

El prerreducido de hierro, un buen sustituto de la chatarra

ALFONSO LÓPEZ DÍAZ*
NORMA CONSTANZA HOYOS**

Palabras claves: mineral de hierro, reducción directa, horno rotatorio, prerreducido, carbón, caliza.

* Director de Investigaciones, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja

** Asistente de Investigación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja

Integrantes del Grupo de Materiales Siderúrgicos, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja

Resumen

Aproximadamente el 20% de la chatarra que se utiliza en Colombia para la obtención del acero es un producto importado. Una alternativa al uso de esta son los materiales prerreducidos de hierro.

La situación económica en Colombia obliga a seguir una cultura de uso y reuso de los bienes muebles. Así, cuando se compra una nevera nueva, la vieja se la cede a alguien. Sencillamente las cosas se usan hasta cuando ya no funcionan más. En los países industrializados los bienes muebles son desechables, por ejemplo cuando una persona se cansa de su auto, lo arroja y compra otro.

Esta es la razón por la cual en Colombia se debe importar chatarra de hierro, ya que la cantidad que genera el país no es suficiente para cubrir la requerida para la producción de acero.

Este es el problema que identificó el Grupo de investigación en Materiales Siderúrgicos de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y diferentes empresas siderúrgicas nacionales como Siderúrgica de Boyacá (actualmente Grupo Siderúrgico DIACO) y Acerías Paz del Río, para desarrollar un material sustituto de la chatarra. Con el apoyo de Colciencias se lograron obtener prerreducidos de hierro a partir de minerales de hierro nacionales como una alternativa al uso de la chatarra y a la importación de prerreducidos extranjeros.

Abstract

Approximately 20% of the scrap iron that is used in Colombia for obtaining steel is an imported product. The pre-reduced iron materials are an alternative to the use of it.

The economic situation in Colombia forces to follow a use and reuse culture of personal property. Thus, when a new refrigerator is bought, the old one yields to somebody else. Simply speaking, the things are even used until they are not running on longer. In industrialized countries personal property is disposable; for example, when a person gets tired of his/her car, he/she throws it away and he/she buys a new one.

It is the reason why in Colombia iron scrap iron needs to be imported, because the amount of this that is generated by the country is not enough to supply the required amount for steel production.

The research group at Pedagógica y Tecnológica de Colombia University (UPTC) and various iron and steel national companies like: Siderúrgica de Boyacá (currently called "Grupo Siderúrgico DIACO") and Acerías Paz del Río, have found this problem and have proposed a substituting material for iron scrap. Some pre-reduced iron forms from national iron minerals were obtained, with the support of COLCIENCIAS, as an alternative to the use of iron scrap and to the import of foreign pre-reduced materials.

Introducción

La chatarra es la materia prima principal que se carga al horno de arco eléctrico para la producción de acero. La difícil situación del mercado de la chatarra y su precio inestable, ha llevado a que cada día se emplee en mayores cantidades prerreducidos de mineral de hierro, como sustituto parcial de aquella.

El prerreducido de hierro es el producto metálico obtenido a partir de mineral de hierro, en hornos que emplean temperaturas por debajo de la de fusión de los materiales involucrados y en condiciones reductoras.

El presente trabajo presenta un compendio de los principales tópicos de investigación desarrollados por el Grupo de Materiales Siderúrgicos de la Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia, correspondientes a la obtención de prerreducidos a partir de minerales de hierro nacionales especialmente de la región cundiboyacense.

Para ello se hace primeramente una presentación de los principales procesos de producción del acero. Seguidamente, se recuerdan los procesos de reducción directa, posteriormente, se mencionan los ensayos de reducibilidad que se hacen en un horno tipo linder y por último se describe un horno tubular rotatorio en donde se obtiene el prerreducido a nivel laboratorio.

Principios teóricos

Generalidades de la obtención del Acero

El hierro se encuentra normalmente en la naturaleza como mineral, junto con otros elementos químicos. Los minerales de hierro se componen, sobre todo, de combinaciones de hierro y oxígeno (óxidos) mezclados con impurezas. Para obtener el hierro hay que eliminar esta unión química. Para separar el oxígeno del hierro, es decir, reducir el mineral de hierro, se necesita una sustancia apropiada que se combine con el oxígeno del mineral, por ejemplo, el coque, el carbón, el gas natural o el hidrógeno. Igualmente para el proceso de reducción se requiere calor.¹

El acero se obtiene principalmente por dos métodos, a partir de mineral de hierro, en el alto horno – convertidor (proceso integrado) y empleando chatarra en horno eléctrico (proceso semiintegrado).

El primer método la fabricación del acero, en síntesis, se realiza eliminando las impurezas y añadiendo las cantidades convencionales de los distintos elementos de aleación. La reducción se realiza, normalmente, en el alto horno obteniéndose el arrabio líquido. El alto horno es un horno de cuba que trabaja en forma continua y que posee un revestimiento interior constituido por ladrillos refractarios. Las dimensiones del alto horno dependen de las cantidades que se planea producir. El arrabio es tratado con

oxígeno en el convertidor obteniéndose el acero.

En el proceso semiintegrado, la carga está formada casi exclusivamente por chatarra. Antes de poder utilizarla, la chatarra debe ser preparada y clasificada, debido a que su contenido afecta la composición del metal producido. También, se añaden otros materiales, como pequeñas cantidades de mineral de hierro y cal seca, para contribuir a eliminar el carbono y otras impurezas.

La resistencia del metal al flujo de corriente eléctrica genera calor que, junto con el producido por el arco eléctrico, funde el metal con rapidez.

Cualquiera sea el proceso de obtención del acero, siempre estará presente la presencia de impurezas y gases, que producen inclusiones y segregaciones que hacen necesario la implementación de procesos de refinación posterior, comúnmente conocidos como "afino" del acero.

Un sustituto de la chatarra como carga para los hornos eléctricos y los convertidores, lo constituyen los denominados prerreducidos de hierro.

Los prerreducidos de hierro se obtienen en los llamados procesos de reducción directa. Ellos pueden utilizar como reductores el carbón o el gas natural y como reactores horno de cuba, de retorta, de lecho fluidizado, tubulares rotatorios o rotatorios de solera, dependiendo de las materias primas disponibles. Para ello es importante caracterizarlas, es decir conocer su composición química, su petrografía y su análisis mineralógico y análisis granulométrico. Pero esta caracterización no es suficiente. Se requiere conocer el comportamiento del mineral de hierro ante un reductor, es decir su reducibilidad o facilidad para que sea retirado el oxígeno.

Reducción Directa

En los años '60 fueron realizados los primeros ensayos de reducción directa de mineral de hierro en estado sólido. Ellos surgieron como consecuencia de las limitantes encontradas en los procesos de reducción en el alto horno, debido a los problemas de contaminación ambiental que presentan las coquerías y al deseo de producir acero por parte de países que no poseen carbón coquizable. Bien conocido es el hecho de que en el mundo la cantidad de carbón coquizable es inferior al 10% del total.

Un prerreducido de hierro es un mineral al que se le extrae parcialmente el oxígeno. Al hacer esto, su superficie se vuelve porosa y por esta razón recibe el nombre de hierro esponja.

Una vez se tiene el mineral de hierro a una granulometría adecuada, se somete a una temperatura tal que no alcance el punto de fusión, es decir sin llevarlo al estado líquido, se agrega un reductor y este absorbe parte del oxígeno presente en el hierro. Las altas temperaturas facilitan la salida de oxígeno y de esta manera se logra obtener el prerreducido que es una especie de chatarra metálica.

Reducibilidad

Tan importante como la caracterización de los minerales y saber su contenido de hierro y otros elementos, es saber el grado de reducibilidad del mineral, es decir, que tan fácil se le puede extraer el oxígeno. Para esto se emplea el horno Linder, que es, un pequeño horno de laboratorio en el que se someten los diversos minerales a temperaturas inferiores al punto de fusión.

La prueba linder fue desarrollada para determinar la reducibilidad y también la degradación durante la reducción². Este ensa-

yo prevé que la reducción obtenida en la prueba debe dar información sobre la reducción a alcanzarse en un reactor industrial.

Se busca, por medio de este reactor, evaluar el comportamiento del mineral frente a condiciones reductoras similares a las que se van a encontrar en diversos procesos de reducción directa, permitiendo evaluar el comportamiento de las materias primas (mineral, coque, carbón y caliza).

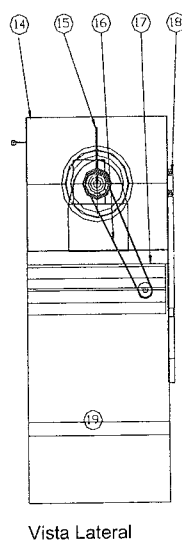
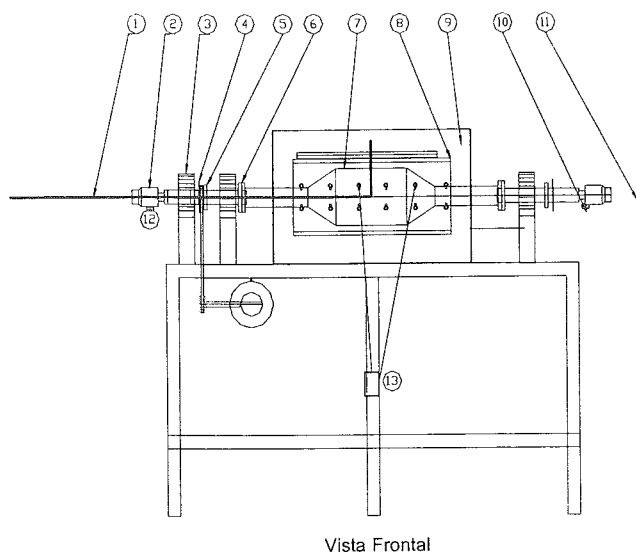
El reactor tipo Linder, diseñado y fabricado en los laboratorios de la UPTC, posee las siguientes características:

Consta, en principio, de un tambor en acero inoxidable que gira a una determinada velocidad, entre dos resistencias, durante un tiempo específico. En su interior se en-

cuentra la muestra de mineral de hierro a analizar, la cual debe estar a la temperatura de ensayo prevista. Como reductor se utiliza carbón o un gas reductor, haciéndose necesario el empleo de un gas de arrastre.

El mineral en el tambor, a la temperatura deseada y en presencia de una atmósfera reductora, sufre la pérdida de oxígeno. Analizando esta pérdida se puede determinar las características de reducción del mineral.

El Horno Linder es un equipo con cierto grado de complejidad (Ver figura 1). Las mayores dificultades en su construcción están relacionadas con el proceso de seguridad que debe implementarse para el manejo de gases, así como también en el patronamiento del sistema de control del proceso (rotámetros, flujómetros, etc).



Item	Designación
1	Termocupla
2	Junta Rotativa
3	Chumacera
4	Fotocelda
5	Piñón
6	Sello en cobre
7	Reactor para reducción
8	Resistencia eléctrica
9	Ladrillo y manta refractaria
10	Salida de gases al quemador
11	Sistema de refrigeración
12	Entrada de gases
13	Fuente regulada del sistema de conexión o tacómetro
14	Carcasa Metálica
15	Termocupla
16	Cadena de transmisión
17	Motoreductor
18	Sistema eléctrico
19	Soporte

Figura N° 1
Partes del Horno Linder

Horno Tubular Rotatorio

El horno tubular rotatorio es el reactor que escogió el Grupo de Investigación para la producción de prerreducidos de hierro a nivel de laboratorio.

Este horno es un reactor químico que consta de un tubo cilíndrico dispuesto de forma inclinada, que lleva en su interior un recubrimiento de material refractario. Posee un mecanismo de rotación sobre su eje, el cual permite el transporte del material a tratar. Estos materiales experimentan transformaciones fisicoquímicas. La carga se mueve en contracorriente con respecto al gas que fluye sobre ella. Se introduce aire a lo largo del horno para producir el monóxido de car-

bono, el que emerge del lecho, y de esta manera producir la reducción del mineral y proveer parte del calor para el proceso. Se inyecta combustible (ACPM), desde el extremo de descarga como aporte calorífico principal. Así pues, partiendo de la zona de carga del material, habrá una primera sección longitudinal del horno de precalentamiento y secado (hasta 500°C), seguidamente habrá una zona de calcinación y de liberación de la mayor parte de los volátiles del carbón, (500 – 800°C) y posteriormente se encontrará la zona de reducción propiamente dicha (800 – 1200°C), donde se lleva a cabo la reducción del mineral, obteniéndose la metalización necesaria para formar el prerreducido. Terminado el tubo se dispone del dispositivo de enfriamiento. (Ver foto N° 1.).

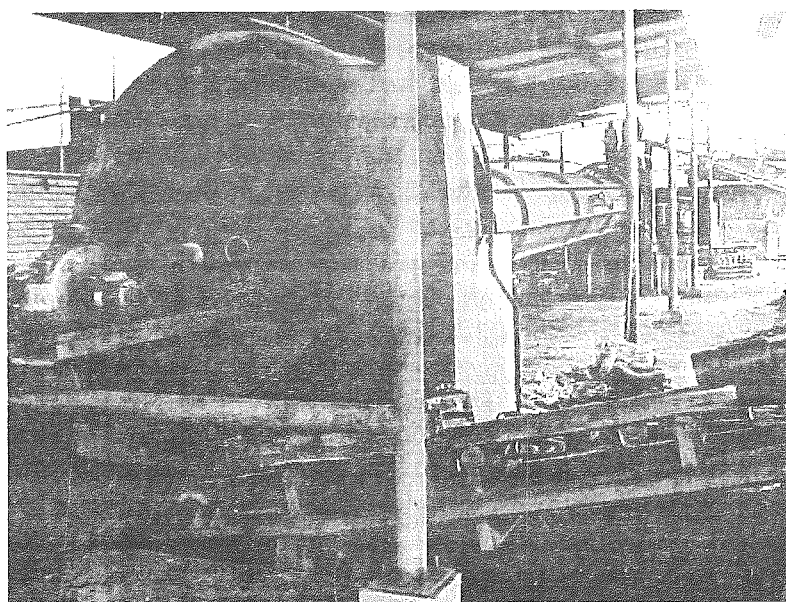


Foto N° 1
Horno Rotatorio Siderúrgica de Boyacá

Conclusiones

- La caracterización de los minerales de hierro estudiados permite afirmar que son materiales con una estructura química, mineralógica y física que pueden emplearse en procesos de reducción directa.
- Los ensayos de reducibilidad realizados a los minerales de hierro estudiados en el horno Linder, dejan ver que bajo los

parámetros establecidos experimentalmente, estos minerales son susceptibles de ser reducidos.

- El horno tubular rotatorio es efectivamente un reactor en el cual es posible reducir los minerales de hierro, pudiéndose incrementar los contenidos de hierro en los minerales evaluados obteniéndose un prerreducido de alta calidad y bajo poder de reoxidación.

Citas Bibliográficas

¹ <http://www.fim.musin.de/Cyberlernen/gladys1/spanish.html>

² Barbis, Rene. Conferencia Reducción de minerales de hierro. 2000, UPTC, p. 4.

Bibliografía

López Díaz, Alfonso, González L., Eidelman, Saavedra, Humberto. Caracterización de materias primas utilizadas en el proceso de producción de prerreducidos de minerales de hierro en un Horno Rotatorio a nivel de Laboratorio. Revista Facultad de Ingeniería, 2003. pp. 112-118.

Leyva, Cesar A. Tecnología de la reducción directa, mayo 1997. pp. 1, 2.

Stephenson, Robert U.S. Steel. Significado de reducción directa.

Leyva, Cesar. Test desintegration linder.

Granados, Víctor. Proceso de reducción directa en Aceros Arequipa. 1998.

GRUPO DE MATERIALES SIDERÚRGICOS. Informes Proyectos de Investigación. UPTC – COLCIENCIAS – Siderúrgica de Boyacá – Acerías Paz del Río. 2001 - 2004.