir una forma más simple, práctica y efectiva de producción de hierro metálico, eliminando gran parte de la enorme maquinaria utilizada y disminuyendo radicalmente los costos de inversión, operación y mantenimiento.

Contando con la colaboración de un importante productor de mineral de hierro hemos efectuado un trabajo de investigación para desarrollar una integración de procesos, consistente en producir “pellets energizados” que permitan su reducción directa en equipos relativamente simples, con menores implicancias de carácter ecológico.

Los resultados del trabajo de campo y las pruebas de laboratorio, nos permitieron comprobar la factibilidad de integrar en la producción de pellets en el tambor pelletizador, una proporción calculada de carbón pulverizado, suficiente para producir la reducción directa del mineral en la etapa de secado.

Sin embargo, no resultó posible realizar simultáneamente esta prueba por no estar diseñados los hornos secadores diseñados para efectuar ambos procesos simultáneamente y no poder modificar el trabajo de los secadores existentes, convirtiéndolos directamente en hornos de secado y reducción del mineral de hierro, produciendo directamente Hierro Esponja. Los inconvenientes no fueron de carácter termodinámico sino mecánico, no existiendo las condiciones en los quemadores para elevar la temperatura, ni los motores adecuados para disminuir la velocidad de giro y aumentar el grado de llenado, para desarrollar ambos procesos dentro del mismo reactor.

El proyecto de investigación sigue en marcha y los resultados han justificado que la empresa esté dispuesta a efectuar las inversiones necesarias para modificar uno de sus hornos, ampliando los márgenes de utilización, sin perder la posibilidad de mantener la condición operativa actual.

Para dosificar el carbón al tambor pelletizador (**Figura 4**) se dosifica el carbón necesario con la reacción:



Figura 4
Tambor Pelletizador

Alternativas de aplicación

La producción de pellets de mineral de hierro energizados con el contenido de carbón pulverizado estequiométricamente necesario para producir su reducción directa, permite considerar varias posibilidades de completar el proceso, eliminando plantas completas de procesamiento.

Resulta necesario establecer que la reacción de reducción directa ya se está produciendo en el interior de los pellets, pero a velocidad extremadamente lenta a temperatura ambiente. En el secado a temperaturas limitadas se incrementará la cinética de reacciones del carbón con el oxígeno del aire y el agua, produciéndose formación de algo de CO e inclusive Hidrógeno que ya actúan como reductores, “arrancándole” el oxígeno al óxido de hierro que constituye el mineral de hierro concentrado.

Para efectuar la reducción directa completa podríamos considerar las siguientes alternativas:

- Hornos de secado - reducción: Considera la modificación de los Hornos secadores para ampliar su capacidad de procesamiento, manteniendo una primera etapa de secado, incrementando posteriormente la temperatura hasta los niveles que permitan efectuar la reacción en el interior de los nódulos, produciendo directamente Hierro Esponja.

- Producir los Pellets energizados secos y procesarlos en otro reactor de Reducción Directa, especialmente diseñados para este propósito en la escala industrial que corresponda.
- Comercializar los pellets energizados para que la empresa siderúrgica se encargue de la reducción directa.

Ventajas del desarrollo tecnológico

La tecnología propuesta cumple la máxima aspiración del concepto de conservación energética, al permitir eliminar un proceso y varias operaciones al mismo tiempo, generando un ahorro inmenso en los costos de obtención del hierro esponja, que podría despedir a los arcaicos sistemas todavía produciendo la mayor proporción de Hierro Esponja para fabricación de acero.

Producir directamente pellets de hierro metálico en el campo metalúrgico en cierta forma lo interconecta con el siderúrgico.

La comercialización de “pellets energizados” facilita la tarea siderúrgica, pero compromete la participación directa de los ingenieros de planta, quienes deben disponer de la capacidad suficiente para diseñar los reactores adecuados; si como sucedía en el siglo XX se encarga esta tarea a los fabricantes de maquinaria y equipo, siendo buenos empresarios, procurarán complicar las cosas en lugar de simplificarlas, para obtener los mayores beneficios.

El diseño del reactor adecuado tendría que cumplir algunas condiciones y tener las siguientes características:

- Temperatura: La indicada para generar la reacción parcial de oxidación (combustión incompleta) que produzca CO y algo de hidrógeno.
- Presión ligeramente positiva para evitar el ingreso de aire falso, lo que también establece la necesidad de hermeticidad en el reactor.
- Control de la atmósfera interna: Controlando presión y temperatura debe mantenerse la atmósfera reductora necesaria para que todo el oxígeno del óxido de hierro sea extraído y convertido en CO₂ y H₂O.
- Contacto de gases con los pellets : El control de la atmósfera interna del horno debe mantener una condición casi estacionaria, determinando que lo único que fluya fuera de la zona de reacción sea CO₂.

El sistema ideal de diseño que hemos considerado es el de una parrilla viajera cerrada con combustión estacionaria que permita mantener los parámetros en los niveles adecuados, dimensionando el sistema en función de la capacidad de producción proyectada (**Figura 5**).

También se podría diseñar un reactor tubular con diámetro muy pequeño para favorecer el contacto y controlar la velocidad de paso de los gases, aprovechando el giro del horno para el avance del material, determinado por su pendiente.

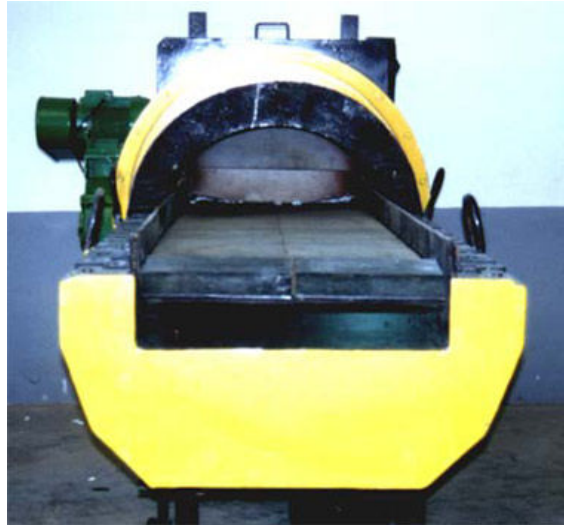


Figura 5
Parrilla viajera con atmósfera reductora

La tecnología propuesta puede presentar muchas interrogantes de carácter técnico; para resolverlos se requiere precisamente la investigación aplicada que promociona el Instituto Latinoamericano de la Combustión.