

EL STICKING Y EL PLATING, DOS PROBLEMAS EN LOS PROCESOS DE REDUCCIÓN DIRECTA CON FINOS DE MINERAL DE HIERRO EN REACTORES DE LECHO FLUIDIZADO

Alfonso López Díaz ^{1*}

1: Profesor de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Director Instituto para la Investigación y la Innovación de los Materiales –INCITEMA. Tunja, Colombia.

* e-mail: lopezdalfonso@gmail.com

RESUMEN

Dentro de los procesos de reducción directa que utilizan finos de mineral de hierro, el lecho fluidizado ocupa un lugar con un futuro promisorio. El Proceso FINMET (antiguo FIOR), existente en Venezuela, es el único proceso industrial de lecho fluidizado que actualmente se encuentra en funcionamiento. El proceso CIRCORED ofrece grandes expectativas. En los procesos de reducción directa que utilizan un lecho fluidizado suelen presentarse, principalmente, dos tipos de problemas: el STICKING o aglomeración de partículas de mineral de hierro y el PLATING o formación de costras de esponja de hierro en las paredes y piso del reactor. En el presente artículo se hizo un análisis sobre el estado de los procesos de reducción directa que emplean gas, como agente reductor, y se estudiaron las causas de los problemas arriba mencionados, así como las posibles medidas para disminuirlas o eliminarlas.

Palabras Clave: *Reducción directa, mineral de hierro, lecho fluidizado, fabricación de acero*

ABSTRACT

Within direct reduction processes using iron ore fines, the fluidized bed is ranked with a promising future. The FINMET (old FIOR) process, existing in Venezuela, is the only industrial fluidized bed process that is currently in operation. The CIRCORED process offers high expectations. In the direct reduction processes using a fluidized bed mainly two types of problems usually occur: STICKING or agglomeration of iron ore particles and the PLATING or crusting iron sponge on the walls and floor of the reactor. This paper shows an analysis of the status of direct reduction processes using gas as a reducing agent; also, it describes the causes of the above problems and possible measures to reduce or eliminate them.

Keywords: *Direct reduction, iron ore, fluidized bed, steelmaking*

1. INTRODUCCIÓN

Producir acero en el horno de arco eléctrico es un proceso cada vez más utilizado. La Figura 1 muestra este crecimiento en los últimos años [1]. De acuerdo a la disponibilidad y tipo de chatarra, se requiere pensar, cada vez más, en el uso del denominado “prerreducido de mineral de hierro” o “hierro esponja”. Su fabricación, para el año 2010, correspondió al 4.4 % de la producción mundial de materiales empleados como materia prima en la fabricación del acero.

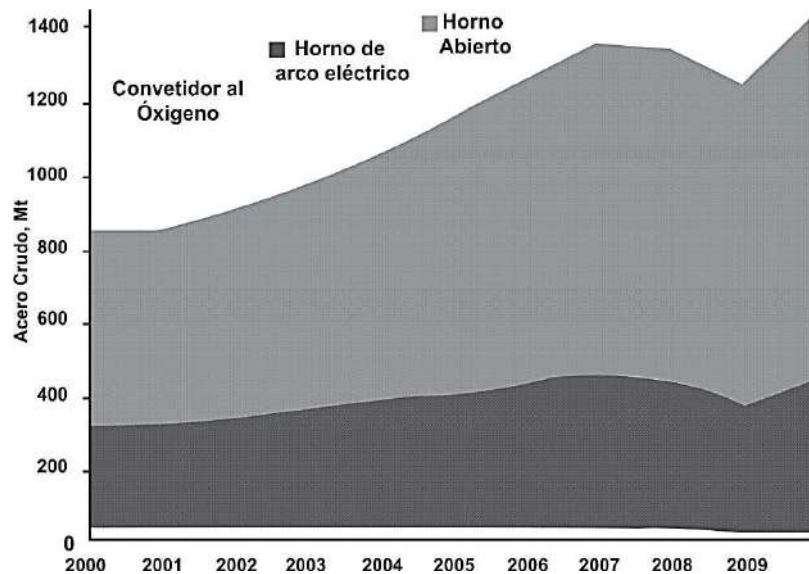


Figura 1. Producción mundial de acero por proceso

La Figura 2 muestra la producción mundial de acero, para el año 2010, según el tipo de proceso utilizado, así como las cargas metálicas empleadas [2].

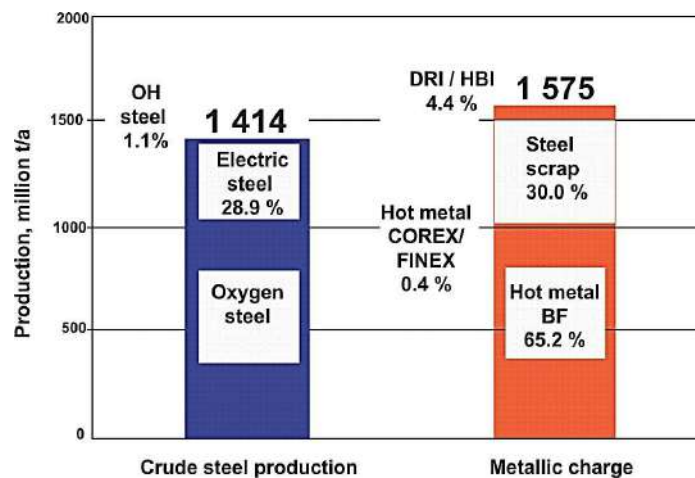


Figura 2. Producción mundial de acero y carga metálica empleada, 2010.

Los procesos de reducción directa utilizan, como agentes reductores, materiales sólidos (carbón) o gaseosos (gas natural) para reducir el mineral de hierro, sin llegar a la etapa de fusión. Su producto es el denominado “hierro esponja” el cual es el mineral reducido, con toda su ganga, y que va a ser empleado como sustituto o complemento de la chatarra en el horno de arco eléctrico. En la Figura 3 se puede observar una clasificación de los procesos de reducción directa [3]. Dentro de ellos aparece el proceso que tiene lugar en un lecho fluidizado. La gran ventaja de éste es que el material a utilizar no requiere de una etapa previa de aglomeración, pues el mineral fino puede emplearse directamente. Así mismo, el hecho de utilizar gas lo exime del empleo de carbón o coque, con las implicaciones ambientales y de costos que ello significa.

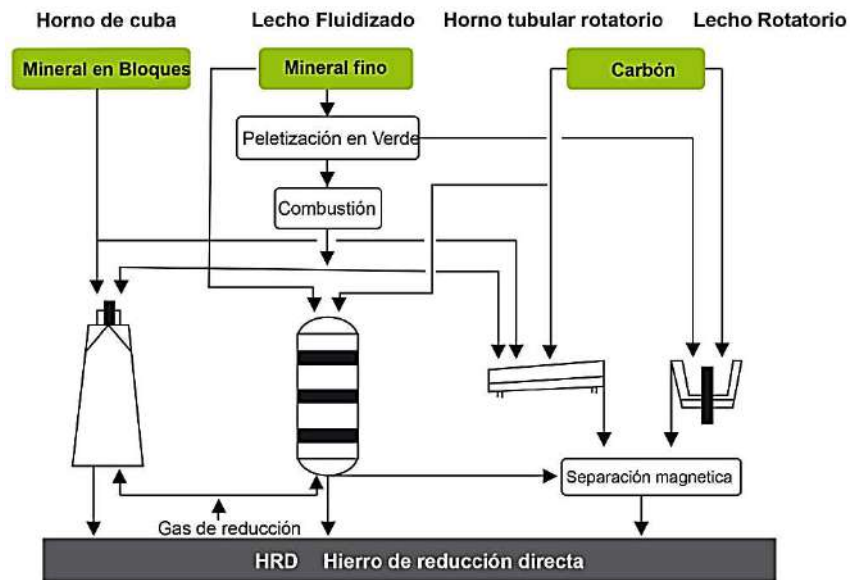


Figura 3. Clasificación de los procesos de reducción directa.

2. PROBLEMAS TÉCNICOS DE LOS PROCESOS DE REDUCCIÓN DIRECTA QUE UTILIZAN EL LECHO FLUIDIZADO

En los procesos de reducción directa de minerales de hierro que utilizan el lecho fluidizado suelen presentarse algunos problemas técnicos. Uno de ellos tiene que ver con la aglomeración de partículas de mineral de hierro a determinadas condiciones. Este fenómeno se denomina Sticking. Otro de los problemas frecuentes es el referente a la formación de costras de “hierro esponja” sobre las paredes o el piso del reactor. A este problema se le conoce como Plating [4]. El Sticking lleva al rompimiento del lecho fluidizado y a un intercambio gas-sólido insuficiente. El Plating a una interrupción del proceso [5]. Ambos problemas ocasionan bajos rendimientos, así como altos tiempos de parada, bajando notablemente la rentabilidad del proceso [6]. A continuación se describen las causas principales de estos dos problemas.

2.1. Sticking

En los procesos de reducción directa que utilizan lecho fluidizado se puede presentar la aglomeración de las partículas de mineral de hierro, a medida que transcurre el tiempo de tratamiento y sobre todo el lecho. Esta aglomeración está relacionada con la formación de canales en el material sólido por los que circula el gas. Cuando estos canales se obstruyen, por pegamento de las partículas, gran parte del gas de reducción no puede circular, ocasionando una reducción lenta del material sólido y finalmente la no existencia más del lecho fluidizado. Según A. Aran y H.W. Gudenau [7] la condición para que aparezca el Sticking es la precipitación de hierro metálico.

2.1.1. Comprobación del sticking: En la Figura 4 se ve un mineral con presencia de Sticking. Se observa una presencia grande de “esponja de hierro” aglomerado y una proporción muy escasa de material fino [8].

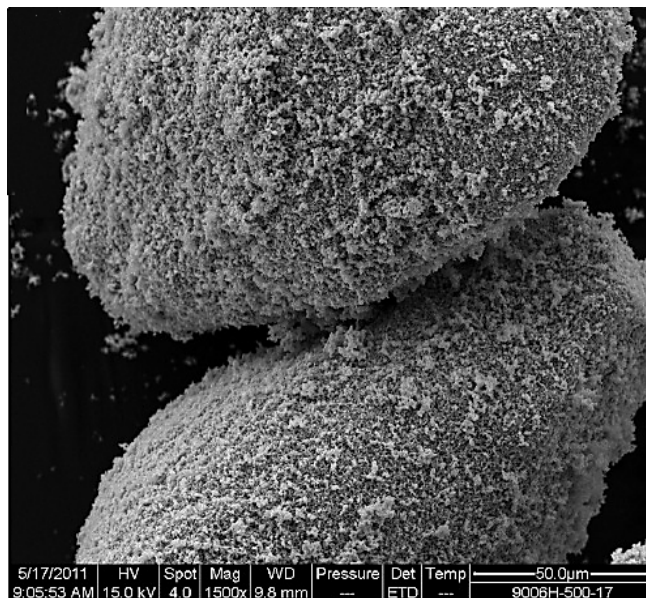


Figura 4. Micrografía: Mineral de hierro con presencia de Sticking

2.1.2. Medidas para la disminución o eliminación del sticking: El Sticking se puede disminuir seleccionando los materiales adecuadamente: mineral de hierro, gas de reducción y adiciones.

El lugar de procedencia del mineral juega un papel decisivo, pues determina la forma y distribución del tamaño del grano, su estado superficial, la composición y proporción de las fases presentes, el tipo de ganga y su comportamiento a la desintegración durante el proceso de calentamiento y reducción. Una proporción alta de finos favorece el Sticking [3], pues entre mayor sea la superficie específica del material sólido existirán más puntos de contacto. El tipo y la cantidad de ganga del mineral es igualmente importante en la formación del Sticking, ya que pueden aparecer Eutécticos por fases fundidas a bajas temperaturas. Por otro lado, con el

incremento de la cantidad de ganga puede disminuirse la tendencia al Sticking, debido a la baja presencia de átomos de hierro en la superficie.

La composición química del gas de reducción, su velocidad de suministro y temperatura determinan, igualmente, la presencia del Sticking. Gases ricos en hidrógeno, así como altas velocidades muestran una menor tendencia a la formación del Sticking.

Es posible realizar adiciones al proceso mezclándolas con el mineral. Ellas suelen ser CaO, MgO, Al₂O₃ o SiO₂ y se adicionan en forma de polvo o de suspensiones (con agua). Ellas forman una capa de protección del grano del mineral, separando los granos e impidiendo su aglomeración. Las adiciones encarecen el proceso de reducción considerablemente. Adicionalmente, hay que tener en cuenta los efectos de estas adiciones en el proceso de briquetización [9].

2.2. Plating

Otro de los problemas técnicos que suele presentarse en los procesos de reducción directa que utilizan un lecho fluidizado es el Plating, que consiste en que el material metálico del que está fabricado el reactor se pega a la superficie de los granos de la “esponja de hierro” formada, apareciendo una costra de difícil remoción.

La matriz del material base juega, igualmente, un papel decisivo, sobretodo en el primer contacto. Reactores fabricados a base de aceros con altos contenidos de cromo presentan una menor tendencia al Plating.

2.2.1. Comprobación del plating: El microscopio electrónico de barrido permite, también, observar esta extraña forma de adherencia entre el material base metálico y la “esponja de hierro”, recién formada. La Figura 5 muestra un ejemplo de un material metálico unido a la “esponja de hierro”. Se reconocen, claramente, los puentes formados entre los granos de la “esponja de hierro” y el material básico metálico [10].

2.2.2. Medidas para disminuir o eliminar el plating: Influye en la formación del Plating el tipo material utilizado como material del reactor o material base, básicamente aceros al cromo, así como los gases de reducción empleados. La dureza de la costra formada es atribuida a la finura del grano. Zonas sobrecalentadas del reactor pueden llevar, también, a la formación de costras debido a que aparecen puntos focalizados que favorecen la unión entre la “esponja de hierro” y el material base [3].

3. RELACIÓN ENTRE STICKING Y PLATING

Los mecanismos que llevan a la formación del Sticking y del Plating son similares. El Sticking se presenta, sin embargo, más rápidamente. El mineral se puede aglomerar después de unos pocos minutos. El plating se forma después de muchas semanas, pero el primer contacto del hierro con el material base del reactor puede presentarse después de pocos minutos.



Figura 5. Micrografía: ejemplo del proceso de Plating

4. CONCLUSIONES

El Sticking y el Plating causan bajos rendimientos, así como altos tiempos de parada y disminuciones, notables, en la rentabilidad del proceso de reducción directa de finos de mineral de hierro en lecho fluidizado. El Sticking puede disminuirse o evitarse incrementando el tamaño de grano del mineral, utilizando minerales ricos en ganga y trabajando a temperaturas bajas y altas velocidades de suministro del gas de reducción. El uso de adiciones al mineral de hierro y de gases ricos en hidrógeno disminuirá la tendencia del mineral a formar el Sticking. El Plating puede disminuirse o evitarse utilizando reactores fabricados en aceros al cromo, minerales de hierro con bajos contenidos de ganga, bajas temperaturas y altas velocidades de suministro del gas de reducción.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Huiti, K., Kekkonen, M.: "Comparison of commercially available Direct Reduction Processes". Scanmet IV, Lulea, Sweden, 10-13, pp. 299-298, June 2012
- [2] Schmöle, P., Lungen, H.B.: "From Ore to Steel-Ironmaking process". Stahl und Eisen 132, No. 6, pp. 29-38, 2012
- [3] R. Degel.: "Eisenerzreduktion in der Wirbelschicht mit Wasserstoffreichem Gas: Sticking und Ansätze". Ph.D. Thesis, RWTH Aachen 1996.

- [4] Gudenau, H.W., Hochhaus, J., Degel, R.: “Fluidized bed Technology for the Direct and Smelting Reduction Processes”. Tagungsband Envirometal Protection and new Technologies in the Iron and Steel Industry”, Belo Horizonte, Brasilien, 30.11-1-12, pp. 60-66, 1995
- [5] Gudenau, H.W., Fang, J., Hirata, T., Gebel, U.: “Fluidized bed reduction as the prestep of smelting reduction” Steel Research 60, No. 3-4, pp. 138-144, 1998
- [6] Steinmetz, E., Steffen, R., Thielmann, R.: “ Stand und Entwicklungsmög-lichkeiten der Verfahren zur Direktreduktion und Schmelzreduktion von Eisernenzen” Stahl und Eisen 106 No. 9. pp. 421-429, 1986
- [7] Gudenau, H.W., Aran, A.: “Reduktion von Eisenerzenim Fluidatbett” Klepzig Fachberichte 82 No. 1, pp. 3-7, 1974
- [8] Zhu,Q. Wu, R.,Li, H.: “Direct reduction of hematite powders in a fluidized bed reactor”. ELSEVIER, Particuology 11, pp. 294 -300, 2013
- [9] Germershausen, T.: “Erzeugung und Verarbeitung von feinkörnigem Eisenschwamm”. Ph.D. Thesis, RWTH Aachen, 1992
- [10] Gudenau, H.W., Hirsch, M., Denecke, H., Degel, R.: “Direktreduktion von Feineisenerzen in der Wirbelschicht mit Wasserstoffreichem Gas”. Stahl und Eisen 117, No. 4, pp. 91-99, 1997.